

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет. Институт наук о Земле
Центральный музей почвоведения имени В.В. Докучаева –
филиал ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева»
АНО сохранения и развития научного наследия В.В. Докучаева «Почва – жизнь»
Общество почвоведов им. В.В. Докучаева
МОО «Природоохранный союз»

МАТЕРИАЛЫ

Международной научной конференции
XXVIII Докучаевские молодежные чтения

посвященной
Десятилетию науки и технологий в России и
празднованию 80-летия атомной промышленности

«ИНФОРМАЦИОННАЯ ЕМКОСТЬ ЗНАНИЙ О ПОЧВЕ»

27 февраля – 1 марта 2025 года

Санкт-Петербург
2025

УДК 631.4
ББК 40.3
М34

Редакционная коллегия: Б.Ф. Апарин (председатель), К.А. Бахматова, С.М. Горохова, Г.А. Касаткина, А.А. Кузьмина, М.А. Лазарева, Е.В. Мингареева, К.Г. Моисеев, Ю.Р. Моргач, Е.Е. Орлова, Е.В. Пятина, А.В. Русаков, А.Г. Рюмин, Ю.В. Симонова, М.Е. Федорова, А.А. Шешукова, К.Л. Якконен

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

Материалы Международной научной конференции XXVIII Докучаевские молодежные чтения «Информационная емкость знаний о почве» / Под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб., 2025. – 234 стр.

XXVIII Докучаевские молодежные чтения «Информационная емкость знаний о почве» посвящены актуальному вопросу – формированию знаний о почве, начиная от истоков почвоведения, как науки, до наших дней. Конференция приурочена к Десятилетию науки и технологий в России и празднованию 80-летия атомной промышленности.

В материалах рассмотрены вопросы оценки химического состава, химических, физических, физико-химических, биологических свойств, эколого-биохимических функций, происхождения, эволюции и географического распространения, хозяйственного использования и мелиорации почв, классификации почв, как информационной системы, применения ГИС-технологий для рационального использования почв и баз данных в качестве основ для почвенно-экологического мониторинга.

Материалы основаны на оригинальных исследованиях студентов, аспирантов, молодых ученых, а также школьников.

Сборник предназначен для специалистов в области почвоведения, биологии, экологии, географии, сельского хозяйства и смежных наук.

ББК 40.3

© Авторы, 2025

ОРГКОМИТЕТ
Международной научной конференции
XXVII Докучаевские молодежные чтения

Председатель:

Апарин Б.Ф., д.с.-х.н., профессор кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ, научный руководитель Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева (ЦМП им. В.В. Докучаева), вице-президент Общества почвоведов им. В.В. Докучаева

Зам. председателя:

Сухачева Е.Ю., д.г.н., директор ЦМП им. В.В. Докучаева, профессор кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ

Зам. председателя:

Русаков А.В., д.г.н., профессор, зав. кафедрой почвоведения и экологии почв СПбГУ

Ответственный секретарь:

Мингареева Е.В., с.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева

Секретарь:

Лазарева М.А., н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева

Члены программного оргкомитета:

Горохова С.М., к.б.н., доцент кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, доцент кафедры биогеоценологии ПГНИУ

Захарова М.К., м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева

Кузьмина А.А., м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева

Леонтьев А.А., магистрант кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ

Моргач Ю.Р., м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева

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

Федорова М.Е., м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева

Куратор школьной секции:

Кузьмина А.А., м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева

Секция I

*Химический состав, свойства
и функции почв*

TYPES OF SOILS AND THEIR CHARACTERISTICS IN THE NORTHWEST BAČKA, SERBIA

Janko Ljubičić, Olivera Košanin, Milan Knežević
University of Belgrade, Belgrade Serbia
janko.ljubicic@sfb.bg.ac.rs

The forest cover of the North Bačka region, at just 5.4 %, is significantly below the optimal level of 10.1 %. Given this, along with the challenges posed by climate change, it is crucial to thoroughly understand the site's characteristics. This knowledge forms a solid foundation for both preserving existing forests and successfully establishing new ones.

Considering that most of the forests in this area are located near watercourses, it is essential to understand the soil properties present in these locations. The majority of the soils in this area belong to the hydromorphic order. This study was conducted in the "Karapandža" management unit, where 10 soil profiles were examined. The parent material is an alluvial deposit of sand and clay with different structure. Disturbed samples were collected from the genetic horizons for laboratory analysis, with the aim of identifying and classifying soil types. Two soil types were identified: gleysols (3 soil profiles) and fluvisols (7 soil profiles).

The analyzed properties of the gleysols are as follows: soil reaction (pH in H₂O) is 8.26; CaCO₃ content is 11.84 %; humus content is 2.09 %; available P₂O₅ is 3.26 mg/kg; available K₂O is 10.25 mg/kg (all average values). Average soil depth is 105 cm. The texture ranges from sandy to clay loam.

The studied fluvisols are characterized by the following properties: soil reaction (pH in H₂O) is 8.17; CaCO₃ content is 11.04 %; humus content is 2.82 %; available P₂O₅ is 5.93 mg/kg; available K₂O is 19 mg/kg (all average values). Average soil depth is 55 cm. The texture ranges from sandy and silty loam to silty clay loam.

The studied soils have favorable physicochemical properties, and, when properly managed, they provide an excellent habitat for both existing and future forests in this area.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПЛОДОРОДИЯ
ЗАСОЛЁННЫХ ПОЧВ ГОЛОДНОЙ СТЕПИ

О.Х. Абдужалилова, Н.С. Пахрадинова

Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека,
Ташкент, Узбекистан, la.gafurova@nuu.uz

The paper presents the current state of the sierozem-meadow soils of the Golodnaya Steppe (using the example of the soils of the Khavast district of the Syrdarya region) of varying degrees of salinization, characterizes the main elements of fertility, as well as the effect of salinization on the biological state of the studied soils.

Причиной ухудшения мелиоративного состояния почв и снижения плодородия почв в регионе является засоление. Накопление большого количества солей в почве приводит к гибели организмов и снижению биологической активности.

Целью исследования является изучение современного состояния почв Голодной степи, характеристика основных элементов плодородия и биологического состояния в зависимости от степени засоления.

В Хавастском районе засоленные почвы занимают следующие площади: слабозасоленные – 9495.14 га (24.7 % от всей площади), среднезасоленные – 20131.36 га (52.6 %), сильнозасоленные – 3678.25 га (9.5 %). Сильнозасоленные почвы распространены в массивах: А. Темур, Туркестан, Янгиер, Каххоров, Охунбобоев, Норчаев, Хужабод и Пахтакор Хавастского района.

Проведенные исследования показали, что морфогенезис изученных почв зависит от глубины залегания грунтовых вод и их минерализации, климатических условий, растительного покрова и процессов засоления. По мере увеличения степени засоления для почв характерно уменьшение мощности гумусового горизонта, повышение плотности, усиление их гипсированности, ухудшение структуры. По химизму засоления почвы относятся к сульфатному и хлоридно-сульфатному типам, местами – к сульфатно-хлоридному. По мере увеличения степени засоления запас токсичных солей увеличивается.

Гранулометрический состав почв в основном легко- и среднесуглинистый, местами – тяжелосуглинистый. По профилю гранулометрический состав меняется от суглинистого к супесчаному.

Содержание гумуса и питательных элементов низкое и зависит от степени засоления и гипсированности почвы. По содержанию гумуса почвы относятся в основном к слабо- и низкообеспеченным, по

содержанию фосфора – к низкообеспеченным, по обеспеченности обменным калием – к средне- и низкообеспеченным.

Засоление почв влияет на их биологическую активность: наиболее высокая микробиологическая и ферментативная активность и дыхание почвы наблюдались в весенний гидротермический период, наименьшая – в летний ксеротермический период.

Изучение биологических свойств почв выявило их зависимость от эколого-генетических и мелиоративных особенностей земель региона. Исследования показали, что фауна нематод – состав, виды и эколого-трофические группы – сероземно-луговых почв региона зависит от типа и степени засоления, агрохимических и агрофизических свойств, гумусового состояния изучаемых трудномелиорируемых почв.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Л.А. Гафуровой.

УДК 631.4

НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ПОЧВ

К.Н. Абросимов

ФГБНУ ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева

Abrosimov_kn@esoil.ru

The destructive methods of study soil structure, their capabilities and disadvantages are described. The possibilities of analyzing images of tomographic data are revealed.

Поровое пространство почвы – структура, отвечающая сразу за несколько важнейших функций: дыхание почв, водоудерживающие и фильтрационные свойства, которые комплексно влияют на плодородие почвы. Знания о строении порового пространства почв, мониторинг и фиксация изменений в его структуре, возможность моделирования потоков газа или жидкости – это не только путь к пониманию природопользования, но и возможность разработки новых технологий эксплуатации и восстановления почв.

Методов исследования порового пространства почв относительно немного, и значительная часть из них ведет к повреждению или полному разрушению образца почвы. Еще меньше методов неразрушающих. Фактически можно выделить несколько разновидностей томографии, к которой можно частично отнести и георадарные исследования приповерхностных горизонтов почв. Из различных методов томографии для почв наиболее хорошо подходит томография рентгеновская или синхро-

тронная. Последняя основана на синхротронном источнике излучения (пример – станция «Медиана» КИСИ, Москва), имеет ряд преимуществ по сравнению с рентгеновской томографией (в частности лучше для сложный по структуре почв с высоким содержанием органических структур – корней растений и т.п.), но является дорогим методом в использовании с ограничениями по пространственному разрешению и размеру образца. Рентгеновские томографы не в пример более доступны и позволяют исследовать образцы почв в масштабе от метра до десятых долей микрометра (при условии соответствующего размера образца – от диаметра 30 см и длины 2 м, до агрегата фракции 500 мкм). Фактически в масштабе от нескольких горизонтов до микроагрегатов.

Отдельно стоит отметить метод малоуглового рассеивания (SAXs или МУРР), который является разновидностью дифракционного метода исследования неоднородностей в структуре вещества. Он заключается в анализе распределения интенсивности упругого когерентного рассеяния монохроматического излучения, проходящего через образец. В качестве источника может использоваться синхротрон или рентгеновская трубка. МУРР позволяет получить распределение наночастиц и нанопор по размерам в образце почвы, а путем обработки результатов возможно даже реконструировать наноструктуру почвы, как двумерное однобитное изображение (с разделением на поры и твердую фазу). Для почв МУРР до 2023 г. никогда не использовался, но проведенные опыты на станции БИОМУР (КИСИ) и установке «АМУР-К» в институте Кристаллографии РАН показали неплохую возможность исследования почв в мелких агрегатах фракции 2–1 мм.

Результат КТ (данные компьютерной томографии) съемки – теневые проекции. Что бы получить объемное изображение порового пространства необходимо пройти ряд этапов и подготовить отснятые томографические данные к анализу изображений. 1) Реконструкция объемной структуры, когда стек томографических теневых проекций преобразуется в стек горизонтальных томографических срезов. Поры в почве – контрастный объект с четко выраженной границей, и в большинстве случаев проблемы с сегментацией порового пространства или отсутствуют, или незначительны. 2) Сегментация. Делается или вручную по пороговым значениям поро / не поро или с помощью автоматических алгоритмов. В последнее время все чаще используется метод нейросетевой сегментации на базе ИИ UNET или ReeNetOne.

Результат сегментации на поры / твердую фазу – аналитически пригодный материал, который так же можно сохранить как готовый 3D объект. Анализ позволяет получить ряд показателей как для объемных

(общая томографическая, открытая и закрытая пористость в масштабе образца, количество закрытых и связанных пор, Эйлерова характеристика связности, площадь поверхности и объем порового пространства, распределение пор по размерам по методу заполнения сферами), так и для плоских срезов (форма и ориентация пор в вертикальных срезах, общая пористость по глубине).

Следует учитывать, что объемные показатели по результату анализа пор – это лишь некоторая часть информации, на дающая полное представление о поровом пространстве без наличия его объемной визуализации. Общая пористость в сравнении с эталонным образцом (обычно целинная или заповедная почва) покажет наличие / отсутствие явных изменений в исследуемой почве, закрыта и открытая пористость в масштабе 1 см^3 покажут наличие или отсутствие фрагментированности порового пространства. Эйлерова характеристика и количество закрытых пор покажет сколько этих фрагментов и степень связности пор в исследуемом масштабе, а заполнение сферами – их толщину. 2D анализ в срезах вертикальной ориентации до сих пор используется для оценки распределения пор по форме и ориентации, а также для оценки изменения пористости с глубиной (в длинных монолитах, охватывающих сразу несколько горизонтов).

Сочетание методов томографии (разрешение от 300 мкм до 300–400 нм) и МУРР (от 100 нм до 1 нм) позволяет организовать мультимасштабное исследование структуры и порового пространства почв в ненарушенном состоянии и приблизиться к созданию технологии цифрового двойника почв, отработать методы машинного зрения и нейросетевой сегментации.

УДК 631.41

О МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКЕ ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ ПРИСУЛАКСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Д.С. Азиева, Р.З. Дибирова

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН,
Махачкала, azieva.dzhamilya@mail.ru

This paper examines the dynamics of soil salinization in the Prisulak Lowland in a long-term aspect. In the period from 1957–2024, the results of the study of past years are considered and a comparative analysis with modern data is carried out. An increasing accumulation of easily soluble salts in the soils of the Prisulak Lowland is established.

Современные исследования почв, испытывающих процессы засоления – рассоления, основываются на анализе результатов исследований прошлых лет. В трудах исследователей (Зонн, 1932; Солдатов, 1959; Капустянская, 1959; Истомина, 1959; Баламирзоев, Саидов, Мирзоев, 2012; Мирзоев, 2015, 2017) отмечается преобладание почв гидроморфного ряда, представленных луговыми почвами и луговыми солончаками, над почвами полугидроморфного ряда формирования – лугово-каштановыми. Автоморфные светло-каштановые почвы встречаются реже, на повышенных элементах рельефа. Также отмечается, что все почвы Присулакской низменности засолены в той или иной степени, и незасоленные почвы практически не встречаются.

Присулакская низменность расположена в центральной части Республики Дагестан и ограничена с северной и западной сторон руслом реки Сулак. С востока ограничивается Каспийским морем, а с юга – Кавказским хребтом. Рельеф местности пологоволнистый с уклоном на северо-восток. Климат континентальный с характерным жарким летом (30–40 °С) и достаточно холодной зимой (–10–(–)25 °С). Количество выпадающих осадков не превышает 350 мм в год, испаряемость составляет 800–900 мм, а сумма накопленных температур составляет 3500–3700 °С (Мирзоев, 2015).

Полевые исследования проводились с охватом наиболее распространенных почв. Закладка ключевых площадок с почвенным и геоботаническим описанием, отбором образцов почв. Определение содержания солей проводилось методом водной вытяжки и анализировалась с данными исследований прошлых лет.

В результате проведен анализ данных временного ряда с 1957 по 2024 гг. (данные 1957, 2013 и 2024 гг.). Установлено, что содержание сухого остатка солей увеличивается в светло-каштановых почвах следующим образом: 1957 г. – 0.033–0.081 %, 2013 г. – 0.132–0.300 %, 2024 г. – 0.466–0.624 %. Увеличение содержания сухого остатка солей на первом временном промежутке с 1957 по 2013 гг. произошло за счет значительного повышения всего катионно-анионного ряда. Тогда как во втором временном интервале с 2013 по 2024 гг. – в основном за счет повышения сульфатов. Значения SO_4^{2-} в 2013 г. менялись в пределах 0.078–0.123 %, тогда как в 2024 г. – 0.345–0.551 %. Аналогичная картина наблюдается и в луговых почвах, что лишний раз подчеркивает развитие процессов засоления в условиях климатического потепления и высокой антропогенной нагрузки.

Работа рекомендована к.б.н., доцентом А.Б. Биарслановым.

СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ,
РАЗВИТЫХ НА КОРЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ ГЛИНИСТОЙ ОПОКИ
НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

О.Д. Алимова

МГУ имени М.В. Ломоносова, al-ol17@yandex.ru

The article is devoted to sod-podzolic soils developed on a clay opoka in the Bryansk region, which have properties that differ from the classical concept. A comparison of soils formed on fluvioglacial deposits and opoka has been carried out. The research includes the study of the physico-chemical properties of the soil, as well as micromorphological analysis, revealing the presence of diatoms.

Почвенный покров Брянской области представлен в основном дерново-подзолистыми и серыми лесными почвами разной степени оглеенности и смывости, развитыми преимущественно на флювиогляциальных и моренных отложениях. Однако среди этих почв встречаются дерново-подзолистые почвы, развитые на древних корях выветривания, а именно на глинистой опоке. На территории Почепского района Брянской области такие почвы занимают 56 %.

Для выявления особенностей этих почв было заложено 2 полно-профильных разреза и по генетическим горизонтам отобраны почвенные образцы. Один из них был расположен в локальном понижении. Почвообразующая порода представлена водно-ледниковыми отложениями. Сложение почвы рыхлое по всему профилю, разрез был выкопан менее чем за 2 часа. В нижнем горизонте В2 (64–90 см) присутствовали охристые пятна, поэтому почва классифицируется как слабооглеенная. Второй разрез был заложен в средней части очень пологого склона. Почвообразующей породой является глинистая опока. Почва очень плотная и липкая, на заложение разреза потребовалось около 5 часов. Весь профиль имел оливковый оттенок.

Гранулометрический состав был проанализирован ареометрическим методом. Отмечено, что у почв, сформированных на водно-ледниковых отложениях, преобладают частицы размером 0.25–0.01 мм по всему профилю, в то время как для почв на опоке имеется ярко выраженное увеличение илистой фракции на глубине 25 см.

Под электронным сканирующим микроскопом изучен микро-морфологический состав. Частицы верхних горизонтов имеют параллелепипедальную форму, а с глубины 45 см объемность уменьшается и

преобладает структура из плоских прямоугольников. Также отмечается наличие множества фитолитов. Выявлено наличие диатомовых водорослей и частиц ракушки в глубоких горизонтах почв на опоке.

В образцах были определены основные агрохимические показатели. Отмечено, что содержание подвижного фосфора до глубины 40 см снижается, а затем увеличивается, достигая очень высоких значений: 218 мг/кг для почв на опоке и 553 мг/кг на флювиогляциале. Распределение K_2O аналогично, содержание в нижних горизонтах 77 мг/кг и 108 мг/кг, соответственно. Средние значения гумуса в пахотных горизонтах исследуемых почв составляет 4 %. Величина рН водной вытяжки повышается от 6.45 до 6.68 у почв на опоке и от 4.99 до 5.78 на флювиогляциале.

Таким образом, две близкорасположенные дерново-подзолистые почвы, сформированные на разных корках выветривания, сильно отличаются по своим свойствам.

Работа рекомендована д.б.н., доцентом В.П. Самсоновой.

УДК 579.2

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СООБЩЕСТВ МИКРООРГАНИЗМОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ПОЧВ

О.А. Бархатова

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН
Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск
2019101443@togudv.ru

The assessment of the microbiological state of soils makes it possible to assess soil pollution, the ability of soils to self-purify, the formation of fertility, the introduction of fresh organic matter and is the basis for urban ecological monitoring to create a comfortable environment.

Цель работы: оценить состояние урбанизированных почв различных функциональных зон при помощи эколого-трофических сообществ микроорганизмов на примере почв г. Хабаровска.

Задачи исследования:

1. Оценка численности микроорганизмов по эколого-трофическим группам в функциональных зонах г. Хабаровска;
2. Оценка состояния микробных сообществ по коэффициентам минерализации, трансформации органического вещества и по степени обогащенности микроорганизмами.

3. Оценка роли темноокрашенных микромицетов.

Практическая значимость: коэффициент минерализации позволяет оценить формирование плодородия почв и установить участки территории, требующие ремедиации. Результаты работы позволяют оценить влияние микроскопических грибов на состояние окружающей среды и здоровье человека. Данная работа имеет прикладное значение при оценке экологического состояния городской среды, а также при планировании градостроительной деятельности.

Объект исследования: микробные сообщества урбанизированных почв г. Хабаровска.

Методы исследования: метод Коха для определения числа бактерий амилolitikов, бактерий аммонификаторов, олигонитрофильных бактерий, актиномицетов и микромицетов в почвах. Для оценки использовались коэффициенты минерализации, олигонитрофильности, трансформации органического вещества, шкала ориентировочной обогащенности.

В ходе работы было проанализировано 25 пробных площадок, расположенных на территории функциональных зон г. Хабаровска.

Выявлено преобладание в почвах селитебной зоны органической составляющей над минеральной, а также преобладание олигонитрофильных бактерий. Почвы селитебной зоны наиболее подвержены антропогенному влиянию, чем почвы рекреационной зоны. При этом состояние их плодородия очень важно в городской инфраструктуре, так как именно они обеспечивают озеленение города. Для исследованных городских почв степень обогащенности почвы микроорганизмами выше, чем в фоновых пробах (р-н Хехцира). Наибольшее количество пигментированных грибов сконцентрировано в промышленной зоне с загрязнением тяжелыми металлами, в зонах: золоотвал ТЭЦ-1, завод Дальдизель и ТЭЦ-2.

Литература

1. Титова В.И., Козлов А.В. Методы оценки функционирования микробценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества: Научно-методическое пособие. 2012. – 64 с.

Работа рекомендована д.х.н., проф. Л.П. Майоровой.

ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ФОРМЫ УГЛЕРОДА
В ПОЧВАХ ГОРНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

П.А. Бурова

Тулский государственный университет, bylisw@gmail.com

The content of water-soluble forms of organic carbon in soils in mountain zone of Northern Caucasus depends on the carbonate content, the altitude, and the slope exposure. The overgrazing results in decrease in the content of water-soluble organic carbon, and increase in the content of water-soluble inorganic carbon.

Проведено исследование зависимости содержания водорастворимых форм органического углерода (DOC) и неорганического углерода (DIC) от абсолютной высоты, экспозиции склона, характера растительности, почвообразующих пород и антропогенной нагрузки в альпийской зоне Центрального Кавказа.

Объектом исследования стали перегнойно-темногумусовые почвы на склонах северной и южной экспозиции на участках с абсолютными высотами 1500 м, 1940 м, 2100 м, 2250 м, 2600 м 2940 м. Почвообразующие породы представлены элюво-делювием карбонатных пород и песчаников. Образцы отбирались через каждые 10 см. Содержание водорастворимого углерода определялось в водных вытяжках термодаталитическим методом на анализаторе ТОПАЗ NC.

Установлено, что абсолютная высота не оказывает влияния на содержание водорастворимых форм органического углерода в почвах. Наибольшие значения содержания DOC отмечено в почвах под березовым лесом на северном склоне на высотах 1900 м.

На высотах 1500–2250 м содержание DOC в почвах было выше склонах южной экспозиции, в то время как на высотах 2600–3000 м этот показатель был выше на северном склоне.

Наибольшее содержание органического растворимого углерода соответствует верхним слоям почвы. Вниз по профилю содержание растворимых форм углерода закономерно снижется.

С увеличением содержания физической глины, ила и карбонатов увеличивается содержание минерального растворимого углерода.

Показано влияние выпаса на содержание водорастворимых форм органического углерода в почвах. Наибольшее содержание DOC выявлено в почвах на кислых породах на склоне южной экспозиции. В случае с карбонатными породами перевыпас приводит к снижению содержания DOC, однако резко увеличивается содержание DIC.

При умеренном выпасе происходит увеличение содержания органического водорастворимого углерода и снижение минеральных форм. Обратная ситуация наблюдается в случае перевыпаса. При этом все корреляции между содержанием растворимых форм углерода и другими физико-химическими показателями становятся более значимыми.

Работа рекомендована к.б.н., заведующим лабораторией археологического почвоведения Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН А.В. Борисовым.

УДК 631.41

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ПОДВИЖНЫМ ФОСФОРОМ ПОЧВ,
ПОДВЕРЖЕННЫХ ПАСТБИЩНОЙ ДИГРЕССИИ
(НА ПРИМЕРЕ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Е.А. Бурукина

Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева
pro100-ekaterina@mail.ru

The article examines the influence of pasture digression on the provision of soils with mobile phosphorus. Assessment and determination of mobile compounds of phosphorus carried out by Machigin method modified by CINAО.

В условиях Астраханской области, где пастбищные экосистемы подвержены значительному воздействию антропогенных факторов, изучение содержания подвижного фосфора становится особенно актуальным. В условиях деградации пастбищ, где происходит истощение почвы и изменение ее химического состава, важно оценить, как эти изменения влияют на обеспеченность подвижным фосфором, который играет ключевую роль в росте и развитии растений.

Для изучения влияния пастбищной дигрессии на обеспеченность почв подвижным фосфором были выбраны полигоны, расположенные в разных частях Астраханской области, подверженные различной стадии пастбищной дигрессии. На каждом полигоне были заложены почвенные разрезы для отбора образцов (Т1, Т2, Т3 – с. Рассвет, Наримановский р-н; КХ1, КХ2, КХ3 – п. Кордон Харабалинский, Харабалинский р-н; Б1, Б2, Б3 – п. Барханы, Наримановский р-н.). Определение стадии дигрессии проводили по Л.Г. Раменскому. Содержание подвижных форм фосфора определяли по Мачигину в модификации ЦИНАО.

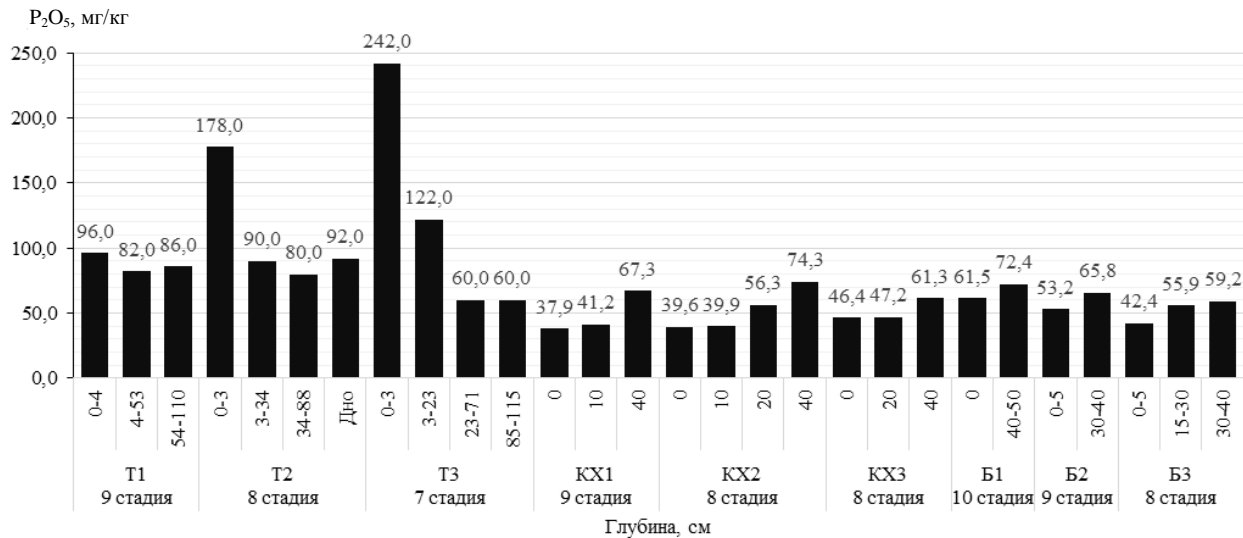


Рисунок. Распределение подвижного фосфора (по Мачигину) по профилю почвы.

Почвенный покров полигонов представлен бурой полупустынной почвой в комплексе с песками закрепленными, песками полупустынными слабозакрепленными и незакрепленными.

На рисунке представлены результаты исследования содержания подвижного фосфора в почвах, подверженных различной стадии пастбищной дигрессии.

Согласно полученным данным обеспеченность почв подвижным фосфором варьирует от 37.9 мг/кг (в верхнем горизонте (профиль не дифференцирован), КХ1) до 242.0 мг/кг (в горизонте А, Т3) (рис.).

Анализ полученных данных показал, что на участках с выраженной дигрессией уровень подвижного фосфора увеличивается с глубиной. Это может быть связано с тем, что верхний слой почвы, подвергшийся чрезмерному выпасу скота и истощению растительности, имеет меньше органических остатков, способствующих накоплению фосфора. С уменьшением степени пастбищной дигрессии содержание подвижного фосфора в верхних горизонтах почвы возрастает.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. С.И. Колесниковым.

УДК 631.847.24+546.87

СИНТЕЗ НАНОРАЗМЕРНЫХ КОНТЕЙНЕРОВ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКИХ КАРКАСОВ, ПОКРЫТЫХ ГУМИНОВЫМИ КИСЛОТАМИ, ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

М.А. Грицай, Т.В. Бауэр, В.А. Поляков, В.В. Бутова

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, gritsai@sfedu.ru

Metal-Organic Frameworks (MOFs) ZIF-8, UiO-66-NH₂, and MIL-100(Fe) were modified with humic acid (HA) via *in situ* and post-synthetic methods for auxin delivery in plants. HA improved stability and bioavailability. UiO-HA-s, ZIF-HT-HA-s, and MIL-HA-i showed optimal properties for further application.

Использование металл-органических каркасов (МОК) для адресной доставки ауксинов в растения открывает новые перспективы в агрохимии. Одной из ключевых задач является повышение биодоступности и защита ауксинов от преждевременного разрушения. Это может быть достигнуто путем модификации МОК молекулами гуминовой кислоты (НА), которая способна улучшить их структурные и функциональные свойства.

В рамках исследования изучены МОК ZIF-8, UiO-66-NH₂ и MIL-100(Fe), модифицированные гуминовой кислотой двумя подходами: *in situ* и постсинтетической пропиткой. Выбор МОК заключался в выборе наиболее пористых структур, хорошо изученных исследователями ранее. Метод *in situ* для ZIF-8 оказался наиболее эффективным, сохраняя структуру каркаса и минимизируя примеси, особенно в образце ZIF-НТ-НА-s. UiO-66-NH₂ демонстрировал стабильность структуры при обоих методах, однако *in situ* способствовал преимущественному распределению гуминовой кислоты внутри пор. MIL-100 показал наибольшую устойчивость при модификации методом пропитки, сохранив структуру и достигнув максимального содержания гуминовой кислоты (32 вес. %).

Анализ с использованием методов XRD, ИК- и Раман-спектроскопии, термогравиметрического и дифференциального сканирующего калориметрического анализа подтвердил успешность модификации МОК и выявил различия в распределении гуминовой кислоты внутри пор или на поверхности каркасов.

Таким образом, метод *in situ* продемонстрировал наибольшую эффективность для ZIF-8 НТ и UiO-66-NH₂, обеспечив сохранение структуры и высокое содержание гуминовой кислоты, тогда как метод пропитки оказался успешным для MIL-100. Для дальнейших исследований и практического применения в агрохимии выбраны образцы UiO-НА-s, ZIF-НТ-НА-s и MIL-НА-i, которые характеризуются стабильностью, сохранением кристаллической структуры и значительным содержанием гуминовой кислоты, что делает их перспективными для покрытия биополимерами.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 22-76-10054) в Южном федеральном университете.

Работа рекомендована к.ф.-м.н., доц. М.А. Солдатовым.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КУЛЬТУРНЫХ СЛОЕВ
ПОСЕЛЕНИЙ ЭПОХИ БРОНЗЫ ВОСТОЧНОГО КРЫМА

А.А. Давыдова¹, А.В. Потапова², Е.В. Чернышева², Н.Н. Каширская²

¹Тульский государственный университет, г. Тула,
d9vidova.nasty29@gmail.com

²ИФХиБПП РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН,
г. Пущино, nkashirskaya81@gmail.com

In the cultural layers of the Crimean settlements, biological activity in the small living buildings was higher than in the open corrals. There may have been cleaning of corrals. Living buildings could be heated with manure.

Информация о влиянии хозяйственной деятельности древнего человека на формирование почвенного покрова сохраняется до наших дней за счет биологической памяти почв, одним из аспектов которой является увеличение численности микроорганизмов в ответ на поступление в почву разнообразных органических субстратов антропогенного происхождения. Целью нашей работы было оценить биологическую активность культурных слоев поселений Восточного Крыма, датированных XIV–X вв. до н.э. (Джарган Кая, Сагун Дык Кая) и XIX–XVII в.в. до н.э. (Северная Ташларка). Образцы отбирались на территории скотных загонов и жилых построек. Содержание общего, органического и минерального фосфора в образцах определялось колориметрическим методом, после экстракции фосфатов из почвы, по Сандерсу-Вильямсу; сапротрофные бактерии и кератинофильные грибы учитывались путем подсчета колоний на питательной глюкозо-пептонно-дрожжевой среде (ГПД) и на шерстяной ткани соответственно. Для культивирования сапротрофных микроорганизмов, не растущих при стандартном посеве, проводилась активация микробного сообщества индолил-3-уксусной кислотой в течение 24 часов при 25 °С.

Содержание общего фосфора в культурных слоях варьировало от 5 до 18 мг P₂O₅ / г. Максимальное его значение и наибольшее содержание органических фосфатов (до 60 % от общего содержания фосфора) было выявлено в культурном слое жилой полуземлянки на поселении Сагун Дык Кая. Здесь же зарегистрирована наибольшая численность сапротрофных бактерий – до 36 млн КОЕ / г. Однако максимальной численностью кератинофильных грибов – до 12 тыс. КОЕ / г – характеризовался культурный слой жилой постройки поселения Джарган Кая. Здесь была проведена активация сапротрофных бактерий, не растущих

на среде ГПД при стандартном посеве. Таксономическая идентификация бактерий, полученных после активации, установила наибольшую близость обнаруженного штамма к типовому штамму *Acinetobacter calcoaceticus strain ATCC 23055 (NR_117619.1)*, с уровнем сходства 99.20 %. Известно, что представители рода *Acinetobacter* представляют собой грамотрицательные условно патогенные коккобациллы, обитающие на коже и слизистых оболочках человека.

Таким образом, в культурных слоях поселений восточного Крыма биологическая активность на территории малых жилых построек была значительно выше, чем на территории открытых скотных загонов, что свидетельствует о высокой степени органического загрязнения жилых зон. Вероятно, навоз из загонов убирался и использовался для отопления жилищ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 22-68-00010.

Работа рекомендована к.б.н., в.н.с. А.В. Борисовым.

УДК 631.42

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ

ДЕЛЬТЫ РЕКИ ВОЛГА

Э. Дагбето, А.Х. Хасанова

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им.

В.Н. Татищева», г. Астрахань, khasanova.amie@gmail.com

This research investigates the agrochemical properties of alluvial soils in the Volga River Delta, focusing on their impact on soil fertility and plant growth. The study was carried out on soils from the «Nachalo» experimental farm of Astrakhan State University, located in the Privolzhsky district. Results showed variability in soil characteristics such as granulometric composition, humus content, moisture, and pH.

Агрохимические свойства в значительной степени определяют качество почвенного покрова, оказывая влияние на развитие почвообразовательных процессов, плодородие почвы, на условие роста и развитие растений. Изучение характера трансформации агрохимических показателей аллювиальных почв различного режима использования и выведенных из оборота является исключительно актуальным.

Цель данного исследования заключается в оценке агрохимических характеристик аллювиальных почв дельты реки Волга.

Объектом исследования были выбраны почвы сельскохозяйственных угодий учебно-опытного хозяйства «Начало» Астраханского государственного университета имени В.Н. Татищева, расположенного на северо-восточной окраине поселка Начало Приволжского района Астраханской области.

Почвенный покров территории Приволжского района представлен аллювиальными дерново-опустынивающимися карбонатными солонцеватыми легко-суглинистыми почвами на рыхлых аллювиальных отложениях [1].

Растительность представлена луговыми и лугостепными ассоциациями.

Результаты исследования продемонстрировали пространственную вариабельность почвенных характеристик, таких как содержание гумуса, уровень кислотности, а также содержание фосфора, азота и калия.

Процесс гумусообразования протекает в исследуемых почвах на фоне нейтральной и слабощелочной реакции (рН 6.9–8.0) почвенного раствора. Содержание гумуса колеблется от 1.06 % до 2.53 %.

Содержание фосфора в почве на исследуемых участках оценивается как очень низкое или низкое, колеблясь от 5.50 до 8.88 мг/кг. Это свидетельствует о необходимости применения фосфорных удобрений с целью улучшения состояния почвы. В то же время уровень обменного калия в почве очень высокий, достигая 617.66 мг/кг, что обеспечивает растениям достаточное количество данного элемента для их полноценного роста и развития.

Содержание нитратного азота в почве колеблется от 15.9 до 57.47 мг/кг, что указывает на его достаточно высокий уровень. В то же время, содержание аммонийного азота остается на низком уровне, составляя лишь 0.32–0.33 мг/кг, что может сказываться на эффективности азотного питания растений в некоторых условиях.

Литература

1. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004, 342 с.

Работа рекомендована д.б.н., доцентом Л.В. Яковлевой.

УДК 631.4

РОЛЬ ЛЕСНЫХ ЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУРЫ АГРОГЕННОЙ КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

И.А. Данченко, А.Н. Кучерова

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград, danchenko-i@vfanc.ru, kucherova-a@vfanc.ru

The study evaluates the impact of forest plantings on the structural state of chestnut soils in the dry steppe of the Volgograd region. Shelter strips improve soil structure, reduce the risk of erosion and increase the sustainability of agroforestry landscapes, highlighting their importance for sustainable land management.

Влияние защитных лесных насаждений на структуру почв в засушливых регионах приобретает особую значимость в условиях повышенного антропогенного воздействия. Южная часть Приволжской возвышенности, находящаяся в зоне сухостепного климата, представляет собой подходящую территорию для анализа этих процессов.

Объектом исследования являлись агрогенные каштановые почвы Иловлинского района Волгоградской области, участок площадью 60.3 га, окруженный лесными полосами с трех сторон.

Почвы Иловлинского района представлены каштановыми и агрокаштановыми типами, формирование которых определяется климатом и растительностью. Они обладают хорошими агрономическими свойствами, но подвержены структурным нарушениям из-за дефицита влаги и интенсивного земледелия. Характеризуются умеренным содержанием гумуса, недостатком подвижного азота и фосфора, требуют дополнительной поддержки для сохранения структуры и предотвращения деградации.

Агрегатное состояние почвы оценивали методом сухого просеивания по Саввинову. Содержание агрономически ценных агрегатов определяли по шкале Долгова. Водоустойчивость почвы изучалась методом Андрианова. Для картирования результатов применена программа Golden Software Surfer.

Установлено, что лесные полосы способствуют улучшению коэффициента структурности и водопрочных агрегатов. Наибольший эффект наблюдается у северной подветренной полосы благодаря её оптимальной плотности насаждений, активности корневых систем и форми-

рованию микроклимата. Напротив, восточная сторона показала меньшее качество структуры почвы из-за разреженности насаждений. Уровень водопрочных агрегатов был выше в подпахотных горизонтах, однако влияние лесополос сохранилось на всех глубинах.

Результаты демонстрируют, что рациональное размещение защитных насаждений способствует стабилизации почвенной структуры, снижает эрозионные процессы и повышает устойчивость почв агроландшафтов к внешним воздействиям, что делает их важным инструментом для улучшения плодородия и продуктивности земель.

Работа рекомендована д.б.н., проф., зам. директора по научной работе А.В. Федотовой.

УДК 634.1

СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ФОСФОРА В ПОЧВАХ ЛЕТНЕГО САДА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

М.Г. Деткова

Санкт-Петербургский государственный университет
detkova_m06@mail.ru

Humus horizons (0–50 and 0–80 cm) of studied soils in the Summer garden are enriched with mobile phosphorus compounds. Phosphorus fertilization is not required.

Рекомендации по уходу за зелеными насаждениями ежегодно составляет Комитет по благоустройству Санкт-Петербурга [1]. Здесь приведены оптимальные показатели для городских почв: рН 4.6–6.4; гумуса 4 %, не менее 60 мг/кг доступного растениям азота и больше 100 мг/кг доступных форм фосфора (Р) и калия в расчете на P_2O_5 и K_2O . Регулярно городские почвы не обследуют, хотя это необходимо для корректировки доз удобрений.

Цель работы – оценка содержания подвижных соединений Р в боскетах Летнего сада.

Пробы гумусовых горизонтов (с глубин 0–20 см и далее по 10 см до 50–80 см) в боскетах (Б) отбирали в трехкратной повторности буром: Б11, Б15 – 13.09.23, Б13 – 31.05.24. Пробы слабокислые: рН_{H2O} 6.1–6.5, рН_{KCl} 5.3–5.6. Подвижные соединения Р определяли по методу Кирсанова [2, 3].

В изученных пробах почв Летнего сада показатели по содержанию подвижных соединений Р варьировались (P_2O_5 , min-max): Б11 340–

500, B15 300–800, B13 600–1100 мг/кг. Оценка содержания подвижных соединений Р (P_2O_5 мг/кг) для сельскохозяйственных культур (зерно-овощные) составляет: 30–150 – очень низкое, 150–300 – высокое [3]. Для почв Москвы приняты допустимые нормы содержания подвижных форм Р [6] в слое 0–20 см: 40–400 мг/кг. Повышенное содержание подвижных соединений Р для поверхностных горизонтов некоторых газонов и проб почв из раскопов при реставрации Летнего сада было отмечено и ранее [4, 5].

Вывод: гумусовые горизонты изученных почв Летнего сада обеспечены подвижными соединениями фосфора, а внесение фосфорных удобрений не требуется.

Литература

1. Технологический регламент производства работ по содержанию территорий зеленых насаждений ... на 2024 г. URL: <https://www.gov.spb.ru/> (дата обращения: 12.01.2025).

2. ГОСТ Р 54650–2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. М., 2013. 12 с.

3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ, 1970. 487 с.

4. Матинян Н.Н., Бахматова К.А., Коренцвит В.А. Почвы Летнего сада // Почвоведение № 6. 2017. С. 643–651.

5. Мельничук И.А., Йассин М.С., Черданцева О.А. Проблемы формирования почвенного покрова Летнего сада и его современное состояние // Вестник РУДН. Сер. Агрономия и животноводство № 5. 2013. С. 28–36.

6. Яковлев А.С., Решетина Т.В., Сизов А.П., Прокофьева Т.В., Луковская Т.С., Самухина Т.М., Евдокимова М.В. Управление качеством городских почв (Методическое пособие) / Под общ. ред. С.А. Шобы и А.С. Яковлева. М.: МАКС Пресс, 2010. 96 с.

Благодарю зав. сектором учета и мониторинга зеленых насаждений садов Русского музея Е.А. Жукову за организацию полевых работ и научные консультации.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доцентом кафедры агрохимии СПбГУ М.А. Надпорожской.

УДК 631.41

ГУМУСОВЫЙ ПРОФИЛЬ ГОРНЫХ ПОЧВ ДАГЕСТАНА

Р.З. Дибирова, Д.С. Азиева

Прикаспийский институт биологических ресурсов, Махачкала
roksanadibirova@gmail.com

The work describes mountain soils, using the example of the village. Tsovkra-2, Kulinsky district. The structural state and humus content in soils at various elevations and slope exposures were studied. The following were studied: mountain-meadow alpine, mountain-meadow subalpine and brown forest soils.

Горная зона занимает около 40 % общей площади Дагестана и охватывает территорию с высотными отметками более 1000 м над уровнем моря. Данные о почвенном покрове горного Дагестана отличаются разрозненностью. В наибольшей степени изучены возможности освоения и агрономические свойства почв, влияние на них эрозии, а также закономерности их распространения. Работа посвящена исследованию горных почв, эволюции, их разнообразия и закономерностей распространения в зависимости от орографии, геоморфологии, высотной и склоново-экспозиционной ориентации вертикальных поясов.

Содержание гумуса в почве является решающим признаком ее плодородия. Он тесно коррелирует со всеми физическими свойствами почвы и в значительной степени определяет биологические и химические процессы.

Исследования проводились в 2023 и 2024 гг. на территории с. Цовкра-2 Кулинского района. Кулинский район относится к высокогорной части Дагестан. Почвенный покров опытных участков представлен: горно-луговыми субальпийскими и бурыми лесными почвами. Закономерности их распространения в пространстве соответствуют законам экспозиционной направленности и высотной поясности. Ключевые площадки были заложены таким образом, чтобы охватить все представленные почвенные разности.

Гумус определен по ГОСТ 26213-91.

Так на ключевых площадках представлены:

– на южных склонах горно-луговые субальпийские почвы, где мощность гумусового слоя достигает до 17 см, а содержание гумуса варьирует от 10.42 % до 8.99 %, и уменьшается в соответствии с высотными отметками;

– на склонах северных экспозиций бурые лесные почвы, переходящие к олуговелым разностям, где мощность гумусового слоя достигает 15 см, достаточно высокое содержание гумуса в пределах от 14.43 % до 18.78 % и увеличивается с высотой;

– на западных склонах бурые лесные почвы под березовыми насаждениями, где гумус содержится в количестве 15.93 % и мощность гумусового слоя достигает 25 см;

– на восточных склонах горно-луговые альпийские почвы, где содержание гумуса достигает 19.42 %, а мощность гумусового слоя до 15 см.

По зависимости структуры почвы от степени плодородия их можно расположить от менее подверженных эрозии и оползням к более подверженным: 202-С<401-В<301-З<201-С<101-Ю<102-Ю.

Работа рекомендована д.б.н., проф. З.Г. Залибековым.

УДК 631.46

**ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ
В КАТЕНАХ ЗАПОВЕДНЫХ И АНТРОПОГЕННО-
ПРЕОБРАЗОВАННЫХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ И ЧЕРНОЗЕМОВ
(ЗАПОВЕДНИК «БЕЛОГОРЬЕ»)**

К.С. Душанова

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
РАН, Пушкино kamilla.dushchanova@gmail.com

Reserved gray forest soils and chernozems on the «Belogorye» nature reserve and arable ones outside in catenas (watershed, transit and accumulative position) were studied. Biomass was determined using the SID method and the determination of the content of phospholipids and the functional diversity of soil microbial communities – by multisubstrate testing of respiratory responses by the feedback to the introduction of amino acids, carboxylic acids and carbohydrates (26 compounds).

Функциональное разнообразие микробных сообществ и их биомасса исследованы на водораздельных, транзитных и аккумулятивных позициях катен (южные склоны) заповедных серых лесных почв и черноземов, и пахотных катен за пределами заповедника «Белогорье» (слой 0–10 и 10–20 см). Биомасса микробных сообществ определялась с использованием СИД-метода и на основе величины фосфолипидов, а функциональное разнообразие микробных сообществ с использованием

микропланшетного метода на основе мультисубстратного тестирования дыхательных откликов в системе MicroResp в ответ на внесение аминокислот, карбоновых кислот и углеводов (25 соединений, рН 6). Тип почвы и распашка были основными факторами, влияющими на величину микробной биомассы и метаболическое разнообразие микробных сообществ почв. В заповедном черноземе микробная биомасса монотонно уменьшалась вниз по катене, в серой лесной почве была минимальной в транзитной позиции катены, в пахотных катенах она была до 3.5 раз меньше, но аналогичной заповедным катенам. Метаболическое разнообразие в катене заповедных черноземов было богаче (величины индекса Шеннона 2.5–2.9), чем в пахотном варианте (2.4–2.8) и катене серых лесных почв (2.1–2.9). В агросерых почвах индекс Шеннона составлял от 1.3 до 2.7. Оно различалось в зависимости от слоя почвы и антропогенной нагрузки в черноземах и в основном от положения в катене – в серых лесных почвах, но следовало распределению микробной биомассы в катене. С помощью критерия Вилкоксона выявлено влияние вспашки на изменения дыхательных откликов в ответ на внесение субстратов. В черноземах изменения в дыхательных откликах были в ответ на все субстраты кроме янтарной кислоты, и выборочно в каждой группе низкомолекулярных соединений в серых почвах (пять углеводов, пять карбоновых кислот и пять аминокислот), в остальном тест показал недостоверность изменений в откликах микробных сообществ заповедных агро серых почв.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 22-68-00010.

Работа рекомендована к.б.н., в.н.с. А.В. Борисовым.

УДК 631.4

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ И ЧИСЛЕННОСТЬ
ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ
ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА МЕГАПОЛИСА

Д.Р. Ефимова¹, А.А. Кузьмина²

¹Санкт-Петербургский государственный университет

²ЦМП им. В.В. Докучаева, st097717@student.spbu.ru

Changes of density of earthworms and soil microorganisms activity can be used as indicators of the condition of urban soils. To assess relationship between this indicators and urban soils soil samples from four sites in different areas of the St. Petersburg were analyzed. Standard method of manual sample sorting and the tea bag index (TBI) method were used.

Городские почвы предоставляют широкий спектр экосистемных услуг, вследствие чего изучение почвенного покрова мегаполисов имеет особую значимость. Регулярное проведение полноценных почвенно-экологических исследований стандартными методами на территориях городов требует больших финансовых вложений, что не всегда возможно. Индикаторами изменения состояния почв, показывающими репрезентативные результаты, выступает почвенная биота. Быстрый отклик на изменение почвенных параметров дают почвенные микроорганизмы и дождевые черви.

Для оценки влияния свойств почв рекреационных зон Санкт-Петербурга на показатели микробиологической активности и численность дождевых червей, были проведены исследования на четырех площадках, расположенных в разных районах города. Почвы Яблоневого сада и парка Интернационалистов представлены стратифицированными почвами, сада Валентина Пикуля и бульвара улицы Счастливой – стратозёмами. Были проведены анализы почвенных образцов на определение гигроскопической влажности, емкости катионного обмена, гидролитической кислотности, водного и солевого рН. Почвенно-зоологические исследования проведены стандартным методом ручной разборки проб, микробиологическая активность – методом tea bag index (ТБИ).

Наибольшая плотность дождевых червей (332 экз./м²) и микробиологическая активность наблюдалась в почвах бульвара улицы Счастливой (56.52 %).

Наименьшая плотность дождевых червей отмечена в почвах сада Валентина Пикуля (18 экз./м²). При этом именно здесь определена наибольшая гидролитическая кислотность, указывающая на возможное токсическое воздействие на люмбрицид в том числе и алюминия. Кроме того, на данной площадке зафиксирована и наименьшая микробиологическая активность (44.9 %).

Установлено, урбанизация в целом положительно влияет на почвенных обитателей. Отсутствие или низкая численность дождевых червей в почвах рекреационных зон указывает на крайне неблагоприятные условия и требует выявления причин нарушения состояния почв и почвенного покрова.

Таким образом, микробиологическая активность и численность люмбрицид служат хорошими диагностическими показателями состояния почвенного покрова урбозосистем и могут быть использованы при почвенно-экологическом мониторинге.

Работа рекомендована к.б.н., в.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева Е.В. Пятиной.

УДК 631.412

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЗОТА
И УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ СЕВЕРОТАЁЖНЫХ ЛЕСОВ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.А. Живов

Институт проблем промышленной экологии Севера Кольского научного
центра РАН, г. Апатиты, d.zhivov@ksc.ru

The research is devoted to the search for some regularities of dynamics nitrogen and carbon contents in soils (Carbic Podzols) of northern taiga forests in the Murmansk region.

В XXI веке прогресса и высоких технологий появилось огромное количество экологических вызовов. Одним из них становится нарушение глобальных циклов химических элементов, в частности, углерода и азота, с приуроченными к ним проблемами для живых организмов. Осознавая всю глубину проблематики, Правительством РФ был издан «Указ Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145 "О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации"», в котором определены приоритеты и перспективы научно-технологического развития.

Цель работы – анализ динамики содержания углерода и азота в почвах еловых лесов Мурманской области. Исследования проводили на пробных площадях разных стадий техногенной дигрессии (фон, дефолирующие леса, редколесья), заложенных по градиенту атмосферного загрязнения от медно-никелевого комбината «Североникель».

На данный момент мы располагаем достоверными сравнительными данными ($p \leq 0.05$) по содержанию углерода и азота за 2 периода исследований: 2005–2007 и 2018–2019 гг. В еловых лесах оба химических элемента имеют сходное распределение по почвенному профилю с максимумом в органогенном горизонте. В 2018–2019 гг. содержание С и N в подгоризонте ОН выросло по сравнению с 2005–2007 гг. (рис.).

Работа выполнена в рамках реализации ВИП ГЗ «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ».

Работа рекомендована к.б.н., зав. лабораторией Т.А. Сухаревой.

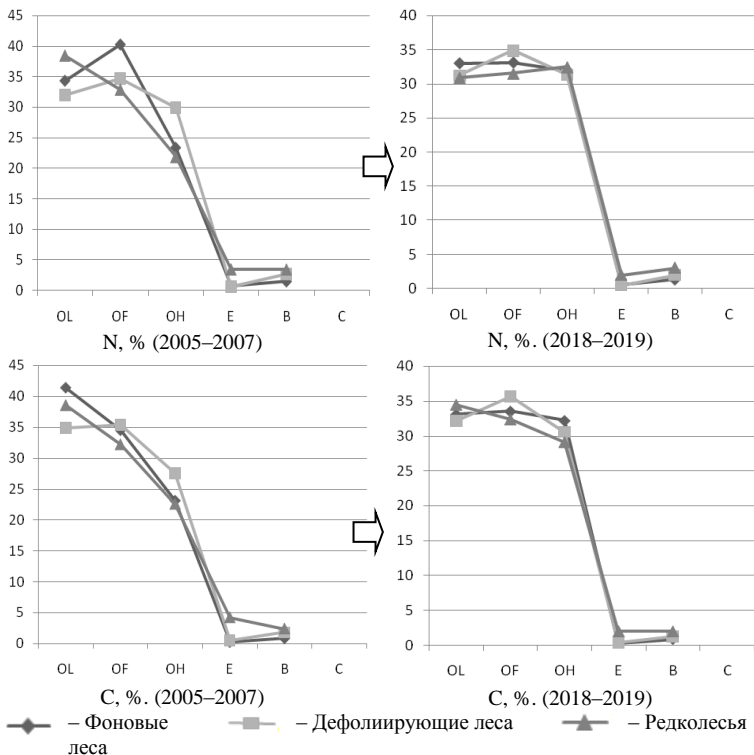


Рисунок. Содержание С и N в почве северотаёжных лесов, % (подкروновое пространство).

УДК 631.4

ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ БАЗАЛЬНОГО И СУБСТРАТ-ИНДУЦИРОВАННОГО ДЫХАНИЯ ПОЧВ ОТ БИОГЕОЦЕНОЗА

О.О. Жолобова, И.В. Могилевская, Е.С. Зотов

ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения» РАН, г. Волгоград

e.zotov@vfanc.ru

The study evaluates the rate of basal respiration and substrate-induced respiration of carbonate sandy soils of the Stavropol Territory. The soils of two biogeocenoses are studied. It has been established that the soils of protective forest plantations have better results than the soils of the dry steppe.

Современную значимость изучения эмиссии углекислого газа в атмосферу сложно переоценить. Исследования почвенной микробиоты позволяют понять ход процесса выделения CO_2 из почвы, установить факторы влияния на скорость базального дыхания (БД) и субстрат-индуцированного дыхания (СИД), а также выявить зависимость между микробным дыханием почв и биогеоценозом. Основным микробиологическим показателем трансформации углерода служит содержание углерода микробной биомассы, расчет которого проводится на основе полученных значений БД и СИД.

Исследования проводились на карбонатных песчаных почвах двух биогеоценозов (БГЦ) (защитные лесонасаждения (АЛ) и сухая степь (АС)) северо-западной части Ногайской степи Нефтекумского городского округа Ставропольского края на 33 пробных площадках. Для лесного БГЦ установлено 6 пробных площадей, для степного – 27. На каждой пробной площадке был заложен почвенный разрез, из верхнего слоя (0–20 см) которого проводился отбор образцов для дальнейшего изучения.

Почвы под лесозащитными насаждениями – песчаные светло-каштановые, для сухой степи преобладающими являются непочвенные образования – карбонатные мономинеральные пески.

В целом, почвенный покров характеризуется преобладанием непочвенных образований с участием сероземов типичных и погребенных аккумулятивно-дисперсно-карбонатных горизонтов ВСА.

Доминирующей растительностью на обследованных участках является робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia* L.), так же встречается вяз мелколистный (*Ulmus parvifolia*).

Были использованы методики подготовки образцов и проведения анализа на определение БД (Jones 2008, Creamer 2014) и СИД почв по Ананьевой (2011). Микробное дыхание и углерод микробной биомассы рассчитывали по Anderson и Domsch (1978).

Установлено, что почвы исследуемых территорий обладают следующими показателями скорости БД: 0.177 ± 0.06 мкг С / г почвы · ч для АЛ и 0.137 ± 0.07 мкг С / г почвы · ч для АС. Результаты определения СИД составили 1.54 ± 0.4 мкг С / г почвы · ч для АЛ и 1.05 ± 0.3 мкг С / г почвы · ч для АС. Величины метаболического дыхательного коэффициента почвы показывают, что скорость преобразования органического углерода в микробную биомассу в среднем в 3 раза выше в почвах лесонасаждений, чем в почвах степи.

Полученные в ходе исследования данные могут быть использованы в качестве дополнительного критерия изучения оценки эмиссии углекислого газа из почвы.

Работа рекомендована д.б.н., профессором, зам. директора по научной работе А.В. Федотовой.

ТРАНСПОРТ ИОНОВ ХЛОРА И КАЛИЯ
В ВЕРХНИХ СЛОЯХ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

С.И. Клушина

МГУ имени М.В. Ломоносова, Spieks70@gmail.com

This paper analyzes the filtration properties of these soils, with an emphasis on the transport capacity of chlorine and potassium ions in the urban soils of Moscow and Maikop. The experimental results demonstrate high values of the filtration coefficient and significant heterogeneity in the behavior of the studied ions, which is important for environmental sustainability and the quality of the urban environment.

Согласно сборнику показателей развития Всемирного банка, составленному на основе официально признанных источников, в 2023 году доля городского населения в мире составляла 57.25 %. Современная урбанизация приводит к изменениям в структуре и функционировании городских экосистем, что делает изучение почвенного покрова, особенно в контексте его фильтрационных свойств, важной областью научных исследований. В частности, в городских условиях применяются анти-фризы, которые представлены легкорастворимыми солями. Городские почвы, которые формируются под воздействием антропогенных факторов, требуют внимательного изучения ввиду влияния на экологическую устойчивость и качество городской среды.

Целью работы является анализ транспортной способности ионов хлора и калия в верхних горизонтах городских почв.

Объектами исследования выбраны урбаноземы г. Москва: точка 1 – ботанический сад МГУ на Воробьёвых горах; точка 2 – внутренний двор биолого-почвенного факультета МГУ, и г. Майкоп – центральный городской парк.

Лабораторный фильтрационный эксперимент проводился на насыпных почвенных колонках с параметрами: 7 см длина, 7.5 см в диаметре (Теории и методы..., 2007). Определение электродного потенциала в порциях фильтрата и нахождение зависимости между его величиной и активностью ионов хлора и калия, для построения выходных кривых, проводилось на иономере Экотест-2000 (НПП ЭКОНИКС). С применением электродов: ЭСП-10101; ЭКОМ – Cl; ЭКОМ – K (Теории и методы..., 2007). Для расчёта гидрохимических параметров с применением метода обратных задач, применялось программное обеспечение – CFITIM (Теории и методы..., 2007).

Были получены данные по основным физико-химическим характеристикам субстратов: гранулометрический состав, содержание углерода, плотность твердой фазы, распределение агрегатов по размерам, полная удельная поверхность (метод ВЕТ). Исследования показывают, что для всех рассмотренных субстратов значения коэффициента фильтрации классифицируются как исключительно высокие по классификации Р. Эггельсмана (Зайдельман, 1985). Наблюдается значительная неоднородность и расхождение выходных кривых ионов хлора и калия, что характеризует транспортную неоднородность данных почв.

Литература

1. Зайдельман Ф.Р. Гидрологический режим почв Нечерноземной зоны. – 1985.

2. Теория и методы физики почв. Под ред. Е.В. Шеина, Л.О. Карпачевского. Тула: Гриф и К, 2007, 616.

Работа рекомендована проф. А.Б. Умаровой.

УДК 631.45

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВОГРУНТОВ МЕТОДАМИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Г.Э. Крючков, И.А. Коробейников

Пермский государственный национальный исследовательский университет, ya.korobeinikov@icloud.com, grigoriy1703@mail.ru

The assessment of the ecological condition of urban soils by phytotesting and measuring the bioluminescent activity of bacteria showed an unsatisfactory ecological condition of about 75 % of the samples.

Активизация городского строительства с начала 21 века привела к образованию большого количества почвогрунтов, образованных из природных или агропочв на окраинах города; при выравнивании техникой площадок после сноса старых домов и их дальнейшей рекультивации чистыми почвогрунтами в центральных районах. Эти почвогрунты становятся основой для дальнейшего городского почвообразования и выполняют важнейшие экологические функции почв. Целью работы была оценка экологического состояния городских почвогрунтов методами биотестирования.

Оценка токсичности и биологической активности почвогрунтов проводилась согласно патенту О.З. Еремченко и Н.В. Митраковой (2017) по реакции кресс-салата. В качестве тест-контроля использовали

растения, выращенные на вермикулите, однократно политом раствором Кнопа. Замеры высоты и массы 10-дневных проростков кресс-салата проводились в 30-кратной повторности. При снижении показателей развития кресс-салата на 30–50 % экологическое состояние почв принято считать неудовлетворительным; а при уровне снижения показателей более 50 % – экологически опасным. Также оценили токсичность вытяжек из почвогрунтов по интенсивности биолюминесценции генномодифицированного штамма *Escherichia coli* M-17 (Эколюм-тест) с контролем по дистиллированной воде.

Токсичными принято считать образцы со снижением интенсивности свечения более чем на 20 % по сравнению с контролем после 30-минутной экспозиции. Высокая токсичность образца принимается при снижении свечения более чем на 50 % по сравнению с контролем. Все полученные данные были обработаны с применением программы для статистической обработки данных PAST.

Фитотестирование показало, что 17 из 32 (половина) исследуемых проб почвогрунтов имеют неблагоприятное экологическое состояние, 8 из 32 (четверть) являются экологически опасными.

Биотестирование с использованием люминесцирующего штамма бактерий показало неудовлетворительное экологическое состояние у 47 из 62 исследуемых проб, из них 2 пробы имели высокую токсичность.

Были выявлены участки с неблагоприятным экологическим состоянием почвогрунтов, по совокупности примененных методов биоконтроля. Основными причинами неблагоприятного экологического состояния почвогрунтов являются: наличие включений строительного мусора, нефтепродукты, ТМ, бедность почвы элементами питания растений и неблагоприятные физические свойства почвенного покрова.

Работа рекомендована к.б.н., доцентом Н.В. Москвиной.

ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ
В ПОЧВАХ ОТВАЛОВ КУЗБАССА

С.А. Куйдина

Новосибирский государственный университет

Институт почвоведения и агрохимии СО РАН

Новосибирский институт органической химии СО РАН

s.kuidina@g.nsu.ru

The presented study focuses on successive change of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) composition in the course of soil formation process on coal mining dumps of Kuznetsk Basin. The results obtained by gas chromatography–mass spectrometry (GC–MS) method differ substantially among stages of soil development.

Условием успешной рекультивации нарушенных земель является формирование устойчивого почвенного покрова. Почвы отвалов вскрышных пород становятся депонирующей средой для полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), высвобождающихся при угледобыче и размещении отходов. Исследование содержания ПАУ в зависимости от стадии развития молодых почв позволяет выявить их характерные особенности в связи с экологическим состоянием.

Цель исследования – определение суммарного содержания и индивидуального состава ПАУ в зависимости от глубины отбора и стадии эволюции почв на отвалах отходов угледобычи Листвянского месторождения.

Объектами исследования стали каменный уголь и почвы разновозрастных отвалов вскрышных пород. В работе использовалась классификация почв техногенных ландшафтов ИПА СО РАН [1]. В качестве фоновой почвы был выбран выщелоченный чернозем. Глубина отбора проб составила 0–5, 5–10, 10–20 см. Общее содержание и состав 19 ПАУ определялись методом хромато-масс-спектрометрии [2].

Суммарные концентрации ПАУ в мелкоземле приповерхностного слоя почв исследуемых участков варьировались от 5031 до 315 нг/г. В каменном угле и фоновом чернозёме были зафиксированы значения 5527 и 72 нг/г соответственно. Последовательное снижение суммарных концентраций наблюдалось как в эволюционном ряду почв отвалов, так и с увеличением глубины. В ходе развития почв значение соотношения легких и тяжелых ПАУ также снижалось, переходя порог значения 1, что может свидетельствовать о вовлечении ПАУ угля в процессы гумусооб-

разования. На основе данных об индивидуальном составе ПАУ для всех исследуемых участков были построены хроматографические профили.

Литература

1. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.

2. Method 8270E (SW-846). Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). EPA, Revision 6, 2018 [Electronic resource]. URL: https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/method_8270e_update_vi_06-2018_0.pdf (accessed 02.08.2023).

Работа рекомендована д.б.н., зав. лаб. ИПА СО РАН Д.А. Соколовым и к.х.н., в.н.с. НИОХ СО РАН С.В. Морозовым.

УДК 631.4: 631.417.1

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПРОЦЕССНЫХ ПУЛОВ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ВЫПАСА

Е.А. Кутузова

Тульский государственный университет, ekaterina.kutuzova.03@inbox.ru

The soils of Leptic Umbrisols of the subalpine zone in the territory of the Eastern Caucasus have been studied under conditions of varying grazing intensity. It is shown that overgrazing increased the rate of POM mineralization on the northern slope, while a significant decrease in all fractions of the active POM pool was observed on the southern slope.

Объектами исследования послужили почвы пастбищ Горного Дагестана. Территория сложена известняками верхнего мела, абсолютная высота 1650 м над у.м. Объекты приурочены к склонам северной и южной экспозиции, тип почв – *темногумусовые*.

Образцы отбирали до глубины 20 см послойно по 10 см. Для выявления различных фракций активного ПОВ использовали метод биокинетического фракционирования. Производился расчет потенциально-минерализуемой фракции (C_0) по выделенному $C-CO_2$. Процессные фракции ПОВ определяли путем аппроксимации кумулятивной кривой трёхкомпонентной моделью: легкоминерализуемой (C_1), умеренноминерализуемой (C_2) и трудноминерализуемой (C_3) фракций

углерода: (C_1 , $k_1 > 0.1 \text{ сут}^{-1}$; C_2 , $0.1 < k_2 > 0.01 \text{ сут}^{-1}$ и C_3 , $0.01 < k_3 > 0.001 \text{ сут}^{-1}$).

Содержание потенциально-минерализуемого углерода в почвенном слое 0–10 см на склонах южной экспозиции в зоне умеренного выпаса достигало максимальных значений – 400.2 мг С/100 г почвы. При сравнении северного склона с южным склоном, который подвергался интенсивному выпасу, содержание C_0 на южном склоне оказалось значительно ниже (в 2.7 раза). Интенсивный выпас повлиял на увеличение времени полного оборота углерода фракции C_0 на 30 %. Содержание легкоминерализуемой фракции (C_1) также уменьшалось под воздействием интенсивного выпаса, что проявлялось в увеличении кинетических констант минерализации.

Влияние интенсивного выпаса наиболее заметно сказалось на снижении содержания трудноминерализуемой фракции ПОВ (C_3). Несмотря на заметные различия в размерах фракции C_3 при разной интенсивности выпаса, константы скорости минерализации C_3 находились в пределах 0.007–0.011 сут^{-1} . Это означает, что время полной оборачиваемости (TT) составило 90–141 суток ($TT = 1/k$).

Таким образом, воздействие интенсивного выпаса следует считать одним из определяющих факторов, влияющих на различие содержания потенциально-, легко- и трудноминерализуемых фракций активного пула ПОВ на склонах северной и южной экспозиций. Сильная пастбищная нагрузка обусловила увеличение содержания фракций активного ПОВ на склонах северной экспозиции. В то время как на южных склонах чрезмерное воздействие скота (вытаптывание и поедание растительности) вызвало значительное снижение всех компонентов активного пула ПОВ.

Работа рекомендована к.г.н., н.с. Института физико-химических и биологических проблем почвоведения ФИЦ ПНЦБИ РАН В.Н. Пинским.

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ЭМИССИИ CH_4
КАМЕРНЫМ И МИКРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДАМИ
(НА ПРИМЕРЕ БОЛОТА В СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ЗОНЕ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ)

А.В. Ларина, И.А. Репина, В.С. Казанцев, Л.А. Кривенко
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва,
larin.arina2003@gmail.com

Emissions of methane and other greenhouse gases can be estimated using different methods, the results of which should be comparable. This study evaluates the convergence of the static chamber and eddy covariance methods.

Рост атмосферной концентрации $\text{H}_2\text{O}_{\text{пар}}$, CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3 усиливает парниковый эффект и его влияние на климат Земли. До 8 % ежегодного поступления CH_4 в атмосферу обуславливают естественные пресноводные экосистемы [IPCC, 2021]; его микробная генерация происходит в анаэробной толще болот, донных осадков рек и озер.

Данная работа посвящена количественной оценке различий в определении величины эмиссии метана методами статических камер (СК) и турбулентных пульсаций (МТП). Задачи исследования:

1. Определение удельных потоков (УП) CH_4 методом СК с двух элементов болотного микроландшафта.
2. Съёмка выбранного участка с использованием БПЛА. Дешифрирование характерных микроландшафтов.
3. Измерение площадной эмиссии метана микрометеорологическим методом – МТП. Переход от УП к площадной оценке эмиссии CH_4 .
4. Проведение анализа различий величины эмиссии.

Объект исследования участок болота в среднетаежной подзоне Западной Сибири ($60^\circ 53' 20''$ с.ш., $68^\circ 42' 10''$ в.д.).

Исследование проведено в полевую компанию 2022 года. Измерение произведено методом турбулентных пульсаций и СК. Камерами в двукратной пространственной повторности в дневное время определялись УП метана на двух элементах микроландшафта: гряде и мочажине двух степеней увлаженности. На двух мачтах МТП (2 м и 7 м) произведена высокочастотная (20 Гц) запись метеорологических характеристик и концентрации CH_4 в пограничном слое. Результат фиксации МТП усреднялся за получасовые интервалы времени, позволяя рассчитать эмиссию.

Снимок, полученный для участка площадью 0.37 км² с использованием БПЛА DJI Mavic 2 применен для дешифрирования гряд, мочажин, внутриболотных озерец.

Оценка эмиссии с зоны охвата мачты на основе камерных измерений получена при умножении средней величины УП СН₄ на площадь соответствующего элемента микроландшафта. Сравнение величин эмиссии произведено для оценок, полученных обоими методами не более чем с двухчасовым временным интервалом.

Результаты сравнительного анализа (тест Вилкоксона) позволяют говорить о соответствии величин эмиссии, полученных разными методами. Однако, величина эмиссии, определяемая камерным методом, превышает среднюю величину, измеренную МТП, не превышая ее размах (рис.). Различие средних составляет около 45 % для обеих вышек, а медиан 62 % и 40 % для вышки 2 м и 7 м, соответственно.

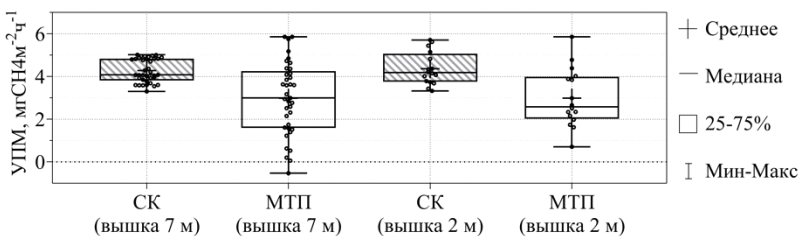


Рисунок. Диаграмма размаха для величин эмиссии, полученных камерным и пульсационным методами.

Такие результаты позволяют говорить о том, что для ряда задач эти методы могут считаться взаимозаменяемыми, однако, каждый из них имеет ряд ограничений.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 22-47-04408.

Работа рекомендована к.б.н., с.п. В.В. Столбовой.

УДК 631.417.1

ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В АВТОМОРФНЫХ И ГИДРОМОРФНЫХ ПОЧВАХ КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА «ТЮМЕНСКИЙ»

Д.А. Леонов

Тюменский государственный университет, d.a.leonov@utmn.ru

Studies conducted at the key site of the carbon landfill revealed significant differences in carbon reserves depending on the type of soil and the depth of the profile. Thus, in peat soils, the main carbon reserves are concen-

trated in layers of 30–100 cm, exceeding 1.500 t/ha. In mineral soils, on the contrary, the main carbon reserves are mainly in the upper layers of 0–30 cm, not exceeding 185 t/ha.

В 2024 г. на территории ключевого участка карбонового полигона «ТЮМЕНСКИЙ» проведен отбор почвенных образцов для определения запасов углерода в наиболее репрезентативных геотопах с основными типами/подтипами почв: дерново-подбуры оподзоленные (ПБд(оп)); торфяно-подбуры глеевые иллювиально-железистые (ПБтг(иж)); дерново-подбуры литобарьерные (ПБд(лб)); торфяник олиготрофный (ТТо); торфяник мезотрофный (ТТм); торфяник эутрофный (ТТэ). На 10 участках из почвенных разрезов были отобраны 67 почвенных образцов в следующих интервалах: 0–5, 5–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–70 и 70–100 см.

Содержание углерода определяли на элементном CHNS-анализаторе UNICUBE.

Запасы углерода в почвах (т/га) рассчитывались в интервалах 0–5, 5–30, 30–100 см, а также суммарные запасы до глубины 100 см.

Торфяники олиготрофные и эутрофные содержат более 1781.8 т/га углерода, особенно в глубоких слоях (30–100 см). Торфяники мезотрофные содержат около 890 т/га углерода. Минеральные почвы аккумулируют углерод в верхних слоях (5–30 см) из-за активных биологических процессов, запасы углерода здесь составляют 14–19 т/га. Торфяно-подбуры занимают промежуточное положение, накапливая углерод, как в верхних, так и в нижних горизонтах с накоплением углерода до 185 т/га.

Анализ распределения углерода по профилю показал, что в торфяниках от 74 до 82 % углерода находится на глубине 30–100 см. В минеральных почвах максимальные запасы сосредоточены в средних слоях: от 39 до 49 % углерода находится на глубине 5–30 см.

Суммарные запасы углерода до глубины 1 м составили в торфяных почвах от 1207.1 до 2362 т/га, в торфяно-подбурах 259.6 т/га, а в минеральных от 34.6 до 48.6 т/га. Таким образом, полученные результаты подчеркивают критическую значимость лесоболотных экосистем как углеродных резервуаров, способных сдерживать углекислый газ и тем самым стабилизировать углеродный баланс региона.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Тюменский карбоновый полигон» (FEWZ-2024-0016).

Работа рекомендована к.г.н., доц. А.А. Юртаевым, к.г.-м.н., с.н.с. О.С. Шварцевой.

СОДЕРЖАНИЕ ВАЛОВЫХ И ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ
МЕТАЛЛОВ В ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛКАХ ЛЕСНОЙ ОПЫТНОЙ ДАЧИ
РГАУ-МСХА ИМ. К.А. ТИМИРЯЗЕВА

П.Н. Мартынова, К.А. Шмакова
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
lina.martynova25@mail.ru

The article presents the results of a study of the content of gross and mobile forms of heavy metals in forest litter under various tree stands on the territory of the Forest Experimental Cottage (LOD) of the Russian State Agrarian University – the Ministry of Agriculture named after K.A. Timiryazev.

Лесные подстилки представляют собой важный компонент лесных экосистем. Основная масса тяжелых металлов накапливается в лесной подстилке, выполняющей функцию геохимического барьера, препятствующего продвижению аэротехногенных загрязнителей в более глубокие слои почвы.

Исследования проводились на территории Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева на постоянных пробных площадях III, IV, V, VII, VIII и XI кварталов.

В работе было изучено содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов (Cu, Cd, Pb и Zn) и проведен анализ зависимости этих показателей от состава древостоя. Материал получен на основе оценки образцов лесных подстилок, разделенных на два подгоризонта: A_0' – слаборазложившийся и A_0'' – ферментативный.

Лабораторные исследования проведены методом атомно-абсорбционной спектрометрии.

Максимальные концентрации валовых форм кадмия (1.19 мг/кг) и цинка (435.17 мг/кг) в слаборазложившемся горизонте подстилки A_0' наблюдаются под чисто хвойными и смешанными с преобладанием хвойных насаждениями, что может быть связано с особенностями химического состава хвойных пород деревьев и их способностью накапливать данные металлы. Максимальные значения меди (29.22 мг/кг) и свинца (11.13 мг/кг), наоборот, отмечены под древостоями с преобладанием лиственных пород. Содержание Zn в горизонте A_0' в некоторых образцах превышает ПДК (не более 220 мг/кг).

В ферментативном горизонте A_0'' подстилки максимальные значения валовых форм меди (51.55 мг/кг), кадмия (0.88 мг/кг), свинца (67.99 мг/кг) и цинка (108.83 мг/кг) отмечены под чистым хвойным древостоем V квартала.

Доля подвижных металлов от валового содержания варьирует в среднем по данным горизонта A_0' от 1.9 до 79.0 %, а A_0'' – от 6.0 до 37.2 %. Наименьшая доля подвижных форм в слаборазложившемся горизонте отмечена для Pd – 1.9 %, а в ферментативном – для Cu (6.0 %).

Максимальные концентрации подвижных форм тяжелых металлов отмечены под чистым хвойным древостоем V квартала пробной площади 3.

Полученные данные свидетельствуют о том, что процесс накопления тяжелых металлов в подстилках в значительной степени определяется видовыми особенностями древесного яруса. Максимальные концентрации большинства металлов наблюдаются в смешанных и чисто хвойных насаждениях, что может быть связано с различиями в процессах накопления, разложения и миграции.

Работа рекомендована к.б.н., доцентом Н.Л. Каменных.

УДК 631.41

ОЦЕНКА СПОСОБА РЕКУЛЬТИВАЦИИ КИСЛЫХ СУЛЬФАТНЫХ ПОЧВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ

Н.В. Митракова

Пермский государственный национальный исследовательский университет, mitrakovanatalya@mail.ru

Acid sulfate soils were reclaimed with deoxidizer calhumite preparation in doses of x3, x6, x10 and x15 to the recommended application rates. Acidity decreased from 3.0 to 8.0–8.4. The height and weight of oats at x3, x6 and x10 are significantly higher than the parameters of oats on the original soil. The chlorophyll content is maximum in plants on x3 soil.

Кислые шахтные воды (КШВ) являются источниками загрязнения почв и водных объектов в районах разработки месторождений. Воздействия на почвы КШВ приводит к повышению их кислотности, увеличению содержания сульфатов, и металлов. Для восстановления почвенно-растительного покрова в нарушенных ландшафтах необходимы меры по предотвращению миграции кислых дренажей и рекультивации кислых почв.

Объекты исследования – кислые сульфатные почвы Кизеловского угольного бассейна (КУБ). КУБ был ликвидирован в конце XX – начале XXI в., однако угли с высоким содержанием сульфидов и обводненность шахт привели к возникновению и излитию на поверхность КШВ.

Исследуемая почва образовалась на участке стока КШВ с породного отвала. Почва состоит из техногенного горизонта ($M=40$ см), состоящего из наносов угля, и преобразованного профиля серогумусовой глинистой почвы. Актуальная кислотность почвы снижается с глубиной по профилю от 3.0 до 2.4. Гидролитическая кислотность верхнего слоя (0–10 см) 15.75 ммоль-экв/100 г, содержание органического вещества около 4 %. На участке отсутствует растительный покров.

В качестве реагента для рекультивации использован препарат известь-гуми ($\text{CaCO}_3+\text{MgCO}_3 - 45\%$). Препарат вносился в рекомендованных количествах для гумусовых почв (1.1 кг/м^2) в дозах $\times 3$, $\times 6$, $\times 10$ и $\times 15$. В качестве тест-культуры – овес посевной, контроль – почва без внесения препарата (П0).

При внесении препарата в дозе $\times 3$ рНвод с 3.0 увеличилось до 8.0 при внесении препарата в максимальной дозе ($\times 15$) рНвод составило 8.4.

Высота и масса овса посевного на вариантах внесения $\times 3$, $\times 6$ и $\times 10$ достоверно выше высоты и массы растений на П0 (рис.). При внесении препарата в дозе $\times 15$ высота и масса достоверно ниже контроля.

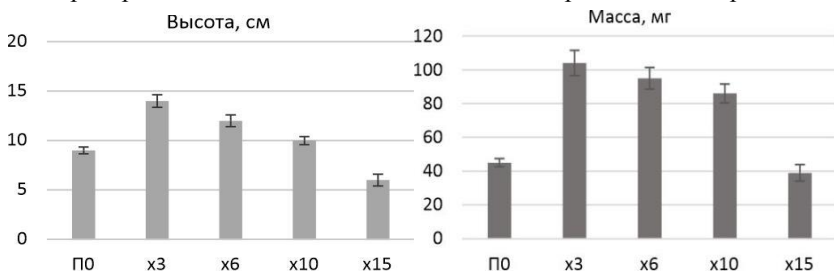


Рисунок. Высота и масса овса посевного при внесении разных доз препарата.

Содержание хлорофилла *a* и *b*, каротиноидов в овсе уменьшается с увеличением дозы внесения препарата, что, судя по всему, связано с увеличением щелочности почвы.

Таким образом, среди исследованных доз внесения известь-гуми наилучшие показатели высоты и массы, а также содержания пигментов наблюдались при трехкратном увеличении нормы внесения препарата.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 24-27-00324.

УДК 631.412

МОДУЛЯЦИЯ ФИТОАКТИВНОСТИ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ
ПРИСУТСТВИЕМ ОКСИДОВ И ОКСИГИДРОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА

С.М. Мулюкина¹, А.А. Дзеранов², Л.С. Бондаренко², К.Р. Фахретдинова³

¹Сургутский государственный университет, Сургут
bolotskaya_sm@surgu.ru

²Московский авиационный университет

³Московский государственный университет

The work is devoted to the influence of humic acids on their growth-stimulating ability to higher plants *Sinapis alba* in the formation of various iron oxides and oxyhydroxides. It was found that samples with a goethite content of more than 80 wt. % at a concentration of 10–10³ mg / L and HA up to 1 wt. % showed insignificant stimulation of the growth of plant roots.

Известно, что ГК влияют на миграцию металлов в почвах, влияют на трансформацию минералов, изменяя растворимость соединений Fe и их биодоступность растениям. В настоящем исследовании оценивали влияние гуминовых кислот (Гумат Байкал, Агротех Гумат) на их ростостимулирующую способность по отношению к высшим растениям *Sinapis alba* в присутствии различных оксидов и оксигидроксидов железа. Данные их РФА и ПЭМ, а также низкотемпературной адсорбции представлены в таблице.

Таблица. Микроструктура оксидов и оксигидроксидов железа.

Образец	Состав	Размер, нм	S _{уд} , м ² /г
M1	79 % гетита	476±83	69
M2	80 % ферригидрита 20 % гетита	200±158	128
M2.2	96 % гетита	560±105	53
M3	84 % ферригидрита 15 % гематита 1 % фероксигита	396±171	261

Для образцов M1 и M2.2, содержащих преимущественно фазу гетита (свыше ~ 80 масс. %), практически во всем диапазоне концентраций оксидов и оксигидроксидов железа (10–10³ мг/л) и ГК (за исключением, 1 масс. % ГК) наблюдается незначительная ростостимуляция длины корня растения (рис.).

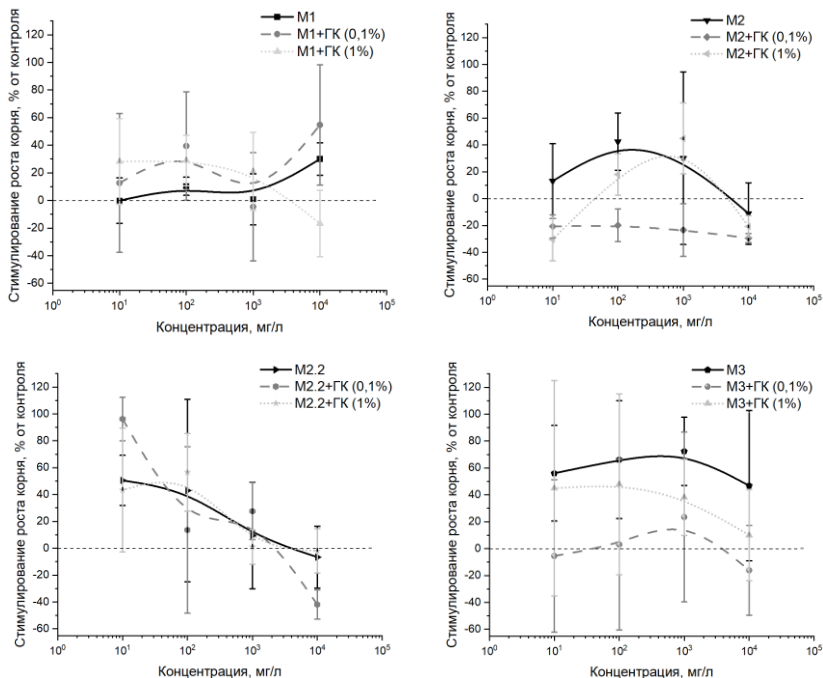


Рисунок. Зависимость доза-эффекта между водными и содержащими ГК суспензиями оксидов и оксигидроксидов железа в 96-часовом тесте стимулирования/ингибирования роста корней высшего растения *S. Alba*.

Для образцов, содержащих смеси минеральных частиц, добавление ГК во всех случаях приводит к ингибированию роста растения, парадоксально при низких значениях ГК (0.1 масс. %).

Исследование выполнено за счет гранта РФФ № 24-14-20030.

Работа рекомендована д.х.н., проф. Московского авиационного института К.А. Кыдралиевой.

ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОГРЕБЕННЫХ ПОЧВ
ИСТОРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ г. ПЕРМИ

П.К. Надымова, М.В. Шевченко

Пермский государственный национальный исследовательский
университет, polina.nadyмова03@mail.ru, shevchenko0531@yandex.ru

Buried soils of the historical center of Perm differ from the surface ones by the degree of soil profile transformation, composition of inclusions, more acidic reaction, and lower content of carbonates.

Почвы городов, погребенные под слоями более поздних отложений, представляют собой уникальный объект исследования, отражающий историю антропогенного воздействия на окружающую среду.

Целью работы было изучение строения и некоторых свойств погребенных почв исторического центра г. Перми.

В образцах почвы определили: рН вод – потенциометрическим методом; содержание карбонатов – ацидиметрическим титрованием; содержание фосфора – колориметрически в вытяжке по Мачигину.

В почвенном покрове изученных участков представлены агропочвы, урбопочвы; сохранились средние и нижние горизонты, реже – весь профиль.

Степень преобразованности почвенного профиля городских почв в результате антропогенного воздействия в первые два столетия истории города была не столь значительной, как в конце XIX в. и в XX в., когда появились первые многоэтажные здания и техника, позволяющая быстро и эффективно проводить земляные работы.

Во многих разрезах погребенные генетические горизонты перекрыты слоями техногенных горизонтов ТСН мощностью до 2–3 м. Мощные напластования техногенных горизонтов ТСН появились уже в XX веке. Об этом свидетельствует состав включений: пластик, медные провода в пластиковой изоляции, керамическая и жестяная посуда (датированная археологами как посуда 20 века), карбонатный щебень, гудрон и пр. В исторической части города, где рельеф расчленен логами и оврагами, засыпка происходила и ранее, в конце 19 в. – начале 20 века. Однако по составу слои техногенных отложений отличались от датированных 20 веком (по археологическим данным): овраги засыпаны шламом с медеплавильного завода, щепой, песком, битым красным глиняным кирпичом, известью.

Реакция среды в погребенных почвах варьирует от сильнокислой до нейтральной (диапазон рН вод 3.06–7.12); содержание карбонатов – от 0.09 до 1.67 %, оно зависит от наличия включений карбонатных строительных материалов. Погребенные почвы отличаются более кислой реакцией среды, меньшим содержанием карбонатов, чем современные городские.

Содержание подвижных фосфатов было максимальным в погребенных агрогумусовых горизонтах и поверхностных горизонтах урбик (до 33 мг/100 г). Минимально оно в материнских породах изученных почвенных профилей. В техногенных горизонтах ТСН содержание фосфора сильно варьирует, по-видимому, зависит от того, из каких бывших генетических горизонтов состоит ТСН.

Работа рекомендована к.б.н., доц. Н.В. Москвиной.

УДК 634.1

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРОШАЕМЫХ СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ ЯНГИЮЛЬСКОГО РАЙОНА ТАШКЕНТСКОЙ ОБЛАСТИ

Ё.Н. Назарова

Национальный университет Узбекистана имени М. Улугбека,
yorqinoynazarova1680@gmail.com

Agrochemical properties of the soil are of particular importance in solving almost all tasks in the field of soil science, agrochemistry, land reclamation and ecology. The main part of these properties is determined on the basis of chemical analysis of the soil. In the Yangiyul district of the Tashkent region, irrigated marsh and marsh-meadow soils are found on the I-II floodplain terraces of the Chirchik River, and irrigated meadow, irrigated gray-earth, and irrigated gray-earth soils are found on the V-IV-III floodplain terraces.

Цель работы: изучение влияния грунтовых вод и их химических изменений на орошаемые типичные сероземы, а именно болотные почвы, луговые почвы, сероземно-луговые почвы и сероземы.

Объекты и методы исследования: Республика Узбекистан, Ташкентская область, Янгиюльский район. Площадь орошаемых сельскохозяйственных угодий в Янгиюльском районе составляет 22 831.6 га. Массив Юксалиш – болотные почвы; массив Янги Хаёт – луговые почвы; массив Зарафшон – луговые почвы; массив Улугбек – сероземно-луговые почвы, массив Халкабод – сероземные почвы.

В исследовании использовались генетико-географические, профильно-геохимические, химико-аналитические методы, широко применяемые в почвоведении. Содержание углерода органических соединений в почве определялся по методу И.В. Тюрина. Химический анализ образцов почвы был сделан на основе пособия «Метод агрохимических анализов почв и растений Средней Азии» (1977).

Результаты исследований. В результате неправильного режима орошения, регионального влияния грунтовых вод большая часть сероземов превратилась в болотно-луговые и лугово-сероземные почвы.

Луговые почвы развиты на нижних террасах рек в аллювиальном режиме увлажнения. Орошаемые типичные сероземные почвы формируются в районах низко высотных грядово-гребневых рядов лессовых высокогорных равнин, на, так называемых, пролювиально-делювиальных лессовидных, в редких случаях скелетно-порошкообразных отложений.

Сероземная почва распространена в верховьях р. Чирчик. По гранулометрическому составу почвы тяжело- и среднесуглистые. Количество гумуса в этих почвах колеблется от 0.6 до 1.7 %, в зависимости от условий формирования, периода орошения и степени промывки. В нижних горизонтах концентрация гумуса уменьшается до 0.4–1.2 %. Содержание азота составляет около 0.08–0.13 %. Соотношение углерода и азота невелико – 6–8. Валовое содержание фосфора в почве составляет 0.14–0.17 %, калия – 1.3–2.4 % (табл.).

Орошаемые сероземно-луговые почвы являются переходными почвами от сероземных почв к лугово-сероземным. Эти почвы в основном распространены на V-IV-III пойменных террасах реки Чирчик. По гранулометрическому составу они тяжело- и среднесуглистые. В некоторых местах с глубины 0.5–1.0 метра встречается гравий. Поднятие грунтовых вод приводит к развитию глеевых процессов в почве. Содержание гумуса составляет 0.9–1.2 %, валового азота – 0.04–0.10 %, общего фосфора \approx 0.12–0.14 %, а общего калия \approx 0.9–1.9 % (табл.).

Орошаемые лугово-сероземные почвы распространены на участках с типичными сероземными почвами. В наибольшей степени они распространены на I-II пойменных террасах р. Чирчик. Здесь процесс олуговения в почвах обычно протекает в условиях высокой концентрации карбонатов (от 7 до 10 %). Содержание гумуса в луговых почвах составляет 0.9–1.6 %, валового азота – 0.06–0.12 %. Содержание валовых фосфора (0.08–0.18 %) и калия (1.3–1.6 %) низкое (табл.).

Орошаемые болотно-луговые почвы формируются на участках, где уровень грунтовых вод находится в пределах 0.5–1.0 м. По грануло-

метрическому составу почвы в основном тяжелосуглинистые, иногда песчано-гравийные.

Таблица. Количество гумуса и питательных элементов в орошаемых почвах.

№ разреза	Глубина профиля, см	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	C:N
Массив Юксалиш Болотные почвы					
87	0–20	2.722	13.0	130.0	10.2
	20–35	1.498	14.0	120.4	9.1
Массив Янги Хает Луговые почвы					
73	0–22	1.645	28.0	252.6	10.3
	22–48	1.486	19.5	235.2	10.3
	48–75	0.983	16.0	173.5	13.1
	75–106	0.645	14.0	116.9	12.6
	106–142	0.253	8.0	97.8	12.0
Массив Зарафшон Луговые почвы					
50	0–22	1.123	27.0	258.8	10.5
	22–48	0.998	21.0	156.7	8.6
	48–73	0.756	14.0	135.2	6.0
	73–109	0.428	9.5	112.5	4.9
	109–151	0.341	7.0	103.9	5.9
Массив Улугбек Сероземно-луговые почвы					
25	0–21	1.034	11.0	452.8	8.3
	21–36	1.013	5.0	168.5	8.2
	36–69	0.760	8.0	158.9	8.5
	69–90	0.865	12.0	197.5	8.4
	90–145	0.928	17.0	264.9	8.4
Массив Халкабод Сероземные почвы					
7	0–26	1.123	6.5	183.4	8.6
	24–41	0.598	4.0	142.1	9.0
	41–71	0.487	4.0	97.4	9.8
	71–103	0.479	2.0	97.3	7.1
	103–151	0.381	2.0	83.9	7.0

Выводы. Содержание гумуса в исследуемых почвах колеблется в пределах от 0.6 до 1.7 % в зависимости от условий формирования, периода полива и степени выщелачивания. Содержание азота находится в пределах 0.08–0.13 %.

Поднятие грунтовых вод привело к развитию глеевых процессов в орошаемых сероземно-луговых почвах. Содержание гумуса 0.9–1.2 %, валового азота 0.04–0.10 %.

Процесс олуговения почв здесь обычно происходит в условиях высокой карбонатизации (7–10 %).

Работа рекомендована д.б.н., проф. Г.М. Набиевой.

УДК 631.41

КОРРЕЛЯЦИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА
В ПОЧВАХ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ
ТЮМЕНСКОГО КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА

А.Н. Первушина

Тюменский государственный университет, a.n.pervushina@utmn.ru

This study explores the correlation between soil thermal properties and organic carbon in the Tyumen Carbon Polygon. Thermal conductivity and heat capacity were measured, showing negative correlations with organic matter. The results emphasize the impact of landscape type and density on thermal behavior and carbon processes.

Теплофизические свойства почв и торфов играют ключевую роль в регуляции углеродного цикла, поскольку они определяют динамику теплопереноса, температуры и влагообеспеченности в почвенном профиле. Эти параметры непосредственно влияют на активность микробных сообществ, скорость разложения органического вещества и процессы углеродной минерализации.

Для изучения корреляций теплофизических параметров с концентрацией органического углерода проведено исследование на территории Тюменского карбонового полигона. Были определены теплофизические характеристики (теплопроводность и объемная теплоёмкость) с использованием прибора TEMPOS (METER Group, Inc., США), содержание органического вещества – фотометрическим и гравиметрическим методом (ГОСТ 26213-2021), содержание углерода – на приборе Unicube (Elementar, Германия). Исследование проводилось на трех почвенных разрезах, представляющих разные элементарные геохимические ландшафты: элювиальный, трансэлювиальный, аккумулятивный.

Анализ показал (табл.) отрицательную корреляцию теплопроводности с содержанием органического вещества и углерода, что указывает

на снижение теплопроводности при увеличении доли органического вещества и уменьшении плотности сложения. Положительная зависимость теплопроводности с плотностью подтверждает доминирующее влияние плотности на теплопроводность. В почвах элювиального и трансэлювиального ландшафтов объемная теплоемкость практически не связана с содержанием органического вещества и углерода, что свидетельствует о влиянии плотности сложения и влажности. В аккумулятивном ландшафте объемная теплоемкость и теплопроводность коррелируют с органическим веществом и углеродом, отражая влияние высокой концентрации органики и условий торфонакопления.

Таблица. Коэффициенты корреляции.

Ландшафт	Теплопроводность и органическое вещество	Теплопроводность и углерод	Объемная теплоемкость и органическое вещество	Объемная теплоемкость и углерод	Теплопроводность и плотность	Объемная теплоемкость и плотность
Элювиальный	-0.96	-0.99	0.03	-0.05	0.89	0.40
Трансэлювиальный	-0.69	-0.75	-0.29	-0.37	0.77	0.59
Аккумулятивный	-0.92	-0.90	-0.77	-0.75	1.00	0.76

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Тюменский карбоновый полигон» (FEWZ-2024-0016).

Работа рекомендована к.г.н., доц. А.А. Юртаевым.

УДК 631.4:676.0

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЛИГНОСУЛЬФОНАТА НАТРИЯ НА РЯД ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ РАЗЛИЧНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Т.Н. Попова

Карельский Научный Центр РАН, г. Петрозаводск
tatiana99popova@mail.ru

In a model experiment, the effect of sodium lignosulfonate on some agrochemical parameters of sod-podzolic loamy soil was studied. Several types of soil were used for model experiments: sod-podzolic soils of different

granulometric composition (sandy, loamy). Sodium lignosulfonate was added to the soil in concentrations of 1 %, 2.5 %, 5 % and 10 % of the dry soil weight. The samples were incubated at a constant temperature (23 °C), constant humidity of 70 % for 90 days. The results of the studies showed that when sodium lignosulfonate was added, depending on the application rate, there was a reliable increase in the content of nitrate and ammonia nitrogen, mobile phosphorus and exchangeable potassium. A correlation relationship has been established among the studied forms of heavy metals.

В зонах рискованного земледелия существуют объективные препятствия для развития аграрного сектора экономики, что связано с экстремальным и неустойчивым климатом, а также низким естественным плодородием почв. К подобным зонам, в которых устойчивая урожайность культур подвергается постоянным рискам, относится практически весь Русский Север. Решение задачи повышения производительности сельского хозяйства, наряду с другими мерами, может быть связано с поиском новых приемов и способов повышения эффективности использования почв, в том числе и создание искусственно улучшенных почв. Научно обоснованное создание искусственной почвы позволит существенно расширить базу сельскохозяйственного производства в северных районах страны, где в связи со сложными климатическими условиями естественное восстановление плодородного слоя происходит десятилетиями. Использование результатов данного исследования внесет вклад в укрепление продовольственной безопасности Европейского Севера нашей страны, где проживает значительная часть населения России.

Создание высокопродуктивных искусственно улучшенных почв и снижение объемов различных видов отходов целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБК) способствует развитию высокопродуктивного, экологически чистого сельского хозяйства. Одним из вариантов решения проблемы утилизации отходов ЦБК является создание искусственной улучшенной почвы с использованием отходов ЦБК, что и было целью наших исследований.

Одним из основных отходов ЦБК является лигносульфонат натрия. Молекула лигносульфоната содержит в своем составе химические группы, способные образовывать хелатные комплексы с катионами металлов, многие из которых являются микроэлементами. Некоторыми исследователями было высказано предположение о возможности его использования в сельском хозяйстве для улучшения почвенного плодородия за счет более интенсивного поступления в растения элементов минерального питания. Ранее на примере таких растений, как сенполия фиалкоцветная, секвойя вечнозеленая, кукуруза (Ertani, 2011) и огурец

посевной (Икконен и др., 2021) было показано стимулирующее действие лигносульфоната натрия на ростовые процессы. При этом концентрации, оказывающие положительный эффект, различались в зависимости от катиона, который входил в состав лигносульфонатов, а также от вида растения. О негативном воздействии высоких концентраций лигносульфоната на растения ранее также указывалось.

Для достижения поставленной цели был заложен многомерный модельный почвенный эксперимент с внесением в почву лигносульфоната натрия.

Для модельных экспериментов использовали дерново-подзолистые почвы разного гранулометрического состава (песчаную, суглинистую).

Исследования проводились в условиях модельного опыта в вегетационных сосудах. Предварительно высушенные до воздушно-сухого состояния почвы подвергали механической обработке, подзолистую почву просеивали через сито диаметром 1 мм. Далее в дозах 1 %, 2,5 %, 5 % и 10 % от веса сухой почвы (1 кг) вносили органическую добавку, в качестве которой использовали лигносульфонат натрия, который является побочным продуктом трансформации лигнина в процессе производства целлюлозы. Затем почвы увлажнили до уровня 70 % от полной влагоемкости и инкубировали при постоянной температуре (23 °С) и периодическом перемешивании (1 раз в неделю) в течение 90 суток. Отбор проб на химический анализ был проведен в конце эксперимента.

После окончания периода инкубации анализировали агрохимические свойства созданных почвогрунтов. Водный и солевой рН в исходных почвенных образцах и отходах определяли потенциметрически (рН-метр Hanna, Германия). Азот и фосфор определяли методом сжигания по Кьельдалю со спектрофотометрическим окончанием на спектрофотометре СФ-2000 (Россия).

Анализируя полученные данные установлено, что внесение лигносульфоната в модельный суглинистый почвогрунт в малых концентрациях (1 и 2,5 %) существенно повышало содержание калия (от 169,7 мг/кг в контроле до 389,1–431,6 мг/кг соответственно) и обменных катионов, но снижало содержание азота независимо от внесенной дозы. Концентрация Mg, Ca и Na возрастала соответственно в 3,9–4,6; 2,5–3,0 и 3,6–7,8 раз, что оказывало подщелачивающее действие на почву. Реакция почвенного раствора увеличивалась на 0,7–0,8 единиц. При концентрации лигносульфоната 2,5 % величина рН солевого раствора возрастала на 1,26 единиц (рН_{сол.} с 4,93 до 6,19). При этом существенно увеличивалась концентрация буферного раствора, что проявлялось

в физиологическом отклике растений. Значительное снижение содержания азота в почве оказало влияние на долю его инвестирования в процесс фотосинтеза, что повлияло на снижение роста растений.

На песчаном почвогрунте внесение лигносульфоната не оказало существенного влияния на содержание калия при средних концентрациях (5 и 10 %) и снижало при малых концентрациях в 1.2–1.5 раза. Концентрация Mg, Ca и Na возрастала соответственно в 3–5.3; 2–3 и 3–9 раз, что оказывало подщелачивающее действие на почву. Содержание азота и углерода изменилось в пределах погрешности. Содержание фосфора увеличилось пропорционально дозе в 1.2 раза, однако при высокой концентрации (10 %) содержание фосфора практически не изменилось. При этом существенно увеличивалась концентрация буферного раствора, что проявлялось в физиологическом отклике растений.

Работа рекомендована к.с.-х.н. М.Г. Юркевич.

УДК 631.4

ПОЧВЫ ПАРКА СТРЕЛЬНИНСКАЯ БУХТА

М.Р. Романчук

Санкт-Петербургский государственный университет

st098056@student.spbu.ru

This publication is devoted to assessing the impact of the Strel'ninskaya Bukhta Park's soil cover on the state of tree plantations. There is a greater negative effect on trees of bad physical characteristics than chemical ones.

«Стрельнинская бухта» – общественное пространство на южном побережье Финского залива в посёлке Стрельна (Петродворцовый район). Парк был создан в рамках регионального проекта «Формирование комфортной городской среды» и открыт 16 сентября 2023 года.

Как объект исследования парк «Стрельнинская бухта» был выбран по двум причинам: 1) возможность провести первичное почвенное обследование почв парка, тем самым заложить основу для дальнейших мониторинговых исследований; 2) уже через месяц после открытия парка было зафиксировано выпадение примерно 15 % древесных насаждений.

Цель работы – охарактеризовать свойства сконструированных почв парка, чтобы выяснить, как они влияют на приживаемость и развитие древесных насаждений. Задачи: изучить рельеф и геоморфологическое строение местности, отобрать образцы почв парка и фоновой тер-

ритории (лес), провести лабораторные исследования физических и химических характеристик почвы.

Осенью 2023 года были отобраны почвенные образцы: поверхностных горизонтов почв (0–15 см) на опорных площадках – 7 шт.; почвенным буром на глубину 50–90 см (в посадочных ямах и на газоне рядом с посадочными ямами) – 12 шт.; образцы из 2-х почвенных разрезов фоновой территории – 9 шт.

Содержание валовых форм тяжелых металлов в поверхностном горизонте почв по площади парка не выявило превышение норм ПДК: содержание Cu – в пределах 20 мг/кг, Zn – 50 мг/кг, Pb – в пределах 30 мг/кг.

По величине водородного показателя (pH_{H_2O}) почвы парка относятся к нейтральным и слабощелочным, а почвы на фоновой территории – к кислым и слабокислым. Содержание C и N в почвах парка в пределах нормы. По полученным данным, на этом этапе можно сказать, что плохое самочувствие древесных насаждений связано, скорее всего, не с химическими, а физическими показателями почвы.

При конструировании почв парка был сделан водоупор из глинистого материала, что привело к переувлажнению почв поверхностным стоком (т.к. перепад высот между Литориновой террасой и зеркалом воды составляет около 16 м). Осенью 2024 года нами была отобрана серия поверхностных образцов почв для определения полевой влажности. Удалось проследить зависимость между гранулометрическим составом почв и полевой влажностью. Чем меньше в образцах песчаной фракции и органического материала, тем выше влажность (около 40 %). При этом показания сильно различаются в пределах каждого опорного участка (от 16 до 45 %), в связи с неоднородностью созданной почвенной конструкции.

Влияние на состояние древесных насаждений оказывает неоднородность гранулометрического состава почвы и переуплотнение из-за высокого содержания глинистого материала.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. А.А. Шешуковой.

ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧЕРНОЗЁМОВ
БУГУЛЬМИНСКО-БЕЛЕБЕЕВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ
ПОД ВЛИЯНИЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

И.С. Рыжиков

МГУ имени М.В. Ломоносова, isrizhikov@yandex.ru

Tillage can lead to significant erosion losses, deterioration of the structure and, as a result, deterioration of fertility. This study, describing the changes affecting the chernozems in the basin of the Soldatsky Klyuch stream on the Bugulminsko-Belebeevskaya upland, eloquently testifies to this.

Чернозёмы России – критически важный ресурс. Площадь российских чернозёмов составляет более половины от их общего запаса (Коробейников, 2010). Наиболее плодородные почвы на территории Республики Татарстан практически повсеместно распаханы (Красная книга почв РТ, 2012), что с большой долей вероятности влечёт за собой усиление деградационных тенденций: эрозии, потери гумуса, нарушения структуры. При этом действие последних может негативно сказаться на экосистемах как само по себе, так и опосредованно. Например, эрозия ведёт к загрязнению среды и деградации речной сети, вызывая экономические потери в разы выше, чем таковые вследствие эрозионной потери продуктивности почвы (Мальцев, Ермолаев, 2019).

В ходе исследования были заложены четыре почвенно-геохимические катены, проходящие через элювиальный, транзитный, транзитно-аккумулятивный и супераккумулятивный элементарные ландшафты на обрабатываемой пашне и на контрольных, нетронутых участках. Выполнено описание почвенных разрезов. Отобраны образцы верхнего гумусового горизонта в пяти повторностях. Проведены предварительные и ожидаются окончательные исследования углерода по Тюрину и анализ вод ручья Солдатский ключ для оценки возможного выноса элементов из пахотных почв. По предварительным данным, содержание гумуса на обрабатываемом участке ниже содержания гумуса в верхнем горизонте на контрольных участках в среднем, почти в 2 раза (4.59 % против 10.59 %). В каждом разрезе, находящимся на пашне, было зафиксировано значительное ухудшение структуры по сравнению с контрольным на том же элементе ландшафта, выраженное в уплотнении, увеличении глыбистых и мелкопоршистых структурных элементов по отношению к зернистым и комковатым.

Работа рекомендована к.б.н., м.н.с. кафедры общего почвоведения Ф.И. Земсковым.

ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ
НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ

Р.В. Сапцын

Пермский национальный исследовательский университет
ruslansaptsyn@gmail.com

An emergency oil spill in the south of the Perm region contributed to the contamination of dark humus soil. Dark humus soil is included in the category of specially protected rare soils in the region. The main properties of the reclaimed soil (agrochemical, physical, biochemical), suitability for plants in comparison with the background dark humus soil and optimization coefficients were studied.

Нефтезагрязнение и последующая рекультивация почв приводит к трансформации ее экологических функций, что может сопровождаться снижением биопродукции и биоразнообразия. В Пермском крае происходили инциденты с утечками нефти во время её извлечения и транспортировки, приводящие к мгновенному загрязнению окружающей среды в таких масштабах, что нарушали естественное состояние почв и биологических сообществ. Региональные нормы приемлемых остатков нефтяных продуктов в основном достигаются методом удаления слоев грунта, загрязненных нефтью, и последующего покрытия их чистым материалом.

В 2020 г. на юге Пермского края вследствие нарушения герметичности нефтепровода загрязнена нефтью темногумусовая почва Phaeozems. Техническую рекультивацию провели путем удаления залежной загрязненной растительности и верхнего слоя почвы. Постановлением Правительства Пермского края № 447-п темногумусовые почвы включены в перечень редких почв, находящихся под особой охраной.

Цель исследований – оценить свойства и способность к выполнению экологических функций темногумусовой почвы, подверженной аварийному нефтезагрязнению и последующей рекультивации путем срезки поверхностного слоя.

Загрязненный участок расположен на категории земель «Земли сельскохозяйственного назначения». Загрязнение и последующая техническая рекультивация нарушили почву на площади 0.52 га. В летние периоды 2021–2022 гг. рекультивируемую почву несколько раз рыхлили для активизации процессов деструкции остаточной нефти. В течение вегетационных периодов 2020–2023 гг. проводили контроль за содер-

жанием остаточных нефтепродуктов в почве; отбор проб проводили по всей загрязненной территории в слое 0–20 см в 7-кратной повторности.

В 2023 г. на расстоянии около 50 м от рекультивируемой территории выбран контрольный участок, в пределах которого заложен почвенный полуразрез и две прикопки. Согласно современной классификации почв России (2004) фоновая почва диагностирована на основе морфологического строения и генетических свойств: тип – темногомусовая постагрогенная, подтип – метаморфизированная, род – ненасыщенная, вид – маломощная, сильно гумусированная, слабонасыщенная, разновидность – легкоглинистая, разряд – на элювии пермских глин. Пробы из фоновой почвы взяли в трехкратной повторности по глубинам 0–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–50, 50–60 см. Координаты разреза фоновой почвы (в системе координат WGS-84): 56°30'03.2" с.ш., 55°56'18.7" в.д.

Динамика остаточного содержания нефтепродуктов в слое 0–20 см темногомусовой почвы показала, что их количество резко (в среднем на 50 %) уменьшилось в первый год наблюдений. Затем процесс очищения почвы замедлился; в 2022 г. содержание нефти дополнительно сократилось в среднем на 12 %. В последующем значительное годовое снижение количества остаточной нефти (на 42 %) обусловлено рыхлением почвы, которое, по-видимому, активизировало деятельность углеводородокисляющих микроорганизмов.

Негативное состояние верхних слоев рекультивируемой почвы проявилось в уменьшении пористости, ухудшении агрегатного состава и питательного режима (по содержанию подвижных фосфатов, калия, активности уреазы) по сравнению с фоновой постагрогенной почвой.

После проведения технической рекультивации путем срезки загрязненного слоя мощность темногомусового горизонта почвы уменьшилась в среднем на 20 см; остаточный горизонт по ряду показателей (гранулометрический состав, плотность, агрегатный состав) характеризовался сходством с фоновой почвой на глубине 20–40 см. По результатам фитотестирования у рекультивируемой почвы существенно снизилась способность к выполнению функции по обеспечению условий для роста и развития растений.

Из выборки полученных данных ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) в качестве оптимумов выбрали средние показатели фоновой темногомусовой почвы, а именно, максимальные (x_{\max}) значения – для pH, органического углерода, подвижных фосфатов и калия, активности ферментов, пористости, длины и массы тест-культуры, минимальное (x_{\min}) значение – для плотности почвы. Относительно оптимумов рассчитали нормированные показатели: $x_k = x_{\min} / x_n$, или $x_k = x_n / x_{\max}$. Путем сложения нормирован-

ных показателей (x_k) получили критерии оптимизации фоновой и рекультивируемой почв в слоях 0–20 и 20–40 см (рис.).

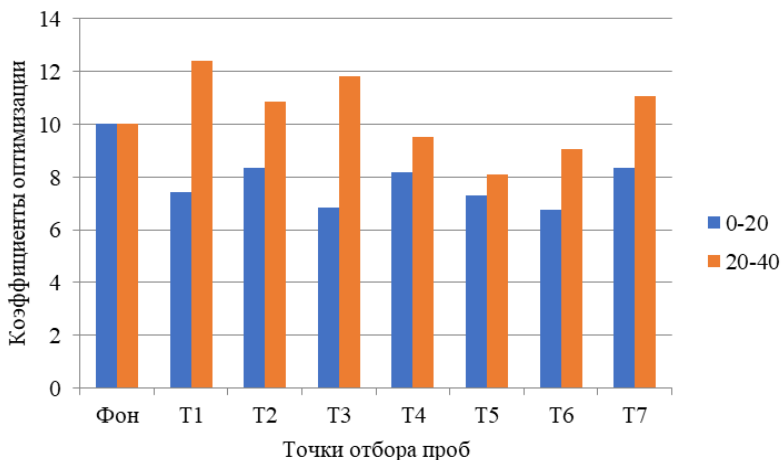


Рисунок. Коэффициенты оптимизации постагрогенной и рекультивируемой почв.

Для всех проб рекультивируемой почвы из слоя 0–20 см наблюдали уменьшение нормированных коэффициентов по комплексу экологически значимых свойств и, следовательно, существенное снижение коэффициентов оптимизации относительно слоя 0–20 см фоновой почвы (рис.). Четыре пробы почвы из слоя 20–40 см показали более высокие коэффициенты оптимизации по сравнению с фоновой почвой на этой глубине, что обусловлено повышенными нормированными коэффициентами по содержанию калия, активности каталазы и уреазы, длины и массы тест-культуры. Улучшение свойств и функций рекультивируемой почвы на этой глубине связано с рыхлением и частичным перемешиванием почвы.

Расчетные коэффициенты оптимизации рекультивируемой почвы, особенно в слое 0–20 см, указывали на общее снижение экологического потенциала особо охраняемой темногумусовой почвы, ее способности обеспечивать функционирование экосистемы.

Работа рекомендована д.б.н., проф. О.З. Еремченко.

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ВНЕСЕНИЕМ УДОБРЕНИЙ
И УРОЖАЙНОСТЬЮ ЗЕРНОВЫХ В ХОЗЯЙСТВАХ РАЗЛИЧНЫХ
КАТЕГОРИЙ АННИНСКОГО, БОГУЧАРСКОГО И ЛИСКИНСКОГО
МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А. Сердюкова

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)», milena.serdyukova05@mail.ru

Modern agriculture in the Voronezh region faces the challenges of increasing productivity, where fertilizer application critically affects grain yields. Comparative analysis showed a strong correlation between fertilizer application and yield in agricultural organizations, while in household farms this correlation is absent. It is recommended to develop training programs for smallholder farmers, focusing on proper fertilizer application and modern agronomic approaches.

В рамках исследования в качестве объектов были выбраны сельскохозяйственные предприятия различных категорий в Аннинском, Богучарском и Лискинском муниципальных районах Воронежской области: сельскохозяйственные организации, хозяйства населения, а также крестьянские хозяйства и индивидуальные предприниматели. Основное внимание уделено зерновым культурам (пшеница, ячмень и кукуруза), которые являются важными компонентами агропромышленного комплекса региона. Данные были собраны за период 2012, 2013, 2015, 2016, 2017, 2018, 2020, 2022 и 2023 годов и обработаны с использованием статистических методов, позволяющих строить диаграммы корреляции. Основные данные о внесении минеральных удобрений и урожайности зерновых культур (табл.) были получены из открытых источников, в частности, с сайта Федеральной службы государственной статистики.

Исследование показало значительные различия в зависимости от категории хозяйств. Сильная корреляция у сельскохозяйственных организаций подчеркивает важность масштабного и научно обоснованного подхода к управлению агрономическими практиками.

На основе проведенного исследования были разработаны рекомендации, направленные на повышение урожайности зерновых культур в Воронежской области с учетом специфики каждой категории хозяйств.

Работа рекомендована д.б.н., проф. С.С. Огородниковым.

Таблица. Динамика внесения минеральных удобрений и урожайности зерновых в хозяйствах различных категорий выбранных муниципальных районов.

Год / Категория	Муниципальные районы	2012	2013	2015	2016	2017	2018	2020	2022	2023
Урожайность сельскохозяйственных организаций, ц	Аннинский	33.6	35.2	35.9	41.9	45.0	37.4	46.8	49.2	54.7
	Богучарский	19.5	20	27.7	23.2	31.3	36.2	28	29.5	32.5
	Лискинский	35.5	40.8	48.7	52.5	45	52.6	43.7	60.6	56.5
Урожайность хозяйства населения, ц	Аннинский	32.6	32.7	37.5	36.7	41.3	35.7	29.7	34.3	33.3
	Богучарский	38.5	43.1	44.4	45.3	49.6	48	47	26.1	44.4
	Лискинский	30.8	35.5	40.9	40	26.4	19.7	24.7	28.6	27.1
Урожайность крестьянских хозяйств и индивидуальных предпр., ц	Аннинский	24.9	33.1	31.5	31.3	39.3	31.4	41.2	40.3	47.1
	Богучарский	14.5	17.2	24.8	20.9	29.5	34.5	28.6	28.9	30.5
	Лискинский	29.7	21.9	38	26.1	18.8	19.2	20.6	25.8	24.8
Масса внесения минеральных удобрений, ц	Аннинский	52.7	55.9	67.7	76.6	82.3	99.3	107	113	118
	Богучарский	15.4	15.8	17.1	24.1	26.9	42.6	37.8	42.9	39.8
	Лискинский	96.49	96.585	75.259	82.192	102.129	82.795	82.812	66.753	79.734

ТОКСИЧНОСТЬ ВЕТЕРИНАРНОГО АНТИБИОТИКА ТИЛОЗИНА
В ПОЧВЕННЫХ ЭКСТРАКТАХ И ВОДНЫХ СРЕДАХ
РАЗНОЙ СОЛЕННОСТИ

К.П. Сериков¹, А.Д. Батаков^{1,2}, А.Ю. Шулаков¹

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова

² Институт проблем экологии и эволюции РАН, Москва

kpserikov2016@gmail.com

Standard test systems based on algae fluorescence are recommended for assessing the environmental safety of soils and ameliorative means – composts contaminated with antibiotics. It has been established that the algotoxicity of tylosin, which is widespread in soils and waters, largely depends on the degree of salinity of the environment.

Современные мелиоративные технологии, основанные на использовании отходов животноводства и птицеводства в виде компостов, неизбежно приводят к необходимости контроля экологической безопасности таких удобрений. Рост бактериальной резистентности из-за широкого распространения антибиотиков в почвах уже не является единственной проблемой здоровья почв. Воздействие фармпрепаратов через компосты на представителей биоты основных трофических уровней способно вызвать серьезные нарушения функционирования почвенных экосистем в целом. В настоящее время содержание антибиотиков в компостах и навозе никак не регламентируется в РФ. Очевидно, что для разработки нормативов безопасного содержания фармпрепаратов в почве и сопредельных средах необходимы детальные исследования влияния условий и химического состава сред, в которых анализируется воздействие конкретных антибиотиков на живые организмы. Методы стандартного биотестирования, в том числе с использованием гидробионтов, позволяют проводить оценку токсичности фармпрепаратов.

Работа посвящена сравнению токсических эффектов широко распространенного антибиотика тилозина на стандартные тест-культуры одноклеточных водорослей в водных матрицах разной солёности. Антибиотик добавляли в водные экстракты почв (чернозем и дерново-подзолистую, 1:10), питьевую воду и питательные среды – слабоминерализованную среду Успенского-1 и высокоминерализованную среду Гольдберга. Оценивали ингибирование стандартизованных тест-культур микроводорослей (пресноводных зеленых *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson и морских диатомовых водорослей *Phaeodactylum*

tricornutum (Bohlin) по флуоресценции хлорофилла с помощью флуориметра «Флюорат 02-5М».

Водные матрицы незначительно различались по содержанию растворенного органического вещества и рН. Солеесодержание в слабоминерализованных матрицах было в пределах 1.11–1.47 г/дм³, тогда как в среде Гольдберга – 20 г/дм³. Результаты показали, что токсичность тилозина по отношению к водорослям высока: в слабоминерализованной среде полуэффективная концентрация ЭК₅₀ составляла 3.31 мг/дм³, в высокоминерализованной среде – 7.0 мг/дм³. Доза тилозина 50 мг/дм³ в среде Успенского и экстрактах почв подавляла флуоресценцию хлорофилла на 90–93.4 % относительно контроля, а в высокоминерализованной среде Гольдберга на 47 %.

Установленный факт существенного снижения токсичности тилозина в среде с повышенной соленостью следует учитывать при разработке мер по минимизации негативных эффектов ветеринарных антибиотиков на почвенные и водные среды.

Исследования в рамках проекта РНФ (грант 22-74-00134).

Работа рекомендована д.б.н., проф. В.А. Тереховой.

УДК 631.852

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЯСОКОСТНОЙ МУКИ НА УСИЛЕНИЕ АЗОТФИКСАЦИИ И ПОВЫШЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ АЗОТА В ПОЧВЕ ПОД ЗЕРНОБОБОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

В.Д. Старовойтова, Т.В. Кравцова, К.А. Шамакова

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева,

ver.starovojtova2015@yandex.ru, avozvark2004@xmail.ru,

kshmakova@rgau-msha.ru

The article contains the expected results of using meat and bone meal activated by phosphate-immobilizing bacteria of the genus *Bacillus* for leguminous crops on acidic soils. Namely, increased nitrogen fixation and increased nitrogen accumulation in the soil are expected.

Мясокостная мука представляет собой перемолотую и обезжиренную муку из измельченных костей крупного рогатого скота с содержанием в ней фосфора около 20–25 %. Для лучшей эффективности этого удобрения предлагается применять муку, обработанную фосфатмобилизирующими бактериями рода *Bacillus*. Благодаря действию этих бактерий (при обязательном условии – на кислых почвах) под зернобо-

бовыми или же бобовыми культурами происходит трансформация труднодоступных форм фосфора в растворимые соединения, а также идет более интенсивная азотфиксация клубеньков бобовых и, следовательно, накопление азота в почве.

Было предположено, что в исследуемом опыте с мясокостной мукой будет происходить усиление азотфиксации и повышение накопления азота в почве при внесении данного мелиоранта под зернобобовые культуры. Это может произойти в связи со следующими факторами:

1. Горох, как зернобобовая культура, содержит на своих корнях клубеньки, способные к азотфиксации. Они формируют особую структуру корневой системы, в результате чего способны к регуляции физиологических процессов путем выделения лимонной кислоты, увеличивая тем самым захват фосфат-ионов. А именно в кислой среде активизируется костная мука и бактерии, отвечающие за азотфиксацию в клубеньках.

2. Стабильное протекание азотфиксации у бобовых возможно при условии обеспеченности элементами питания, среди которых наиболее важным является фосфор. Обеспечить его норму возможно внесением костной муки. Помимо этого, она предварительно активизируется штаммом микроорганизмов, осуществляющих непосредственно азотфиксацию.

3. Бактерии рода *Bacillus* в составе мясокостной муки оказывают стимулирующее действие на азотфиксацию, а именно на проникновение в ткани корней растений штаммов бактерий путем перемещения бактерий в почвенном растворе благодаря наличию фосфатов муки.

4. Под действием мясокостной муки может интенсивнее идти размягчение наружной оболочки корневых волосков для дальнейшего процесса азотфиксации. Это связано с кислой почвенной реакцией корнеобитаемого слоя, а также с кислой реакцией самого мелиоранта.

Работа рекомендована к.б.н., доц. кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения Н.Л. Каменных.

УДК 631.41

МЕХАНИЗМ ВЛИЯНИЯ ИОННОЙ СИЛЫ НА НЕКОТОРЫЕ ПОЧВЕННЫЕ СВОЙСТВА

А.И. Сухарев, Д.А. Тарасенко

МГУ имени М.В. Ломоносова, suharevai@my.msu.ru

Increasing the ionic strength by using salt solutions changes the state of the double electric layer, which affects soil properties such as viscosity and rheology of soil pastes, and the water stability of soil aggregates.

В почвах, как в многофазных системах, существует ионообменный поглощающий комплекс. Его состав и строение определяют очень многие важнейшие свойства почв: физические (водоудерживающую способность, коагуляцию и пептизацию, образование структурных агрегатов), физико-химические (рН, буферность, дзета-потенциал) и агрохимические (аккумуляцию и доступность растениям ионов). В основе почвенного поглощающего комплекса лежит формирование двойного электрического слоя (ДЭС) на поверхности частиц твёрдой фазы. Показано, что свойства почв, которые определяются взаимодействием твёрдой и жидкой фаз, должны значительно меняться при увеличении ионной силы почвенного раствора, так как ДЭС будет сжиматься.

Целью работы являлось уточнение механизма влияния повышения ионной силы почвенного раствора на вязкость и реопексию почвенных паст, водоустойчивость почвенных агрегатов.

При изучении влияния растворов солей на вязкость почвенных паст было обнаружено, что повышение ионной силы в дисперсионной среде паст приводит к резкому возрастанию их вязкости.

Для трактовки получаемых на вибрационном вискозиметре результатов имеет смысл привлечь уравнение Эйнштейна для вязкости суспензий:

$$\eta = \eta_0 (1 + 2.5 \times \phi),$$

где η – вязкость суспензии; η_0 – вязкость растворителя; ϕ – объемная доля твердой фазы; 2.5 – коэффициент для сферических твердых частиц. Это уравнение применяют при изучении вязкости суспензий гуминовых веществ, глинистых минералов, а также почв.

Из физического смысла этой формулы следует, что вязкость паст определяется объемной долей в них твердой фазы или обратной величиной – объемной долей кинетически свободной воды.

Для объяснения результатов экспериментов следует рассмотреть строение органоминеральных почвенных гелей, которые покрывают и связывают между собой почвенные частицы. Их основой являются гуминовые вещества (ГВ). Современные методы исследования позволили уточнить представления о строении ГВ в водных растворах и почвах.

Методом малоуглового рассеяния нейтронов (МУРН) было показано, что ГВ в растворах образуют фрактальные кластеры (Ф-кластеры) размером 100–200 нм из частиц-молекул гуминовых веществ, которые имеют мозаичную гидрофильно-гидрофобную поверхность. Аналогичная информация о строении ГВ в растворах получена и другими методами.

Исследование образцов почв методом МУРН показало, что коллоидные составляющие почв различных типов организованы фрактально. Причем размерный диапазон этих структур приближается к размерам Ф-кластеров ГВ. Это позволило сделать вывод о том, что основой почвенных гелей являются Ф-кластеры из частиц-молекул ГВ, которые объединяясь, образуют надмолекулярные образования (НМО), создающие почвенные гели.

Рассмотрим процессы, которые должны происходить в органо-минеральных почвенных гелях. Из строения Ф-кластеров следует, что сжатие ДЭС должно приводить к усилению взаимодействия Ф-кластеров и НМО друг с другом. При этом увеличивается вязкость, соответствующая удержанию НМО свободной воды. Таким образом, усиление взаимодействий между НМО должно увеличивать количество удерживаемой почвенными гелями воды.

Можно предположить, что при взаимодействии Ф-кластеры заземляют свободную воду, снижая ее количество в системе. Выдвинутая гипотеза подтверждается экспериментально увеличением размера частиц НМО в пастах.

Реопексные явления, наблюдаемые в почвенных пастах, были объяснены в работе отрывом Ф-кластеров от гелей из-за сильных механических воздействий на почвенные частицы, их взаимодействием друг с другом с образованием НМО, со связыванием в образующихся НМО дополнительных количеств кинетически свободной воды. Ослабление реопексных явлений при проведении исследований с солевыми растворами хорошо объясняется увеличением прочности связей в гелях между гидрофобными участками Ф-кластеров, что снижает общее количество оторвавшихся от гелей Ф-кластеров и образовавшихся из них НМО со связанной ими свободной водой.

При воздействии растворов солей на почвы водоустойчивость агрегатов не повышается, хотя это можно было бы ожидать в силу снижения расклинивающего давления и возрастания числа гидрофобных связей. Следовательно, существует фактор, который доминирует над расклинивающим давлением и образованием дополнительных гидрофобных связей.

По всей видимости, этим фактором является необходимость разорвать старые связи для изменения структуры гелей (что ведёт, например, к сжатию Ф-кластеров при повышении ионной силы почвенного раствора). Это может происходить только тогда, когда энергии в системе достаточно для разрушения старых связей в гелях.

В тех случаях, когда структура гелей разрушается при определении почвенного свойства, влияние сжатия ионных атмосфер хорошо заметно. В случаях отсутствия разрушения почвенных гелей последние за счет связей между образующими их коллоидными частицами стабилизируют свою структуру и влияние сжатия ионных атмосфер практически не проявляется в свойствах почв.

Таким образом, гели оказывают стабилизирующее влияние на структуру и свойства почв, а их разрушение приводит к потере структурности и изменению свойств почв.

Работа рекомендована д.б.н., в.н.с. Г.Н. Федотовым.

УДК 631.41

ИНТЕНСИВНОСТЬ ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ГОРОДСКИХ И ПРИРОДНЫХ ПОЧВАХ ЮЖНОЙ ТАЙГИ

М.В. Сушенцова

МГУ имени М.В. Ломоносова, marinaru2001@mail.ru

This work is devoted to studies of the intensity of biological destruction of organic compounds in sod-podzolic and urban soils of varying degrees of anthropogenic impact. To assess the ability of soils to transform plant residues and organic substances, an indicator of cellulolytic activity was selected.

Целью работы: дать сравнительную характеристику интенсивности биологической деструкции органических соединений в городских и природных почвах. Ключевые участки расположены в зоне южной тайги на территории карбонового полигона «Чашниково» и на территории ЮЗАО г. Москвы, испытывающей воздействие транспортной инфраструктуры. Объектом исследования были выбраны поверхностные горизонты (0–10 см) природных (дерново-подзолистых почв) и городских почв (урбодерново-подзолистых и конструкторозёмов).

Полевые наблюдения за биологическими (ЦА и эмиссия CO₂) и химическими (*Сорг*, *Сгк*, *Сфк*, рНводн, Ес) свойствами почв проводились с июня по октябрь 2023 года.

Биологическая деструкция растительных остатков (по показателю ЦА) интенсивнее в природных почвах (21.25 мгЛГОВ/сут.), чем в городских почвах (4.54 мгЛГОВ/сут.). В дерново-подзолистых почвах природных ландшафтов ЦА под травянистыми экосистемами выше, чем под лесной растительностью. Высокая интенсивность биологической

деструкции на всех ключевых участках исследования наблюдается в июле и сентябре.

Городские почвы характеризуются высокой степенью вариабельности показателя биологической активности, что может быть вызвано различиями химических и биологических свойств из-за особенностей их формирования или благоустройства территорий. Урбанозёмы имеют высокую долю малодоступных для окисления форм углерода. Содержание и запасы общего углерода в урбанозёмах выше, чем в природных и освоенных дерново-подзолистых почвах и варьирует от 1.95 до 7.04 %. Наибольшее содержание углерода наблюдается в болотных и торфяно-глеевых почвах. Установлено, загрязнение и засоление снижает интенсивность целлюлозолитической активности.

Установлено, что значимыми факторами, определяющими дифференциацию почв по интенсивности биологической деструкции, являются химические свойства почв. Показано, что участки исследования лесных фитоценозов карбонового полигона «Чашниково» обладают более высоким потенциалом гумусонакопления, чем почвы урбанизированных районов Москвы. Однако, сравнительный анализ показал, что содержание Сорг городских почв выше, чем в природных за счёт создания техногенного компостно-гумусового горизонта конструктозёмов. Однако, слабая интенсивность биологической деструкции в нём обуславливает снижение эмиссии CO₂ в атмосферу при минерализации органики.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 19-77-30004-П.

Работа рекомендована к.б.н., доц. П.П. Кречетовым.

УДК 631.4

ОЦЕНКА ГОДОВЫХ ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.П. Тимофеев

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и
защитного лесоразведения Российской академии наук, г. Волгоград

timofeev-e@vfanc.ru

Currently, the soils of the dry steppe zone remain relatively unexplored in terms of soil respiration, which creates significant difficulties and increases uncertainty in assessing the overall level of soil respiration in the Russian Federation.

В последнее время проблема роста содержания парниковых газов в тропосфере стала предметом особого внимания научного сообщества и общественности. Обмен парниковых газов между почвой и атмосферой представляет собой сложный набор процессов, включающих в себя как их образование в почве, так и последующую микробную переработку. К этому также добавляются процессы сорбции, растворения, диффузии, а также эмиссии с поверхности почвы и поглощения из атмосферы.

Эмиссия парниковых газов играет ключевую роль в функционировании почв. Количество углерода в почвах приблизительно в два раза превышает его содержание в атмосфере. Процесс эмиссии парниковых газов служит показателем интенсивности разложения органических материалов и является одним из основных элементов биологического круговорота углерода, а также поддержания почвенного плодородия.

Цель данной работы: оценка годовых потоков парниковых газов из почв сухостепной зоны Волгоградской области

Измерения проводили на территории тестового полигона интенсивного уровня 2 типа «Камышин» в Волгоградской области в почвах сухостепной зоны с декабря 2023 года по декабрь 2024 года с использованием автоматической камерной системы измерения газообмена.

Результаты показали значительную временную вариабельность данных. За год показатели по стокам и эмиссии CO_2 из почв составляли от $-0.1 \text{ г } \text{CO}_2$ до $6.07 \text{ г } \text{C м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ (коэффициент вариации – 104 %). Наибольшие величины зафиксированы в летний сезон, где показатели скорости варьировали от 1.29 до $4.78 \text{ г } \text{C м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ (коэффициент вариации – 39 %). Наименьшие приходились на зимний период, где эмиссия CO_2 составляла от -0.01 до $0.52 \text{ г } \text{C м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ (коэффициент вариации – 107 %). За период исследования из почв выделилось $568 \text{ г } \text{C м}^{-2} \text{ год}^{-1}$ или же $5.68 \text{ т } \text{CO}_2 \text{ га}^{-1} \text{ год}^{-1}$. Большая часть пришлась на летний сезон и составил $226 \text{ г } \text{C м}^{-2}$, меньшая на зимний период и равнялась $13 \text{ г } \text{C м}^{-2}$.

Исследование эмиссии метана из почвы показало меньшую вариацию данных, по сравнению с CO_2 , большая часть потока метана была приставлена стоком или поглощением в почву. Сток и эмиссия метана за год составлял от -2.12 до $2 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ (коэффициент вариации – 79 %). Наибольшие показатели приходились на зимний период, значения варьировались от -1.85 до $2 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ (коэффициент вариации – 113 %), наименьшие на весенний период и составляли от -2.12 до $0.81 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ (коэффициент вариации – 94 %). За период исследования почва поглотила $204 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ год}^{-1}$ или же $0.002 \text{ т } \text{CH}_4 \text{ га}^{-1} \text{ год}^{-1}$.

Работа рекомендована д.б.н., проф., зам. директора по научной работе А.В. Федотова.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ
В ПОЧВОВЕДЕНИИ

А.Д. Уткина

ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет
alina.utkina12@gmail.com

The article examines soil conditions that characterize the soil as an independent environmental factor that determines the process of its functioning. The research results are processed by multivariate statistics methods using correlation and cluster analysis and the principal component analysis (PCA) using Past 4.13 application.

Применение современных методов математической статистики в почвоведении, является важным направлением исследований в связи с необходимостью более точного анализа данных о почвах, их свойствах и состоянии. Такие методы как кластерный анализ, метод главных компонент и мета-метод позволяют выявлять скрытые закономерности, упрощать сложные данные и делать более точные выводы о состоянии почвенного покрова. Однако в области почвоведения они применяются не так часто, как хотелось бы, что, по-видимому, связано со сложностью объекта исследования – почвой.

Изучались методы математической статистики на примере динамичных (гидротермических, агрохимических и биологических) свойств дерново-буро-подзолистых почв Южного Предбайкалья в условиях бугристо-западного палеокриогенного микрорельефа на целине, пашне и залежи.

С помощью программы Past 4.13 выполнены корреляционный анализ (для выявления взаимосвязей свойств участков по различным элементам микрорельефа), кластерный анализ (создание дендрограмм, позволяющих объединять близкие группы), а также метод главных компонент (многомерный анализ, используемый для упрощения сложной структуры данных).

Корреляционный анализ помог выявить важные статистические зависимости между различными параметрами почвы, такими как влажность, кислотность, содержание питательных веществ и биологическая активность. Это дало возможность определить показатели, в наибольшей степени влияющих на плодородие и здоровье почвы, а также обнаружить проблемные зоны, требующие особого внимания.

Кластерный анализ и метод главных компонент позволили установить особенности почв, связанные с их положением по микрорельефу и складывающимися там условиями окружающей среды. Они показали, что наиболее плодородными являются почвы угодий «Целина» и «Залежь» с микрорельефом «Западина». Однако почвы других угодий и элементов микрорельефа также могут быть эффективно использованы для сельского хозяйства при правильном применении агротехнических приемов.

Метод главных компонент помог сократить количество исходных переменных до нескольких основных факторов, объясняющих большую часть дисперсии данных. Это облегчило анализ и интерпретацию сложных многомерных данных, позволив увидеть, какие участки имеют схожие характеристики и какие факторы наиболее важны для описания их свойств.

Таким образом, исследование продемонстрировало, что применение современных методов математической статистики является важным инструментом для анализа и управления почвами, способствующим повышению их плодородия и устойчивому использованию в сельском хозяйстве.

Работа рекомендована д.б.н., проф. А.А. Козловой.

УДК 631.41

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА И СКОРОСТЬ МИКРОБНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ОПАДА В УСЛОВИЯХ ГОРНО-ЛЕСНОГО И ГОРНО-ЛУГОВОГО ЦЕНОЗА

А.С. Харыбина, Н.С. Самохина

АНОО ВО «Научно-технологический университет «Сириус»
harybina.as@talantiuspeh.ru

Microbial decomposition of plant litter was more intensive in mixed forest than in subalpine grassland. The pool of mineralisable carbon in plant litter increased with decreasing C:N ratio.

В горных экосистемах вследствие глобального потепления происходит поднятие линии леса [1], что приводит к изменениям в цикле углерода (С). Для количественной оценки различий в скорости микробного разложения растительного опада между луговым и лесным фитоценозами мы исследовали смешанный лес (1700–1850 м н.у.м.) и субальпийский луг (2000 м н.у.м.) на территории Большого Кавказского заповедника.

Почвы (0–5 см) и растительный опад были отобраны на участке субальпийского луга (три полевые повторности) и смешанного леса (шесть полевых повторностей, работы выполнены Козырь И.В., Оберемок И.А., Пургиной Д.В.). Отобранные пробы были высушены, гомогенизированы и проанализированы на содержание в них С и азота (N) (Elementar VarioCube). Скорость микробного разложения растительного опада была определена по интенсивности выделения CO_2 (ИК газоанализатор на базе AZ 77232) в течение 48-дневной инкубации при температуре 20 °С.

Содержание С в почвах смешанного леса и субальпийского луга составило 12 и 19 % соответственно. Содержание С в растительном опаде смешанного леса в среднем равно 40 %, субальпийского луга – 41 %.

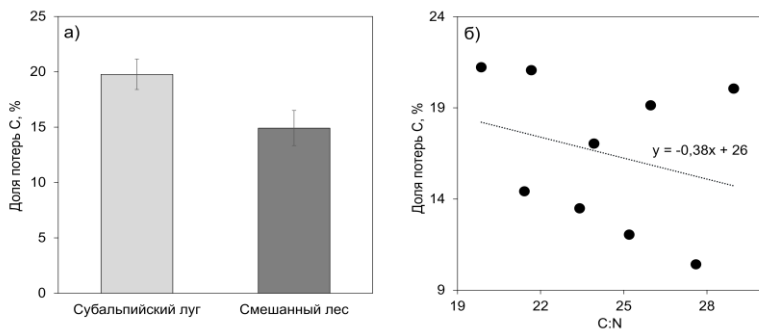


Рисунок. Доля микробно минерализуемого С растительного опада в условиях субальпийского луга и смешанного леса (а) и ее зависимость от C:N субстрата (б).

Скорость выделения С при микробной минерализации растительного опада снижается по мере продолжительности его инкубирования. Интенсивность разложения растительного опада субальпийского луга на 19–50 % выше по сравнению с опадом смешанного леса.

После 48 суток инкубации было разложено 15 % от исходного содержания С в растительном опаде смешанного леса, тогда как для условий альпийского луга доля микробно минерализованного С составила 20 % (рис. а). Величина микробной минерализации С растительного опада увеличивается по мере снижения отношения C:N (рис. б), что отражает зависимость интенсивности разложения от качества органического вещества. Это может служить важным фактором замедления оборачиваемости С в условиях горных экосистем при проникновении леса на ранее луговые участки, происходящим вследствие глобального потепления и изменений в землепользовании.

Литература

1. Sushko, S., Ivashchenko, K., Komarova, A., Yudina, A., Ma-khantseva, V., Elsukova, E., Blagodatsky, S., 2024. Shifting Mountain Tree Line Increases Soil Organic Carbon Stability Regardless of Land Use. *Plants* 13, 1193. <https://doi.org/10.3390/plants13091193>

Работа выполнена в рамках государственной программы федеральной территории «Сириус» «Научно-технологическое развитие федеральной территории «Сириус» (Соглашение № 18-03 от 10.09.2024).

Работа рекомендована к.г.-м.н. Е.А. Филимоненко.

УДК 631.42

ПАРАМЕТРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ОПУСТЫНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

А.Х. Хасанова

ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет
им. В.Н. Татищева», г. Астрахань, khasanova.amie@gmail.com

This research focuses on the identification and scientific justification of the ecological sensitivity parameters of lands for long-term desertification forecasting, using the Astrakhan region as a case study. The findings contribute to understanding desertification processes and inform land management strategies.

Опустынивание представляет собой одну из ключевых экологических проблем нашего времени, и установление параметров экологической чувствительности земель в условиях опустынивания играет важную роль в разработке эффективных стратегий по восстановлению деградированных экосистем.

Цель данного исследования заключается в определении и научном обосновании параметров экологической чувствительности земель с целью прогнозирования процессов опустынивания, на примере Астраханской области.

Для анализа факторов опустынивания и оценки состояния почв, использовался метод равномерной сетки с использованием GPS-сопровождения. По данным природного районирования Северного Прикаспия, почвенный полигон № 1 расположен в зоне Западного правобережья Прикаспия, охватывающей районы бэровских бугров и подступных ильменей. Почвенный полигон № 2 находится в Приволжской песчано-супесчаной полосе, характеризующейся массивами перевеянных песков [1].

Каждая зона определяется преобладанием определённого типа растительности. В формировании которых, участвуют сообщества, относящиеся к различным типам местообитаний.

Результаты исследования показали пространственную изменчивость таких почвенных характеристик, как гранулометрический состав, содержание гумуса, влажность, кислотность и плотный остаток.

Почвенный покров исследуемой территории отличается низким плодородием, содержание гумуса в слое 0–20 см составило 0.12–0.27 %. На полигонах преобладают супесчаные и песчаные почвы с тенденцией к снижению содержания глинистых частиц. Реакция почвенной среды варьируется от 7.83 до 9.15. Количество легкорастворимых солей на тестовых полигонах варьируются от 0.02 % до 0.12 %. Наиболее высокое значение ЛРС (0.16 %) приурочено к глубине 0–5 см, что соответствует незасоленной почве. Влажность почвы распределяется неравномерно, что связано с особенностями рельефа местности.

Полученные данные подтверждают необходимость более тщательного мониторинга и прогнозирования изменений в экосистемах, а также подчеркивают важность научного подхода к разработке стратегий по предотвращению опустынивания, направленных на устойчивое использование земельных ресурсов и восстановление экосистем в Астраханской области.

Литература

1. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004, 342 с.

Работа рекомендована д.б.н., доц. Л.В. Яковлевой.

УДК 631.46

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ МЫШЬЯКА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГОРНО-ЛУГОВОЙ ЧЕРНОЗЕМОВИДНОЙ ПОЧВЫ

Е.С. Храпай, А.А. Кузина, Н.Н. Савченко, О.А. Орехова

Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Иванковского Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, KaterinaP1996@mail.ru

Mining of ores leads to pollution of the environment with heavy metals. The aim of the work is to evaluate the effect of various concentrations of arsenic on the biological parameters of mountain meadow chernozem soil. A significant decrease in soil biological parameters was found when contaminated with arsenic at background concentrations of 10 and 25.

В результате добычи и обогащения руд происходит загрязнение тяжелыми металлами почв, донных отложений и окружающей среды в целом. Отходы хранящиеся в хвостохранилищах содержат в себе высокие концентрации тяжелых металлов в том, числе и мышьяка (до 1000 мг/кг). На территории Карачаево-Черкесской Республики находится крупнейший на Юге России горно-обогатительный комбинат.

Цель работы – оценить воздействие различных концентраций мышьяка на биологические показатели горно-луговой черноземовидной почвы.

На территориях, прилежащих к Урупскому горно-обогатительному комбинату (ГОК), залегает горно-луговая черноземовидная почва. Для моделирования загрязнения была отобрана почва верхнего слоя (0–10 см), на значительном расстоянии от хвостохранилища УГОК. Мышьяк в почву вносили в форме оксида (As_2O_3), в концентрациях: 1.5; 2; 5; 10; 25 фоновых концентраций (9.12 мг/кг). Фоновые концентрации мышьяка определяли с помощью рентгенофлуоресцентного метода. В течение 30 сут в сосудах с почвой поддерживали постоянную влажность 25 % и температуру 22 °С. По истечению указанного периода определяли активность каталазы, дегидрогеназ, обилие бактерий рода *Azotobacter*, общее количество бактерий, фитотоксические показатели почвы по показателям всхожести и длины корней проростков редиса.

В результате было установлено, что мышьяк в 1.5; 2 и 5 фоновых концентрациях достоверно не влиял на биологические показатели почвы. При загрязнении почвы мышьяком 10 и 25 фоновыми концентрациями (мг/кг) установлено ингибирование всех изучаемых биологических показателей.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-74-01071, <https://rscf.ru/project/23-74-01071/> в Южном федеральном университете.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. С.И. Колесниковым.

Секция II

*Базы данных
как информационная основа
почвенно-экологического
мониторинга*

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД В РАЗРАБОТКЕ ПЛАГИНА
«МОНИТОРИНГ ПОЧВ» ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
«ИЗЫСКАТЕЛЬ-ДВ»

К. А. Бархатов

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск

012723@togudv.ru

The software «Prospector – DV» is an ecosystem (shell) for user databases and combines a set of programs (plug-ins) for convenient data structuring.

The Soil Monitoring plugin is designed to combine information and systematize field research data, indicating on an interactive map the points of incision and soil sampling. It allows processing data combined in a database containing information on concentrations of a wide range of substances in urban soils, forming samples and visualizing the results.

Плагин «Мониторинг почв» сформирован в соответствии со следующими принципами:

1. Достоверности сведений и возможности их проверки.
2. Полноты сведений, что обеспечивается возможностью значительного расширения информационного поля.
3. Непрерывности ведения, предусматривающей пополнение и обновление сведений, вносимых в базу.
4. Доступности.
5. Каскадности, обеспечивающей последовательные выборки из ранее сделанных выборок.

Комплексный подход состоит в возможности включения всех необходимых модулей для обработки данных в одну экосистему. К модулям можно отнести: расчет суммарных индексов химического загрязнения почв тяжелыми металлами, построение графиков и диаграмм по распределению загрязняющих веществ в почвах, выявление превышений нормативных требований, вывод на карту конкретных точек или выборок с формированием информации о загрязнении почв в этих точках, печать отчета. Главная задача подхода – создать удобный интерфейс с необходимым набором инструментов для оперативной оценки экологического состояния почв в научных и инженерных изысканиях, экологическом мониторинге.

Практическая значимость создаваемого программного обеспечения заключается в формировании на основе баз данных среды для разработки проектной и рабочей документации в рамках инженерно-экологических изысканий.

На сегодняшний день экосистема «Изыскатель – ДВ» является уникальным продуктом, который не имеет функциональных аналогов. Выбранная для реализации платформа на базе Excel является доступной и удобной для кастомизации и дальнейшей разработки.

За время существования ПО (первая версия 1.0 вышла 20.03.2023 года) было проведено множество тестов, введен ряд изменений, существенно оптимизировавших взаимодействие между модулями внутри плагина и визуализацию данных.

На январь 2025 года в пользовательских базах данных (БД) плагина «Мониторинг почв» насчитывается по городам: 114 точек по Хабаровску, 70 – Комсомольску-на-Амуре, 31 – Благовещенску. БД постоянно пополняются материалами инженерных изысканий. В настоящее время плагины «Мониторинг почв» подготовлен к регистрации в реестре программ для ЭВМ и активно используется в нескольких компаниях г. Хабаровска и учебном процессе.

Работа рекомендована д.х.н., проф. Л.П. Майоровой.

УДК 58.051

ПРИОРИТЕТ АЭС ДЛЯ ПОЧВЫ В ПРОТИВОВЕС
ДРУГИМ ИСТОЧНИКАМ «ЗЕЛЁНОЙ» ЭНЕРГИИ

Ю.В. Березанина

Московский авиационный институт
solnceion213@gmail.com

Due to limited land resources it is necessary to use land plots rationally. This research paper presents arguments justifying the prioritisation of the use of land resources for the construction of NPPs over other sources of renewable energy.

Вопросы устойчивого развития и экологической безопасности становятся всё более актуальными из-за антропогенного воздействия. Поиск альтернативных источников энергии, таких как возобновляемые и атомная, становится необходимостью из-за истощения ресурсов и изменения климата. Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) поддерживаются государственными программами, но атомная энергетика часто недооценивается.

Разработка новых технологий ВИЭ может иметь экологические последствия, изменяя ландшафт и угрожая экосистемам. Установка солнечных панелей на угодьях снижает их продуктивность, а ветряные

турбины влияют на местную фауну. Оценка воздействия ВИЭ требует комплексного подхода [1].

Атомные электростанции имеют низкий уровень выбросов парниковых газов и высокую плотность генерации энергии. Новейшие технологии минимизируют риски радиоактивных отходов. Атомная энергетика может быть важна для сохранения почв и экосистем в сочетании с другими формами «зеленой» энергии.

Определение роли АЭС в обеспечении устойчивого развития важно для экологической политики и энергетической стратегии современных обществ [2]. Цель данной научной работы – выявление вклада АЭС в защиту почв от деградации. Было проанализировано влияние различных источников энергии на почвы и экосистемы; проведены сравнение их с атомной энергетикой, оценка технологии АЭС для снижения воздействия на экосистемы; изучена взаимосвязь между атомной энергией и устойчивым развитием сельского хозяйства, разработана стратегия информирования населения о преимуществах и рисках атомной энергетике и методах защиты почв. Информирование позволит уменьшить страх и неопределенность вокруг АЭС и сформировать осознанный подход к вопросам энергетике и экологии.

Таким образом, АЭС имеют срок эксплуатации от 30 до 100 лет, ветряные электростанции – 20–25 лет, а солнечные – 20–30 лет. Для выработки 32.6 млрд Квт·ч энергии солнечные панели требуют 32.6 млн га земли, тогда как АЭС занимает около 288 га.

Литература

1. Грачев В.А. // Экология человека URL:
<https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-globalnyh-ekologicheskikh-problem-zdorovya-naseleniya-i-razvitiya-atomnoy-energetiki>

2. Горбачева Н.В. // Инновации URL:
<https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-innovatsionnoy-deyatelnostitraditsionnoy-i-vozobnovlyaemoy-energetiki-sravnitelnyy-analiz>

Работа рекомендована старшим преподавателем кафедры 614 А.А. Гусилетовым.

ПАТЕНТНЫЙ ПОИСК В ОБЛАСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МАГНЕТИЗМАС.М. Горохова^{1,2}, В.Ю. Горохов^{3,4}¹ПГАТУ, ²ПГНИУ, ³ИТХ УрО РАН, ⁴СПбГУ, Пермь, Санкт-Петербург
gorohova.s@hotmail.com

We analyzed patents for environmental magnetism. Patents are divided into 6 groups by application. By searching for thematically similar patents, it is possible to identify trends in the development of science and exclude the re-discovery of previously known technical solutions.

Активное развитие мировой науки и технологий ведёт к увеличению накопленных объёмов знаний, представленных, в том числе, в виде патентной информации [1]. В России цифровизация сферы интеллектуальной собственности является приоритетной задачей инновационной экономики в долгосрочном плане [2]. Большие данные (big data) играют важную роль в принятии решений, поскольку позволяют эффективно обрабатывать огромные объёмы неструктурированной информации и обнаруживать в них закономерности.

В настоящей работе проведён ретроспективный анализ патентной информации по научному направлению экологический магнетизм. Патенты на изобретения и полезные модели, зарегистрированные с 1994 г. по настоящее время в российской базе данных ФИПС [3], были объединены в шесть групп по прикладному применению: 1) способы поиска и мониторинга, 2) способы очистки, 3) технологии получения сорбентов, 4) производство удобрений, 5) агротехника, 6) многофункциональные (рис.).

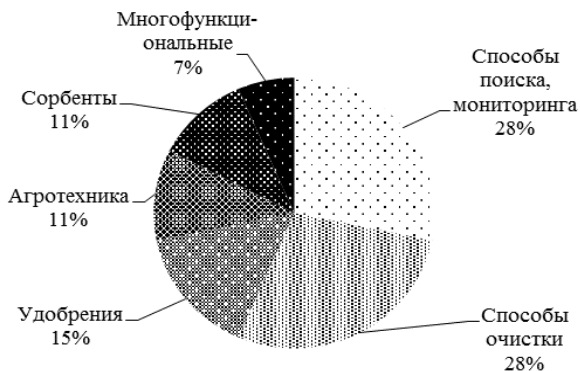


Рисунок. Прикладное применение патентов по экологическому магнетизму.

География патентообладателей представлена следующими странами: Россия, Великобритания, Нидерланды, Украина и США. Всего проанализировано 46 патентов.

Таким образом, благодаря поиску тематически похожих патентов можно выявить тенденций развития науки и исключить повторное открытие ранее известных технических решений.

Литература

1. Соченков И.В. и др. Эксплоративный патентный поиск // Информатика и ее применения. 2018. Т. 12. № 1. С. 89–94. DOI: 10.14357/19922264180111.

2. Ивлиев Г.П. Цифровой Роспатент: новые возможности для бизнеса // Экономические стратегии. 2019. № 5. С. 16–27. DOI: 10.33917/es-5.163.2019.16-27.

3. Федеральный институт промышленной собственности [Электронный источник] <https://fips.ru/> (дата обращения 29.01.2025).

УДК 556.5.04

КОМПЛЕКСНЫЙ МОНИТОРИНГ БОЛОТ НА ПРИМЕРЕ БОЛОТНОЙ СТАНЦИИ ЛАММИН-СУО

А.Д. Журавлева, Т.В. Скороспехова

Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург
a.d.zhuravleva@gmail.com

The article presents the results of the long-term dynamics analysis of peat soils thermal regime at the Lammin-Suo mire.

Болото Ламмин-Суо (60.240762 с.ш., 29.820545 в.д.) расположено вблизи Финского залива, в 8 км от г. Зеленогорск. Болото представляет собой небольшое по площади (2 км²) типичное олиготрофное болото Карельского перешейка. С 1950 года на болоте Ламмин-Суо ведутся комплексные гидрометеорологические наблюдения, в результате которых накоплен уникальный материал по гидрометеорологическому режиму и составляющим водного баланса [1, 2]. Наблюдения за температурой торфяной залежи, начатые в 1964 году и продолжающиеся до настоящего времени, охватывают стационарный период и последовавший за ним период потепления климата. В связи с чем, характер изменения среднегодовых температур торфяной залежи за вторую половину XX столетия представляет особый интерес.

Торфяная залежь массива на 95 % сложена верховыми торфами. Наиболее распространенными из них являются фускум, пушицево-сфагновый, пушицевый и комплексный вид торфа. Сосново-пушицевый, пушицево-сфагновый и пушицевый верховые виды торфа часто залегают непосредственно на минеральном дне болота. Низинные (березовый, древесно-осоковый, осоково-сфагновый, шейхцериевый и хвощевой) торфа, составляющие около 5 % от общих запасов торфа, встречаются только на окрайке болота в придонных слоях. На долю переходных (березово-сосновый) торфов приходится менее 1 % запасов.

Годовой ход температуры торфяной залежи, как и суточный, повторяет ход радиационного баланса. Время наступления максимумов и минимумов с глубиной сдвигается на более поздние сроки. Годовой ход температуры с глубиной сглаживается. Годовая амплитуда температуры на поверхности болота достигает 30 °С. Однако с глубиной она быстро уменьшается и на глубине 20 см составляет 14.1 °С, на глубине 160 см – 4.5 °С, а на глубине 320 см – всего 1.2 °С. Таким образом, в слое торфяной залежи 20–160 см годовая амплитуда колебаний температуры уменьшается в 3 раза, в слое 20–320 см – в 12 раз. При этом время наступления экстремальных величин температуры в годовом ходе запаздывает на месяц на глубине 40 см, на 2–3 месяца на глубине 160 см и на 4–5 месяцев на глубине 320 см.

Анализ средних годовых температур торфяной залежи за 1964–2020 гг. показывает, что на всех глубинах при заметных колебаниях годовых величин прослеживается общая тенденция повышения температуры (рис.). При этом интенсивность повышения температуры с глубиной снижается. Так, если на глубине 20 см среднегодовая температура повысилась на 1.0 °С, то на глубине 320 см – только на 0.2 °С.

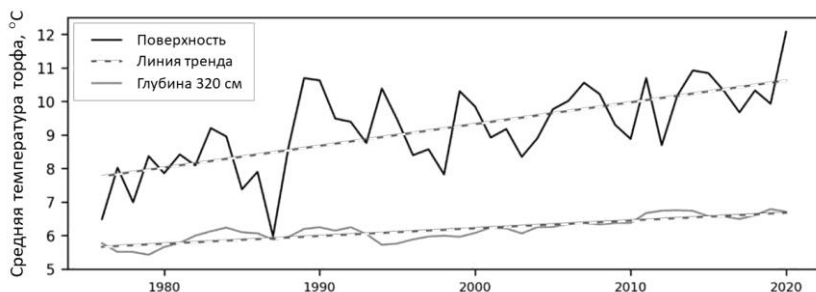


Рисунок. Среднегодовая температура торфяной залежи на болоте Ламмин-Суо с 1975 по 2021 г.

Литература

1. Батуев В.И., Новиков С.М. Гидрометеорологический режим и водный баланс верховых болот Северо-Запада России. СПб.: Свое Издательство, 2019. 448 с.

2. Zhuravleva A.D., Terekhov A.V., Skorospekhova T.V., Batuev V.I., Kurochkina L.S., Chepikova S.S., Yahlakov B.V. Long-term hydrometeorological observations (1952–2020) at the Lammin-Suo Peatland Station, north-west Russia // Mires and Peat. 2024. Sep. 2, 31 pp. DOI: 10.19189/МаР.2023.

Работа рекомендована к.г.н. М.Л. Марковым.

УДК 631.4

МОНИТОРИНГ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ «ЗЕЛЁНЫХ» КРОВЕЛЬ И СОЗДАНИЕ ЕДИНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ В РОССИИ

М.А. Кoryтина

МГУ имени М.В. Ломоносова, miss.korytina@yandex.ru

The work is devoted to monitoring the functioning of «green» roofs in different regions of Russia and creating a unified database. As part of the study, model field experiments of green roofs with specified parameters of the plant community and substrate composition were created, data on the daily and seasonal dynamics of temperature and humidity of substrates were collected and analyzed. The monitoring results will be used to build a model of thermal and water regimes of green roofs.

Чтобы обеспечить устойчивое развитие и внедрить «зелёные» крыши в российских городах, нужны научные доказательства их эффективности в борьбе с изменением климата.

Зелёные крыши представляют собой экосистему, которая включает в себя различные виды растений, а также специализированный субстрат и дренажно-накопительные элементы, необходимые для поддержания жизни растений.

Пилотная опытная площадка была создана в 2022 г. на севере Москвы на базе офиса Sayan Group (табл.).

За двухлетний период был проведен мониторинг влажности и температуры 2-х типов субстратов для 4-х типов кровель, также оценивалось количество осадков и выходящий сток.

Мониторинг показал, что при осадках в размере 17.82 мм (непрерывный дождь за период 06.10.24 19:00 – 07.10.24) конструкция зеленой кровли может удержать 60–64 % осадков в зависимости от типа субстрата.

Таблица. Параметры макетов зеленых кровель.

Параметры	OL1 Экстенсив.	OL2 «Зональная»	OL3 Полуинтенсив.	OL4 Экстенсив.
Высота засыпки субстрата, см	8	15	15	8
Вид субстрата	№ 1	№ 2	№ 2	№ 2
Вид растительности	Очиток, spp	Местная растительность	Очиток, spp	Очиток, spp
Вид мембраны	GRPro Drain 25	FKD 40	FKD 40	GRPro Drain 25

Также за период 2023 было отмечено, что наибольший безморозный период был в конструкции OL3 (205 дней), в то время как в конструкции OL1 и по данным метеостанции ВДНХ он составлял 156 дней.

По данным, полученным с опытной площадки в Москве, можно подтвердить положительные эффекты применения «зелёных» крыш для снижения рисков потепления климата.

В 2024 г. рамках проекта РНФ 24-17-00134 началось создание еще трех опытных площадок – в Екатеринбурге, Ростове-на-Дону, Москве (РУДН) для изучения влияния климата на функционирование «зеленых» кровель.

Так, результаты мониторинга позволят накапливать и систематизировать данные о функционировании «зелёных» кровель, что будет способствовать развитию этой технологии в России. А единая база данных станет источником информации для специалистов в области градостроительства, архитектуры, экологии и управления городским хозяйством. Это позволит принимать более обоснованные решения при проектировании и строительстве «зелёных» крыш.

Работа рекомендована д.б.н. В.М. Гончаровым.

УДК 631.4

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕДОЛИТОГЕННОГО ПОЛЯ ЛИСИНСКОГО УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

М.А. Лазарева

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

On the territory of the Lisinsky educational and experimental forestry soils on binomial loamy moraine and on limnoglacial clays deposits predominate. Contrast coefficients (CC) were calculated based on infiltration of water and mechanical composition of soils. The CC varies in the range of 0.5–100. Umbric Albic Luvisols и Histic Gleysols on limnoglacial clays deposits have the high CC (25–100). Albic Luvisols (loamic), Albic Luvisols (sandy) and Umbric Albic Podzols on binomial loamy moraine deposits have the low (2–2.5) – medium (10) CC.

По данным базы данных (БД) почв Лисинского учебно-опытного лесхоза (ЛУОЛ) и современной цифровой почвенной карты (ЦПК) масштаба 1:50 000, созданной на базе ЦМП им. В.В. Докучаева в соответствии с госзаданием (Рег. № НИОКТР 119011590146-6), на территории ЛУОЛ преобладают почвы на двучленных моренных суглинистых отложениях и на озерно-ледниковых (ленточных) глинах. Моренные суглинистые отложения имеют мощность 2–3 м и более. В некоторых местах встречаются моренные песчаные отложения мощностью 1.0–1.5 м. Значительную площадь занимают торфяники [4]. Характеристика почвенного покрова ЛУОЛ приведена в статье [1].

Целью исследования являлось: 1) определение особенностей профильной дифференциации почв по гранулометрическому составу и ее связь с водопроницаемостью; 2) определение коэффициентов контрастности для почв на различных почвообразующих породах.

Исследование проведено с использованием материалов фактических исследований, внесенных в БД ЛУОЛ (309 почвенных разрезов) и данных литературных источников по водопроницаемости [2, 3, 5].

Проведена привязка почвенных разрезов БД ЛУОЛ, охарактеризованных по факторным, морфолого-генетическим и аналитическим показателям их свойств, к почвенной карте ЛУОЛ.

По водопроницаемости и гранулометрическому составу рассчитаны коэффициенты контрастности (КК) для почв на различных почвообразующих породах.

КК меняется в диапазоне 0.5–100. При появлении рыхлого органического слоя на поверхности почвы и утяжелении гранулометрического состава увеличивается КК.

Дерново-элювиально-метаморфические почвы и торфяно-глееземы окисленно-глеевые на озерно-ледниковых (ленточных) глинах имеют высокий КК (25–100). Это связано с наличием подстилки в структуре почвенного профиля, имеющей высокую водопроницаемость (коэффициент фильтрации (КФ) в О горизонте = 200 см/сут.). А также с глинистым гранулометрическим составом контактного слоя, залегающего с поверхности минеральной толщи, находящейся на глубине 1–50 см. Контактный слой имеет низкую водопроницаемость (КФ в горизонтах АУ, АЕL, ЕL, ВMg, ВС, С, Gh₁, Gox₁, Gox₂, G = 9–2 см/сут.).

Подзолистые почвы, подзолистые почвы с микропрофилем подзола и дерново-подзолы глееватые на двучленных моренных отложениях имеют низкий (2–2.5) – средний (10) КК, возрастающий по мере утяжеления гранулометрического состава на глубине 40–70 см. Водопроницаемость в данных почвах меняется от очень высокой (КФ в О горизонте = 200 см/сут.) до средней (КФ в ВТ, С, D горизонтах = 38–22 см/сут.).

На всей территории почвы имеют градиент водопроницаемости, который является фактором водного режима. В почвах на озерно-ледниковых (ленточных) глинах наиболее часто формируется верховодка.

Литература

1. Lazareva M.A. Soil Cover of the Mgingko-Tosnenskaya Plain, Northwest of European Russia (by the Example of the Lisino Forestry) // Eurasian Soil Science. 2023. Vol. 56, Suppl. 2. pp. S235–249 (DOI: 10.1134/S1064229323601543).

2. Апарин Б.Ф., Рубилин Е.В. Особенности почвообразования на двучленных породах северо-запада Русской равнины. – Л.: Наука. 195 с.

3. Матинян Н.Н. Почвообразование на ленточных глинах озерно-ледниковых равнин Северо-Запада России. – СПб.: Изд-во С.Петербург. ун-та, 2003. 200 с.

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

5. Шеин Е.В. Курс физики почв: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 2005. 432 с.

УДК 004.652

ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА ХРАНЕНИЯ ДДЗ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

И.И. Лебедев

Московский авиационный институт, lebedev.ivan.ig@yandex.ru

The article examines optimal data storage methods for remote sensing to train AI models. It highlights relational systems' limitations and MongoDB's advantages in handling large RS datasets, emphasizing storage choice's importance for AI applications.

Исследование посвящено анализу и выбору оптимальной архитектуры базы данных для хранения космических снимков (например, данных Sentinel-2) с целью дальнейшего анализа и прогнозирования NDVI и выделения продуктивных зон почвы. Ключевая задача – оптимизация хранения и обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ), которые будут использованы в моделях искусственного интеллекта. Объем и сложность ДДЗ требуют выбора эффективных систем хранения, способных справляться с большими массивами информации.

В работе сравнивались реляционные базы данных (PostgreSQL, MySQL) и NoSQL системы (MongoDB, Cassandra, Couchbase). Реляционные системы обеспечивают надежность и строгую схему данных, но сталкиваются с ограничениями при обработке больших объемов, особенно в скорости чтения и записи. MongoDB показала лучшие результаты благодаря гибкости, горизонтальному масштабированию и высокой производительности, особенно при работе с неструктурированными данными. Колоночные базы данных (Cassandra, Google Bigtable) оказались эффективными в быстром анализе данных, но их ограниченная гибкость и сложная интеграция делают их менее подходящими для динамичных требований ДДЗ.

Результаты демонстрируют неэффективность реляционных баз для мультимодальных ДДЗ, преимущества MongoDB, которые выражаются в гибкости и масштабируемости, а также ограничения колоночных баз данных в динамичных сценариях обработки данных.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-74-01050.

Работа рекомендована к.б.н., доц. кафедры 614 МАИ С.С. Огородниковым.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ
СНЕГООТВАЛОВ НА ПРИМЕРЕ г. НОВОСИБИРСК

К.Н. Майбах, О.В. Белянская

Новосибирский государственный аграрный университет,
maibahkristina@yandex.ru, belyanskaya.olga.02@mail.ru

The work evaluates the condition of the soil cover in conditions of snow dumps. The research results have shown that the storage of snow masses in the city significantly affects the properties of the soil.

Снегоотвалы создают для складирования снежных масс за пределами урбанизированной территории. Это выполняется с целью создания комфортных условий для жителей в черте городского ландшафта. Снег, утилизированный с территории проезжей части, обычно содержит в своем составе различные твердые остатки, вредные химические вещества. С таянием весь механический мусор остается на поверхности территории снегоотвала, а загрязняющие вещества вместе с талой водой проникают внутрь почвенного профиля.

Целью работы является оценка состояния городских почв на территории складирования снежных масс.

В ходе исследования были отобраны почвенные образцы со снегоотвала и прилегающей к нему территории. Зональная почва – чернозем выщелоченный с образовавшимся техногенным наносом элювия мощностью в среднем 18,5 см. В лабораторных условиях были проведены анализы для определения содержания органического вещества по методу В.И. Тюрина и реакции почвенного раствора потенциометрическим методом (ГОСТ 27753.3-88).

Содержание гумуса рассматривается как показатель экологической устойчивости территории. Мониторинг гумусного состояния является приоритетной задачей в деле охраны и восстановления плодородия почв. Результаты исследований показали, что в условиях снегоотвалов происходит заметное снижение содержания гумуса (табл.). Его потери в верхнем горизонте составляют более 60 % в аккумулятивной зоне и более 50 % в элювиальной зоне. С глубиной содержание гумуса несколько стабилизируется.

Аналитические данные свидетельствуют о том, что в почве фоновой зоны снегоотвала реакция среды почвенного раствора близка к нейтральной. В элювиальной и аккумулятивной зонах показатель pH сдвигается в сторону подщелачивания до 8 и 8,6, соответственно. Эф-

фект подщелачивания почвенного покрова вызван поступлением в почву с поверхностным стоком солей, которые используют для посыпания дорог и тротуаров в зимнее время года. Результаты исследований важно учитывать при проведении мониторинга почвы в условиях городских ландшафтов.

Таблица. Содержание гумуса, %.

Зона	Глубина	Содержание гумуса, %
Фон	0–30	3.50
	30–70	1.51
	>70	0.66
Аккумулятивная	0–30	1.19
	30–70	0.92
	>70	0.65
Элювиальная	0–30	1.53
	30–70	0.80
	>70	0.75

Работа рекомендована к.б.н., доц. С.Л. Добрянской, к.б.н. И.П. Белановым.

УДК 631.452

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ НА ОСНОВЕ СПЕКТРООТРАЖАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

С.С. Огородников

Московский авиационный институт, sir.ogorod@yandex.ru

The paper demonstrates the potential of using a neural network approach to predict soil fertility indices based on their spectral reflective properties.

Технологии искусственного интеллекта все активнее внедряются в различные отрасли производства и научные направления. Сложность их интеграции в почвоведении связана с тем, что почвенные анализы дорогие и трудоемкие, поэтому сбор представительной базы данных большого объема представляет сложности.

Анализ зарубежных публикаций показывает, что в последние 5 лет началась активная интеграция методов искусственного интеллекта и машинного обучения в сельскохозяйственные и почвенно-экологические исследования.

Это объясняется тем, что данные методы позволяют эффективно обрабатывать большое количество входных данных и решать нелинейные задачи. Создаются модели оценки качества почв, для обработки многомерных данных из агропромышленных систем. Чаще всего применяются методы обучения с учителем: регрессия опорных векторов, нейронные сети и «случайный лес».

Объект исследования – почвы на землях сельскохозяйственного назначения Приморского края. В рамках агрохимических обследований на территории было отобрано 4500 проб почв, одна смешанная проба из 10-и точек с 10 га.

С портала Copernicus были скачены безоблачные снимки Landsat данной территории с распаханной почвой (апрель-май) и за вегетационный период (июнь-июль). Для каждой точки отбора были определены значения каналов спектроотражательной способности почвы и растений, рассчитан вегетационный индекс NDVI. Данные по пикселям, соответствующим участкам в которых проводился отбор, проб были усреднены. Таким образом сформирована база данных содержащая 4500 строк и порядка 30 столбцов.

Имеющаяся база данных была разделена на две выборки: обучающую и тестируемую. Разработанная рекуррентная нейронная сеть обучалась на выборке 3500 образцов, а затем осуществляла прогноз различных показателей плодородия для выборки в 1000 значений. Точность предсказаний содержания гумуса – 71 %, гидролитическая кислотность 72 %, рН – 86 %. При запуске программы возможны некоторые различия в полученных значений, так как при каждом запуске программа выбирает новые случайные пробы из общей выборки и обучается заново.

Полученные результаты позволяют снизить расходы на проведение агрохимических обследований и устанавливать диапазоны значений показателей плодородия по данным дистанционного зондирования.

По результатам исследования оформлен патент на базу данных и три программы для ЭВМ. Один из патентов коммерциализирован – правообладателем является ООО «МГУЛАБ».

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-74-01050.

Работа рекомендована д.б.н., проф. А.С. Яковлевым.

ВЫДЕЛЕНИЕ ЗОН ПРОДУКТИВНОСТИ ПОЛЕЙ
ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

С.В. Огородникова

Московский авиационный институт, ogorodnikovasv@mai.ru

The paper proposes a novel method for identifying productive areas in a field, based on big data about soil spectral reflectance and using cluster analysis techniques. A comparative analysis of cartograms created using different clustering techniques was conducted.

В современном мире сельское хозяйство сталкивается с необходимостью повышения эффективности и устойчивости. Одним из перспективных направлений является точное земледелие, которое позволяет оптимизировать использование природных ресурсов и повысить урожайность.

Для успешного внедрения точного земледелия необходимо провести детальный анализ почвенных характеристик исследуемой территории. В этом контексте особую актуальность приобретает задача выделения зон продуктивности полей. Это позволит определить участки поля, которые обладают наибольшим потенциалом для получения высоких урожаев, и оптимизировать систему внесения удобрений.

Продуктивность сельскохозяйственных культур традиционно оценивается через различные вегетационные индексы, такие как NDVI, SAVI т.д.

Объект исследования – поля сельскохозяйственного назначения, расположенные вблизи с. Коптево Рассказовского муниципального округа Тамбовской области.

В работе были решены следующие задачи:

1. Из геоинформационной платформы Коперникус были скачаны безоблачные космические снимки Landsat для исследуемой территории за период 2020–2024 гг, сделанные в летнее время.

2. Создана база данных спектроотражательных характеристик почв по 9-и каналам съемки. Для поля площадью 200 га количество пикселей, содержащих информацию, составляет 20 тысяч. При наличии 15-и снимков за 5 лет с данными по 9 каналам съемки общий объем данных – 2.7 миллиона единиц. Все данные были нормированы.

3. Для выделения зон продуктивности, имеющиеся данные разбились на кластеры с использованием различных расстояний между объектами (Distance measure) и меры связи кластеров (Amalgamation

(linkage) rule), среди которых: расстояние Чебышева, евклидово расстояние, метод Варда, центроидный метод, попарное среднее, методы ближайших и наиболее удаленных соседей.

4. После выполненной кластеризации с помощью ГИС QGIS ver. 3.10.14 построены картограммы зон продуктивности, рассчитаны степени корреляции.

5. В рамках полевых обследований летом 2024 года проведена апробация метода, установлена статистически достоверная взаимосвязь между показателя плодородия почв и выделенными зонами продуктивности полей.

Результаты данного исследования могут быть использованы для разработки стратегии точного земледелия, которая будет учитывать спектроотражательную способность растительности и особенности почвенного покрова исследуемой территории и способствовать повышению урожайности.

Работа рекомендована д.б.н., проф. П.Н. Балабко.

УДК 631.42

СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ПРИМЕРЕ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Н.М. Почёмин

Государственный университет по землеустройству, г. Москва
pochyomin@list.ru

The article examines the soil structure and environmental monitoring database, focusing on GIS digitization of Soviet soil maps and using soil sample data to enhance agricultural production and environmental monitoring. Methods of vectorization, geographic reference, and soil map analysis are described.

При создании современных баз данных (БД) почвенно-экологического мониторинга следует учесть направленность и методы почвенных изысканий таким образом, чтобы сохранялась возможность сравнения современных данных с ретроспективными – это возможно при позиционировании последних с использованием геоинформационных систем (ГИС).

Для использования почвенных карт и информации о пробах почвы при ГИС-оцифровке следует проводить три шага проектирования БД.

Провести географическую привязку. Изображение почвенной карты ГИПРОЗЕМ накладывают на космический снимок таким образом, чтобы элементы почвенной карты совпадали с элементами ландшафта на спутниковом снимке.

Составить списки-классификаторы. Работа с атрибутивной информацией включает подробное изучение отчётов почвенных исследований, условных обозначений и легенды почвенной карты. В ходе анализа изучаются почвенный покров хозяйства, особенности рельефа, данные сводных таблиц гранулометрического состава, химических, физических и морфологических свойств почв.

Векторизировать почвенную карту. Выделить пространственные данные путём создания векторного слоя из полигонов (почвенные контуры на земельные участки хозяйств) и точек (почвенные разрезы, почвенные пробы) на слоях растровых изображений почвенной карты и спутниковых снимков.

Конечный продукт ГИС-оцифровки советских почвенных карт с информацией о пробах почвы – цифровая почвенная карта с атрибутивными данными. Такой формат представления позволяет учитывать множество факторов, таких как типы почв, их свойства (например, структура, кислотность, гранулометрический состав), а также географическую информацию (положение в рельефе, геохимические процессы и т. д.).

Обновляемые данные о состоянии почвы позволяют эффективно планировать мероприятия по повышению плодородия и эффективности земледелия. ГИС помогают разрабатывать аграрную политику, прогнозировать валовой сбор, контролировать использование земель и их плодородие. На уровне хозяйств они используются для проектирования адаптивно-ландшафтных систем и точного земледелия.

Нами проведены работы по созданию БД на основании сделанных описаний на хозяйства Алтайского края: АО «УЧХОЗ «ПРИГОРОДНОЕ», КФХ «Партнер», ООО «Верный путь». В масштабе 1:250 000 оцифрованы карты Угловского и Михайловского административных районов. Современное точное земледелие опирается на разработку карт-заданий для механизаторов техники с дифференцированием внутрисекционных контуров внесения удобрений, СЗР и др.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. Г.Г. Морковкиным.

Agrochemical and radiation monitoring of the agricultural soils of the Republic of Belarus makes it possible to assess the status of soil fertility, to develop measures to preservation and increase fertility.

В условиях интенсивного использования земель происходит существенное изменение агрохимических свойств почв. Для оценки состояния плодородия почв, разработки мероприятий по поддержанию и повышению их плодородия проводится крупномасштабное агрохимическое и радиационное обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. Обследование проводится на всех сельскохозяйственных землях: пашне, многолетних насаждениях, улучшенных сенокосах и пастбищах, а также на приусадебных участках, находящихся в полях севооборотов хозяйств. Определяются следующие показатели: обменная кислотность, содержание гумуса, подвижные фосфор и калий, обменные кальций и магний, подвижная сера, содержание подвижных форм микроэлементов – цинка, бора и меди и содержание радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Полученные данные по каждой области накапливаются, обрабатываются и хранятся в электронных базах областных проектно-изыскательских станций химизации сельского хозяйства. В Институте почвоведения и агрохимии сформирована республиканская электронная база данных агрохимических свойств почв сельскохозяйственных земель Беларуси. Материалы агрохимического и радиационного обследования используются для решения следующих задач:

1. ведение агрохимического и радиационного мониторинга почв;
2. оценка состояния плодородия почв;
3. оценка почв по их пригодности для производства различных видов продукции;
4. разработка мероприятий по сохранению и поддержанию плодородия почв сельскохозяйственных земель;
5. расчет потребности в минеральных удобрениях, разработка планов применения удобрений и проектно-сметной документации по известкованию кислых почв;

6. оценка эффективности применения средств химизации и ведения сельскохозяйственного производства;
7. прогноз уровней накопления радионуклидов в продукции;
8. разработка защитных мероприятий, обеспечивающих получение нормативно чистой продукции по содержанию радионуклидов и минимизации поступления радионуклидов в продукцию;
9. оценка возможности ввода земель отчуждения в хозяйственное пользование и (или) вывода радиационно опасных земель из пользования.

Работа рекомендована зав. лаб. мониторинга плодородия почв и экологии РУП «Институт почвоведения и агрохимии», д.с.-х.н. Ю.В. Путятиним.

УДК 631.40

АНАЛИЗ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

К.П. Шехтер

МГУ имени М.В. Ломоносова, k.shehter@mail.ru

The research demonstrates the influence of agroclimatic parameters and factors determining soil fertility on the cadastral value of various types of Chernozems in the European part of Russia. The median cadastral value for podzolized Chernozems is 20.6 rub/m², for leached Chernozems – 19.1 rub/m², for typical Chernozems – 18.3 rub/m², for ordinary Chernozems it is 10.2 rub/m² and for southern chernozems median is 9.5 rub/m².

Европейская территория России отличается высокой долей земель сельскохозяйственного назначения. Для эффективного землепользования в первую очередь необходима актуальная информация по кадастровой оценке земель. Определение кадастровой стоимости почв на основе их свойств и расчете нормативной урожайности делает возможным создание базы наиболее объективной информации о стоимости конкретных типов почв агроландшафтов.

Объектами исследования являются черноземы агроландшафтов Южного федерального округа (Волгоградская, Ростовская области, Ставропольский край, Краснодарский край, Республика Адыгея, Республика Калмыкия) и Центрального федерального округа (Белгородская, Воронежская, Курская, Орловская, Тамбовская области).

При расчете удельных показателей кадастровой стоимости учитывается агроклиматический потенциал подзоны, зависящий от климатических условий, в первую очередь от коэффициента увлажнения и суммы активных температур. Кроме того, учитываются рыночные цены на сельскохозяйственную продукцию и возможные затраты.

Для исследуемых территорий европейской части России установлена связь между почвенно-географическими свойствами различных типов черноземов и величиной кадастровой стоимости агроландшафтов. Медианное значение удельных показателей кадастровой стоимости для черноземов оподзоленных составило 20.6 руб./м², медиана выщелоченных черноземов равна 19.1 руб./м², черноземов типичных – 18.3 руб./м², обыкновенных черноземов – 10.2 руб./м². Наиболее низкое медианное значение соответствует южным черноземам – 9.5 руб./м².

Увеличение агроклиматического потенциала для почв без негативных признаков приводит к увеличению кадастровой стоимости агроландшафтов. При этом установлены закономерности к снижению кадастровой стоимости при воздействии негативных факторов. Отмечено, что при осолонцевании снижение кадастровой стоимости превышает 98 %. Кадастровая стоимость слабо смытых почв уменьшается на 58 %, а сильно смытых более 90 %. В результате воздействия негативных факторов сокращается нормативная урожайность сельскохозяйственных культур на агроландшафтах, почвы становятся непригодными для выращивания высокодоходных сельскохозяйственных культур.

Работа рекомендована д.с.-х.н., в.н.с. П.М. Сапожниковым.

Секция III

*Радионуклиды и тяжелые
металлы в экосистемах*

СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ И ЦИНКА В ПОЧВАХ ОКРЕСТНОСТЕЙ
КАА-ХЕМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УГЛЯ

Ч.М. Бадыжык

Тувинский государственный университет, Кызыл, choygana_b@mail.ru

In soils around the Kaa-Khem coal deposit, within a 5000-meter radius, no exceedances have been observed concerning the standards for total content and concentrations of mobile forms of copper and zinc.

Угольная промышленность является неразрывной отраслью топливно-энергетического комплекса, определяющего энергетическую самообеспеченность страны. Как и во всех промышленных регионах, формирование углепромышленной зоны в Республике Тыва оказывает значительное влияние на окружающую среду.

Самым уязвимым компонентом экосистемы в данном случае является почва. Одним из объектов загрязнения почвенного покрова в результате деятельности угледобывающих предприятий может быть накопление им тяжелых металлов. Медь и цинк в избыточных концентрациях относятся к одним из наиболее токсичных загрязнителей. По данным ГОСТ 14.4.1.02-08 меди присвоен второй класс опасности, а цинку – первый (Госстандарт, 1983).

В связи с этим, важным направлением экологических исследований является изучение влияния объектов угольной промышленности на процессы физической и химической деградации почвенного покрова и сопредельных компонентов экосистем горнорудных территорий.

На территории Улуг-Хемского угольного бассейна в Республике Тыва разработка угля ведется более 100 лет. В северо-восточной части бассейна расположено Каа-Хемское месторождение.

С целью определения уровня концентрации меди и цинка в зоне влияния Каа-Хемского угольного разреза нами были заложены пробные площадки (ПП) в северном, восточном, южном и западном направлениях от источника загрязнения: в непосредственной близости, на расстоянии 100, 500, 1000 и 5000 м от контура карьера. На каждой ПП были отобраны пробы почвы из слоя 0–15 см и проведен анализ методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

В ходе исследования было установлено, что валовое содержание меди в почвах колеблется в пределах от 4.9 до 13 мг/кг, цинка – от 14 до 33 мг/кг при минимальных значениях ориентировочно допустимых концентраций указанных элементов соответственно 33 и 55 мг/кг в со-

ответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Концентрации подвижных форм элементов аналогично не превышают установленные нормативные значения: концентрация меди колеблется от 0.74 до 2.5 мг/кг (ПДК=3 мг/кг), цинка – от <0.02 до 5.4 мг/кг (ПДК=23 мг/кг).

Таким образом, в почвах окрестностей Каа-Хемского месторождения угля не отмечено превышения нормативов по содержанию меди и цинка. Для более детального изучения особенностей содержания тяжелых металлов в почвах в зоне влияния предприятий угледобывающей промышленности необходимо расширить территорию обследования и спектр исследуемых элементов.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Я.Т. Суюндуковым.

УДК 631.427

СОРБЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ ПОРОШКОМ МИЦЕЛИЯ АЛЬТЕРНАРИИ

В.Д. Волкова, В.К. Калеро

МГУ имени М.В. Ломоносова

Российский университет дружбы народов, Москва

v_v_d_2000@mail.ru

Experiments on the sorption capacity of the mycelium of the fungus *Alternaria alternata* were carried out in sod-podzolic soil with the addition of heavy metals: lead, copper and zinc. Chemical analysis showed a high remediation potential of dry mycelium.

В условиях стремительного развития промышленного производства и сельского хозяйства неуклонно возрастает нагрузка на естественные экосистемы, особенно на почвенный покров. В связи с этим важным направлением научных исследований является разработка и апробация эффективных и экологически безопасных методов очистки природных сред от тяжелых металлов (ТМ).

Биоремедиация – один из наиболее перспективных способов восстановления качества почвы. Он предполагает использование микроорганизмов для очистки от токсикантов. Особое место в этом процессе занимает использование мицелиальных грибов, обладающих высоким потенциалом биосорбции металлов благодаря своим уникальным биохимическим и физиологическим особенностям.

Лабораторные эксперименты по изучению сорбционной способности мицелия гриба *Alternaria alternata* проводили в образцах верхнего слоя (0–20 см). дерново-подзолистой почвы, загрязненной солями тяжелых металлов – свинца, меди и цинка. В варианты почв, которые содержали 2, 4 и 6 ОДК катионов ТМ, равномерно вносили мицелий микромицета в форме водной суспензии из расчета 425 мг на 100 г почвы. Биодоступные формы ТМ определяли в амонийно-ацетатной вытяжке методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

Химический анализ содержания катионов свинца, меди и цинка после экспозиции в почве сухого мицелия показал значительное снижение концентрации биодоступных токсикантов (рис.).

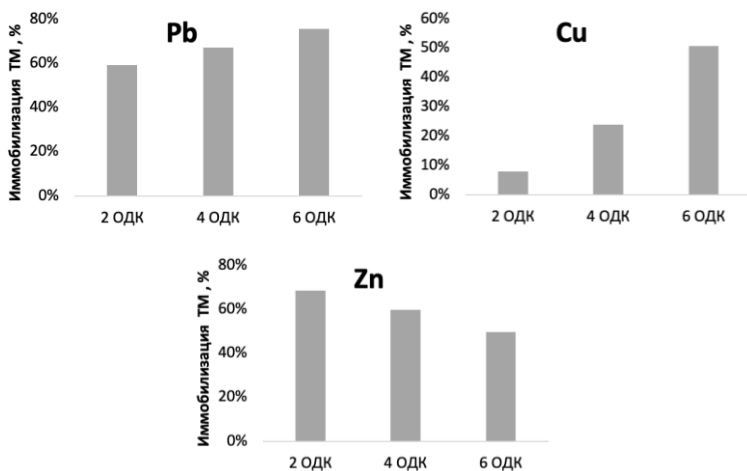


Рисунок. Влияние сухого мицелия *A. alternata* на содержание биодоступных катионов Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} в почве.

Наилучший сорбционный эффект мицелия *A. alternata* проявился по отношению к катионам свинца, содержание биодоступных Pb^{2+} снизилось на 60–80 % относительно контроля (загрязненные образцы без мицелия). Эффективность сорбции увеличивалась с повышением доз загрязнения солями и меди, и свинца. При малых дозах меди мицелий снижает биодоступные катионы на уровне 10–20 %, тогда как при 6 ОДК – 50 %. Мицелий лучше сорбирует медь и свинец при наибольшей дозе загрязнения, а цинк – при наименьшей.

Работа рекомендована д.б.н., проф. В.А. Тереховой.

УДК 574.4

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА И АЗОТА
В ОСНОВНЫХ ЭКОСИСТЕМНЫХ ПУЛАХ ДВУХ ЛЕСНЫХ
БИОГЕОЦЕНОЗОВ ЮЖНОГО ПОДМОСКОВЬЯ

Т.Ю. Волкова¹, Т.Н. Лебедева¹, В.А. Маханцева¹,
Е.С. Митрохина¹, Д.А. Хорошаев¹

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН
ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пушкино
volktanya@yandex.ru

Here we present a comparative analysis of carbon (C) and nitrogen (N) reserves in the main ecosystem pools of two forest biogeocenoses in the southern Moscow region: postagrogenic birch forest and secondary deciduous forest. It was revealed that C and N reserves in the soil, litter and ground cover plants in both forest types were approximately the same, while C reserves in the birch forest stand are significantly lower than in the secondary forest, which causes a significant difference in the total ecosystem reserves of C in the compared forest types.

Являясь результатом комплексного воздействия ряда природных и антропогенных факторов, тип биogeоценоза (БГЦ) оказывает значительное влияние на общие свойства почв, определяет соотношение и емкость экосистемных пулов углерода [1]. Цель представляемого исследования заключалась в сравнительной оценке запасов углерода и азота в основных экосистемных пулах двух лесных БГЦ южного Подмоскoвья.

Объекты исследования расположены в зоне широколиственных лесов вблизи эколого-климатической станции (ЭКС) «Пушино», созданной при в рамках Важнейшего инновационного проекта государственного значения (ВИП ГЗ). Климат региона умеренно-континентальный со среднегодовой температурой воздуха за последние 20 лет 5.7 ± 0.1 °C и среднегодовым количеством осадков 640 ± 20 мм. Исследуемые БГЦ сформированы на серой среднесуглинистой почве (Haplic Luvisol (Siltic) в соответствии с международной классификацией WRB), но отличаются составом доминирующих древесных пород и возрастом, что обусловлено их разной историей использования. Первый БГЦ («Вторичный лес») – вторичный лиственный лес с формулой древостоя 6Ос2Б2Л+Д имеет возраст 70–75 лет (девственный древостой был вырублен на территории во время Великой Отечественной войны). Второй БГЦ представляет собой лесозарастающий участок пашни, выведенный из с/х использования в 2002–2003 гг. В течение 20 лет поста-

гrogenного развития на бывшей пашне сформировался разнородный по структуре березняк золотарниково-вейниковый с подростом осины и ивы (10Б+Ос,Ив).

В каждом БГЦ в схожих условиях рельефа закладывали по 5 пробных площадей (ПП), размером 50×50 м, на которых в 2023–2024 гг. проводили таксационные, геоботанические и почвенные исследования. На каждой ПП выкапывали полнопрофильный разрез глубиной 130–140 см и по 2 полуямы до глубины 70–90 см. Отбор почвенных проб проводили в соответствии с морфологическими горизонтами. Для определения запасов С и N в основных компонентах БГЦ на каждой ПП определяли запасы древесины (живой и мертвой), а в тех местах, где впоследствии были заложены разрезы и полуямы, с использованием ограничивающих рамок провели отбор фитомассы напочвенного покрова и подстилки, а в монолитах размером 25×25×30 см, определяли массу и численность дождевых червей.

В почвенных образцах на автоматическом CN-анализаторе методом сухого озоления определяли содержание углерода (С) и азота (N), которые с учетом плотности почв позволили оценить запасы С и N в слоях 0–30 и 0–100 см. В образцах почв из гумусово-аккумулятивного (АУ) и переходного гумусово-элювиального (АЕЛ) горизонтов определяли скорость базального дыхания (БД) и содержание углерода микробной биомассы (Смик) методом субстрат-индуцированного дыхания.

Проведенные исследования показали, что запас живой древесины в БГЦ «Вторичный лес» составил 335 м³/га, а сухостоя и валежа – 30 и 54 м³/га, соответственно. В березняке разнотравном постагрогенном запасы живой древесины были в 7 раз меньше (47 м³/га). Те же закономерности сохранялись и по запасам С в древостое обоих БГЦ (рис. А).

Видовое богатство березняка постагрогенного почти в 2 раза превышало таковое в БГЦ вторичного смешанного леса, а значения индекса Шеннона в изучаемых БГЦ были практически равны (1.72–1.77). Биомасса дождевых червей в молодом березняке составляла в среднем 40±10 г/м², а их численность равна 194±36 экз./м², что существенно ниже, чем во вторичном лесу.

Запасы С в фитомассе напочвенного покрова на участке лесозарастания превышали таковые в БГЦ вторичного леса более, чем в 4 раза, но не были статистически значимыми из-за высокой вариабельности. Запасы N в напочвенном покрове лесозарастающего участка превышали таковые во вторичном лесу в 2 раза, но не отличались значимо. Отношение запасов С к запасам N было достоверно выше в напочвенном ярусе в БГЦ березняка постагрогенного по сравнению с БГЦ вторичного

леса участке (34 против 19). Запасы С в подстилке в изучаемых БГЦ составляли 1.81–2.01 т С/га, достоверно не различаясь между собой (рис. Б). Запасы азота в подстилке на лесозарастающих участках были на 20 % выше, чем в БГЦ смешанного леса. Запасы С в подстилках превосходили запасы N в 38–40 раз.

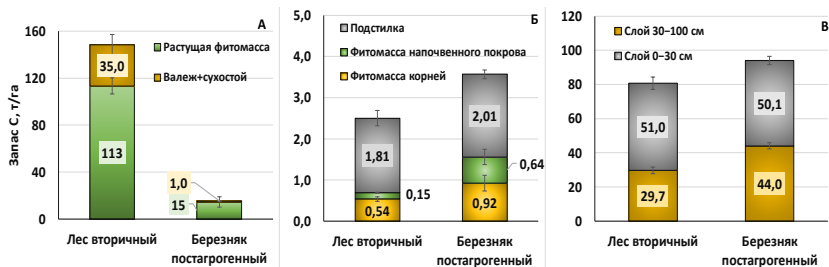


Рисунок. Запасы углерода (т С/га) в различных компонентах растительного покрова и почв.

Запасы С в 0–100 см почвенном слое для двух БГЦ составляли 81 и 94 т С/га, не отличаясь достоверно (рис. В). Статистический анализ показал, что запасы С и N в слоях 0–30 и 0–100 см характеризуются низкой вариабельностью (CV (коэффициент вариации) = 14–17 %). Запасы С и N в подстилке демонстрировали более высокую изменчивость ($CV = 22–40 %$). Самой высокой вариабельностью в пространстве ($CV = 124 %$) характеризовались запасы С и N в фитомассе напочвенного покрова на участке лесозарастания, что обусловлено его высокой мозаичностью.

Экспериментальные данные по определению базального дыхания показывают высокую микробиологическую активность в почвах обоих БГЦ, однако в БГЦ «Вторичный лес» скорость БД в горизонте АУ в 2 раза выше, чем в березняке постагрогенном. Это же можно сказать и о величине Смик, но здесь различия между БГЦ составляют более чем 3 раза.

Таким образом, сравнительный анализ запасов С и N в основных экосистемных пулах (почва, подстилка, напочвенный покров) в двух контрастных БГЦ (вторичный лес vs березняк постагрогенный) не выявил достоверных различий. Заметные отличия (в 2–4 раза) были в запасах N и С в фитомассе напочвенного покрова, которые отличались высокой пространственной вариабельностью из-за мозаичности растительного покрова. Вместе с тем, в березняке постагрогенном запасы С в растущей фитомассе в 7 раз, а в сухостое и валеже в 10 раз меньше, чем во вторичном старовозрастном лиственном лесу. Биологическая активность верхних горизонтов почв в березняке постагрогенном также существенно ниже, чем во вторичном лесу.

Литература

1. Романовский М.Г., Завидовская Т.С., Аксенов П.А. Особенности функционирования лесных биогеоценозов // Лесной вестник. 2014. № 1. С. 15–29.

Работа выполнена в рамках ВИП ГЗ «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации...» (рег. № 123030300031-6).

Работа рекомендована к публикации научным руководителем, д.б.н., доц., гл.н.с. ИФХиБПП РАН И.Н. Кургановой.

УДК 631.10

УДЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

М.В. Гаршин

Уфимский Институт биологии УФИЦ РАН, garshin.mixail25@gmail.com

Oil is a potential source of radionuclides; therefore, in the study of oil-contaminated soils, special attention is paid to the activity of natural radionuclides.

Нефтехимический сектор промышленности является одним из самых развивающихся, поскольку деятельность человека зависит от нефти для удовлетворения его энергетических потребностей. Однако чрезмерное использование нефти негативно отражается на экосистемах. Разливы нефти являются обычным явлением на протяжении всего производственного цикла нефтепродуктов, в том числе во время добычи, хранения, транспортировки и переработки.

В последние годы производители нефти и газа стали применять новые методы, которые сочетают горизонтальное бурение с улучшенной стимуляцией. Данные методы, известные как гидравлический разрыв пласта, изменили профиль отходов нефти с точки зрения радиоактивности. Геологические формации, содержащие месторождения нефти и газа, также содержат естественные радионуклиды (ЕРН), одними из которых являются: ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K . Поскольку процесс извлечения нефти концентрирует встречающиеся в природе радионуклиды и подвергает их воздействию поверхностной среды в результате деятельности человека, эти вещества, содержащие радионуклиды, классифицируются как технологически усовершенствованные радиоактивные материалы

природного происхождения (TENORM). Некоторые TENORM имеют очень высокую концентрацию радионуклидов, что может привести к повышенному воздействию радиации. Таким образом, целями настоящего исследования являются измерение уровней естественной радиоактивности в почве нефтяных месторождений в Республике Башкортостан. Данные, полученные в этом исследовании, предоставят базовые данные о естественной радиоактивности в исследуемой области и будут полезны для органов, отвечающих за реализацию стандартов радиационной защиты для нефтяного сектора и населения в целом.

Были измерены уровни ЕРН в образцах почвы на трех нефтяных месторождениях (Арланское, Знаменское и Шкаповское) с использованием гамма-спектроскопии и рассчитана удельная активность.

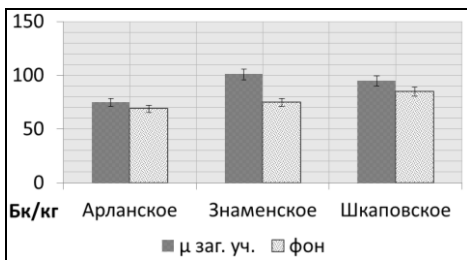


Рисунок. Эффективная удельная активность ЕРН ($A_{эфф}$).

Анализ полученных данных показывает, что максимальная удельная эффективная активность ЕРН составляет 101 Бк/кг и не превышает значений, установленных СанПиН 2.6.1.2523-09 – <370 Бк/кг.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Р.Р. Сулеймановым.

УДК 631.438.2

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕЗИЯ-137 В СИСТЕМЕ СЫРОЕЖКА ЕДКАЯ – ТОРФЯНАЯ ПОЧВА В УСЛОВИЯХ ВЕРХОВОГО БОЛОТА

Е.Д. Иванов

Санкт-Петербургский государственный университет

evgeniy_ivanov2000@mail.ru

The specific activity of caesium-137 in the fruit bodies of *Russula emetica* was 2215 ± 63 Bq/kg. The coefficient of accumulation of caesium-137 by fruit bodies of *Russula emetica* in relation to the specific activity of the peat layer with pine roots (0–10 cm) is 6.4 ± 0.9 , which is significantly higher than the coefficients of accumulation by herbaceous plants, shrub leaves and berries.

В Ленинградской области наибольшая активность цезия-137 приурочена к заболоченным участкам леса и экосистемам верховых болот. Число видов грибов на верховых болотах, образующих крупные плодовые тела невелико, но для них характерно массовое плодоношение. Один из таких видов – Сыроежка едкая – *Russula emetica* (Schaeff.) Pers., плодовые тела которой служат в качестве кормовой базы грызунам, безраковинным моллюскам, муравьям и личинкам насекомых, проходящих в них стадии цикла развития. Пищевые цепи с участием этих консументов приводят к распространению цезия-137 по компонентам экосистемы, которое необходимо учитывать в связи с потенциальной опасностью воздействия ионизирующего излучения на репродуктивные структуры.

Цель работы – установить коэффициент накопления цезия-137 плодовыми телами Сыроежки едкой из торфяной почвы в условиях верхового болота.

Материалом для проведения исследования послужили плодовые тела Сыроежки едкой и торфяная почва, отобранная в месте ее массового плодоношения на глубину до 30 см, а также очес сфагнового мха на высоту 10 см, Место отбора: Гатчинский р-н Ленинградской области, верховое болото Озерное при выходе из урочища Суслово, 07.07.2024.

Идентификацию радионуклидного состава пробы в образцах, высушенных до воздушно-сухого веса, проводили на сцинтилляционном гамма-спектрометре МКГБ-01 «РАДЕК» производства НТЦ «Радиационная экология». Результаты проведенных измерений представлены в таблице.

Таблица. Удельная активность цезия-137 в профиле торфяной почвы

Н, см	¹³⁷ Cs*, Бк/кг
0+10 очес	298±15
0–10	347±40
10–20	311±28
20–30	401±20

Примечания: * – доверительный интервал определен при уровне значимости $p < 0.05$

Удельная активность цезия-137 в плодовых телах Сыроежки едкой составила 2215±63 Бк/кг. Допустимая активность цезия-137 в сухих плодовых телах грибов составляет 2500 Бк/кг. Коэффициент накопления цезия-137 плодовыми телами Сыроежки едкой по отношению к удельной активности слоя торфа с корнями сосны (0–10 см) составляет 6.4±0.9, что существенно выше, чем коэффициенты накопления травянистыми растениями, листьями кустарничков и ягодами.

Работа рекомендована д.б.н., профессором Е.В. Абакумовым.

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ
В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А.Д. Карпов, И.Ю. Горбунов, А.Н. Раздайковин

ФБУ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства
и механизации лесного хозяйства, г. Пушкино, karpov@vniilm.ru

For long-term storage of the results of spectrometric analysis of radionuclide accumulation in soil and forest vegetation, a «Method for storing information during radiation survey of the environment» was developed, which allows for the automated unification of many radioecological laboratories into one information center.

В подведомственных российскому лесному хозяйству региональных организациях ежегодно проводятся работы по радиационному обследованию лесных территорий. До сих пор результаты исследований существуют в виде бумажных отчетов и табличных данных, хранящихся на разрозненных локальных ЭВМ. В связи с чем, провести анализ миграции радионуклидов в лесных экосистемах на основе многолетних данных практически невозможно.

Для решения данной проблемы в ФБУ ВНИИЛМ в 2023 году был разработан «Способ цифрового хранения данных при проведении радиационных обследований объектов окружающей среды» (патент на изобретение № 2832030С1 от 18.12.2024), позволяющий накапливать результаты спектрометрического анализа множества исследовательских лабораторий в единый информационный буфер, вне зависимости от их количества и места нахождения. Способ позволяет автоматически записывать результаты спектрометрического анализа в базы данных в едином универсальном формате. Для управления базами данных спектрометрических измерений была разработана специализированная программа «Радиационная спектрометрия» (Свидетельство о регистрации ЭВМ № 2023667874, от 21.08.2023 г.). Программа не только записывает результаты измерений радионуклидов в базы данных, но и разделяет их по пользователям, что позволяет защитить личные данные от стороннего доступа. Программа работает онлайн и позволяет обеспечить оперативный доступ к результатам радиоэкологических исследований.

В базах данных автоматически накапливается информация не только о техногенных радионуклидах, таких как ^{137}Cs или ^{90}Sr , но и природных: ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th , а также их ДПР. Данные о содержании

природных радионуклидов в лесных почвах могут служить показателем их экологического состояния и косвенно свидетельствовать о содержании тех или иных элементов.

Результаты спектрометрического анализа хранятся в базах данных с привязкой к описанию точек отбора проб, включая географические координаты, МЭД и др., что позволяет представить накопленные данные в любых доступных ГИС системах. Разработанный способ может использоваться не только в системе лесного хозяйства, но и в любом исследовательском центре, занимающимся вопросами накопления и миграции радионуклидов в окружающей среде. Использование алгоритмов способа оптимизирует процесс хранения информации об исследуемых образцах и обеспечивает удобный доступ к ней, что было подтверждено при апробировании разработанного способа в лабораториях радиационного контроля, подведомственных российскому лесному хозяйству.

Работа выполнена в лаборатории радиационного контроля ФБУ ВНИИЛМ в рамках темы государственного задания в 2023–2024 гг.

Работа рекомендована к.б.н. А.А. Беловым.

УДК 631.42

АЛЬФЕГУМУСОВЫЕ ПОЧВЫ НА ДВУЧЛЕННЫХ ПОРОДАХ
(ЛУЖСКИЙ РАЙОН ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)
КАК ФОНОВЫЕ ОБЪЕКТЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Д.П. Кивович

Санкт-Петербургский государственный университет
st098552@student.spbu.ru

The research is focused on the characteristics of Al-Fe-Humus soils on bipartite sediments, which serve as background soils in the Luga district of the Leningrad region. The aim of the study is to assess the contamination of these soils by heavy metals. To achieve this, we have conducted investigations to determine the distribution patterns of heavy metals within the soil profile.

Целью работы является установление фоновых концентраций тяжелых металлов (ТМ) и мышьяка для почв Лужского района Ленинградской области.

Актуальность исследования связана с необходимостью определения «фона» при оценке загрязнения почв ТМ при проведении инженер-

но-экологических изысканий (ИЭИ) и экологического мониторинга почв. Так, требованием СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ» является сравнение фактических данных концентраций ТМ почв участка ИЭИ с региональными фоновыми. При отсутствии последних требуется дополнительно проводить отбор проб почв для определения фоновых значений. При этом изыскатель сталкивается с рядом сложностей.

Во-первых, это поиск площадки для отбора фоновых проб. Площадки должны располагаться так, чтобы на них оказывалось минимальное антропогенное воздействие. Например, это могут быть особо охраняемые природные территории. Эта задача значительно усложняется при работе в индустриально хорошо развитых районах.

Во-вторых, фоновые пробы должны быть отобраны для каждого выделенного на участке изысканий типа почв с учетом литогенной основы ландшафта. Таким образом, важной задачей становится подбор почвенных объектов-аналогов, которые были бы сформированы на тех же почвообразующих породах и в максимальной степени располагались бы на тех же элементах рельефа, что и почвы участка ИЭИ.

Нами были обследованы почвы, относящиеся к альфегумусовому ряду – дерново-подбуры и дерново-подзолы. Изученные почвы сформированы на двучленных почвообразующих породах – водно-ледниковые отложения на морене или озерно-ледниковых глинах. Такие варианты почв составляют основу почвенного разнообразия как в пределах округа, так и в Ленинградской области в целом.

В ходе работы были описаны почвенные профили, отобраны образцы по горизонтам на анализы, а также отобраны образцы на плотность сложения. В лабораторных условиях проведены анализы на валовые и подвижные формы ТМ (Cu, Zn, Pb, Ni, Cd, Hg) и мышьяк, содержание углерода, гранулометрический состав, рН. Выявлены закономерности распределения элементов с другими почвенными факторами.

В результате работы представлены данные для использования их в качестве фоновых показателей в почвенно-экологических изысканиях, поднят вопрос об актуальности обновления фоновых значений и предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ.

Работа рекомендована д.г.н., проф. А.В. Русаковым.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ
В ПРОФИЛЕ СЕРЫХ ПОЧВ ТОБОЛЬСКОГО РАЙОНА

А.П. Колобов

Тобольская комплексная научная станция УрО РАН,
kolobovap@tobscience.ru

The results of spectrometric analysis of gray typical soils of the Kondinsky lowland (Tobolsk district, Tyumen region) show that ^{40}K makes the greatest contribution to the effective specific activity (341–413 Bq/kg), while the activities of ^{226}Ra (12–16 Bq/kg) and ^{232}Th (20–26 Bq/kg) can be called low.

Значительная часть облучения живых организмов образована естественными радионуклидами, содержащимися в природных образованиях, например в месторождениях полезных ископаемых, горных породах и природных водах. Цель данной работы – изучить активность естественных радионуклидов (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra) в генетических горизонтах почв. Объектом исследования выбраны серые типичные почвы Кондинской низменности (Тобольский район, Тюменская область). Измерение удельной активности (далее УА) радионуклидов в почвенных образцах проведено с помощью радиометра – спектрометра универсального СКС-99 «Спутник». Результаты проведенных измерений представлены в таблице.

Таблица. Удельная активность радионуклидов в профилях серых типичных почв Кондинской низменности.

Горизонт	Удельная активность, Бк/кг			Гранулометрический состав	$A_{\text{эфф}}$, Бк/кг
	^{40}K	^{232}Th	^{226}Ra		
AY	341±35	20±11	15±10	OC	72±12
AEL	413±70	26±11	13±8	OC	76±16
BEL	366±69	22±8	14±9	OC	73±13
BT	380±70	24±11	13±10	C	76±20

Примечание: $A_{\text{эфф}}$ – удельная эффективная активность естественных радионуклидов в материале; OC – опесчаненный суглинок; C – суглинок.

Установлено, в исследуемых серых типичных почвах активность радия слабо дифференцирована по почвенному профилю, а распределение калия и тория соответствует регрессивно-элювиально-

иллювиальному типу, что может быть связано с выносом данных элементов из верхних горизонтов в следствие легкого гранулометрического состава (содержание глинистых частиц в горизонте АУ не превышает 5.5 %).

По результатам измерений УА, а также по величине удельной эффективной активности естественных радионуклидов (варьирует от 56 до 96 Бк/кг) можно охарактеризовать исследованные почвы как безопасные.

УДК 504.055: 504.61

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В НАЗЕМНЫХ
ЭКОСИСТЕМАХ В 30-ТИ КИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЕ ВОЗМОЖНОГО
ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ
ЦЕНТР – НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
АТОМНЫХ РЕАКТОРОВ»

Э.А. Кортунков

МГУ имени М.В. Ломоносова, kortunkov2001@yandex.ru

The levels of natural and anthropogenic radionuclides in the 30-kilometer impact zone of the enterprise (SSC – SRINR) were assessed. The study points were grouped into two zones: the observation zone (OZ) – from 4 to 12.5 km from the enterprise and the zone of influence (ZI) – from 12.5 to 30 km from the enterprise. Samples of soil and biota components were taken at each point.

Согласно документам [1] в области обеспечения радиационной безопасности, при эксплуатации существующих радиационно-опасных объектов необходимо доказать отсутствие их негативного влияния на человека и окружающую среду. Деятельность «ГНЦ-НИИАР» сопровождается выбросами радионуклидов в атмосферу. Это факт дает возможность рассмотреть воздействие предприятия на окружающую среду. Особый интерес представляет оценка радиоэкологической обстановки сопредельной территории. Собственные исследования, проведенные в санитарно-защитной зоне, описаны в статьях [2, 3].

В данной работе приводится оценка радиоэкологической обстановки в двух функциональных зонах вокруг «ГНЦ-НИИАР»: зоне наблюдения (4–12.5 км) и зоне влияния (12.5–30 км). В каждой из зон были заложены 4 и 6 пробных площадок, соответственно, в которых был произведен отбор доминирующих видов растительности, древесно-

го мха и почвы (из каждого диагностического горизонта на глубину до 50 см). Во всех отобранных пробах в лабораторных условиях измерены удельные активности ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K . Кроме того, на поверхности почвы и на высоте 1 м проведены измерения амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения (МАЭДГИ).

По результатам исследования получены следующие данные: МАЭДГИ на пробных площадках значимо не отличается по функциональным зонам. Этот показатель значительно ниже нормативного уровня, равного 0.3 мкЗв/ч. Удельная активность естественных радионуклидов определяется литогенным фактором, все показатели сопоставимы с характерными для данного региона значениями. Удельная активность ^{137}Cs в почвах района исследований колеблется от 3.9 до 37.3 Бк/кг, с максимальным значением в подстилке пробной площадки ЗВ. Запасы ЕРН в почвах сопоставимы с характерными для данного региона показателями. Плотности загрязнения почв (0–30 см толща) варьируют в диапазоне от 0.03 до 5.72 кБк/м² (при норме в 37 кБк/м³). Удельные активности естественных радионуклидов в компонентах биоты характеризуются фоновыми значениями.

Таким образом, в работе показано отсутствие влияния «ГНЦ-НИИАР» на исследуемые функциональные зоны. Основная часть радиоактивных выпадений депонируется в санитарно-защитной зоне [2, 3]. Радиоэкологические показатели находятся на фоновом уровне и сопоставимы с характерными для Европейской части России показателями.

Литература

1. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. Vienna, IAEA, 2014, 436 p.

2. Кортунков Э.А., Цветнова О.Б. Радиоэкологическая обстановка в зоне возможного влияния предприятия «Государственный научный центр – научно-исследовательского института атомных реакторов». «Современные проблемы радиобиологии, радиоэкологии и агроэкологии». Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Обнинск, 2021.

3. Цветнова О.Б., Кортунков Э.А., Щеглов А.И. «Радиоэкологическая обстановка в наземных и водных экосистемах в районе предприятия «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов». Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2024. Т. 79. № 4, с. 228–237.

СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В ПОЧВАХ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ

М.С. Кубасова

ФГБУ государственная станция агрохимической службы
«Ярославская», kbasovamascha@yandex.ru

The annual selection of soil samples and their further analysis allows us to obtain reliable information about the state of agricultural soils. The results of the study are used to monitor the soil and compile soil maps.

Одной из основных задач агрохимической станции является ежегодная комплексная оценка состояния земельных ресурсов региона, составление почвенных картограмм по каждому анализируемому показателю.

Среди множества показателей, определяемых в почвах, проводится измерение содержания подвижных форм тяжелых металлов в почве, которые относятся к I классу опасности (Pb, Zn) и II классу (Ni, Cu), согласно ГОСТ Р 70281-2022. Актуальность изучения этих показателей связана с наличием и функционированием предприятий цветной металлургии, машиностроения, развитие транспортной промышленности, загрязнением сточными водами, неразумным внесением и использованием удобрений и т.д.

Таблица. Содержание подвижных форм металлов в пахотном горизонте почв реперных участков.

Район области	№ РУ	pH	Подвижные формы металлов (мг/кг)				
			Pb	Cd	Zn	Ni	Cu
Ярославский	1	6.2	0.84	0.52	1.58	0.56	0.39
	2	4.6	0.78	0.49	1.93	0.42	0.02
	3	5	0.9	0.6	2.82	0.48	0.06
Переславский	4	5.3	0.88	0.73	1.23	0.53	0.04
Большесельский	6	6.6	0.81	0.56	0.64	0.28	<0.02
Ростовский	9	6.7	0.6	0.66	0.91	0.4	0.02
Рыбинский	12	4.7	1.19	0.51	2.35	0.84	0.21
Угличский	14	5.7	0.95	0.72	2.73	0.44	0.16
Некрасовский	15	4.7	1.04	0.68	11.55	0.75	0.18
Любимский	20	6.8	0.91	0.57	2.25	0.73	0.42

Определение содержания подвижных форм тяжелых металлов в пахотном горизонте почв (0–20 см) проводится по методике ФР.1.31.2018.31189 путем извлечения подвижных форм металлов ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН=4.8 на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант-2МТ» в 3-х кратной повторности. В таблице приведены результаты исследований, проводимых в 2024 году.

По результатам исследования не было выявлено образцов с содержанием металлов выше значения ПДК, что свидетельствует об отсутствии загрязнений на исследуемых почвах.

УДК 631.41

ВЛИЯНИЕ БИОУГЛЯ ИЗ СОЛОМЫ ПШЕНИЦЫ НА ИММОБИЛИЗАЦИЮ ЦИНКА В ПОЧВАХ ЗОНЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Е.С. Лацынник, Т.В. Бауэр, С.А. Игнатова, А.В. Барахов

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, lacynnik@sfedu.ru

The problem of soil pollution with heavy metals has become serious all over the world, and *in situ* remediation technologies, especially those using sorbents, are gaining popularity due to their high efficiency and environmental safety.

В последнее время для борьбы с загрязнением почв тяжелыми металлами (ТМ) все большее распространение получают технологии *in situ* ремедиации, среди которых применение сорбентов выделяется высокой эффективностью, экологичностью безопасностью и экономической целесообразностью. Биоуголь является одним из эффективных сорбентом, благодаря обилию разнообразных функциональных групп на его поверхности и хорошо развитой пористой структуре, что может способствовать адсорбции и иммобилизации ТМ в загрязненных почвах. В данной работе изучено влияние внесения биоугля из соломы пшеницы на состав соединений Zn в почвах зоны воздействия предприятия топливно-энергетического комплекса.

Для оценки влияния биоугля на подвижность Zn был заложен модельный опыт. Схема опыта включала: 1) Контроль (чернозем обыкновенный карбонатный, ООПТ «Персиановская заповедная степь»); 2) почва НчГРЭС (чернозем обыкновенный карбонатный); 3) НчГРЭС + 1 % биоугля; 4) НчГРЭС + 2 % биоугля. Валовое содержание металла в почвах определено рентгенофлуоресцентным методом (XRF). Формы

соединений Zn проанализированы с использованием модифицированной схемы последовательных селективных экстракций BCR (Pueyo et al., 2008). Данная схема предусматривает выделение кислоторастворимой или обменной и связанной с карбонатами (0.11 М CH_3COOH , pH 3), восстанавливаемой или связанной с гидроксидами и оксидами Fe и Mn (0.1 М $\text{NH}_2\text{OH-HCl}$, pH 2), окисляемой или связанной с органическим веществом (27 % H_2O_2 , затем 1М $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, pH 2) и остаточной или связанной с силикатными минералами (HCl (37 %) и HNO_3 (70 %)) фракций ТМ. Концентрации металла во фракциях определены с использованием атомно-абсорбционного спектрометра «Квант-2АТ».

В незагрязненном черноземе обыкновенном валовое содержание Zn (61.3 мг/кг) не превышает ОДК (220 мг/кг) и соответствует фоновому уровню. Подвижность металла низкая, значительная его доля находится во фракции, связанной с силикатными минералами (76 %). В почве НчГРЭС наблюдается превышение валового содержания Zn ОДК в 1.3 раза (276 мг/кг) и уменьшение остаточной фракции до 56 % за счет увеличения содержания подвижных соединений. Для фракции Zn, связанного с органическим веществом, незначительна и составляет 1–2 %. В вариантах опыта с внесением биоугля отмечается снижение подвижности металла за счет уменьшения доли кислоторастворимой (на 2–6 %), восстанавливаемой (на 4–7 %) и окисляемой (на 1–2 %) фракций.

Таким образом, показано, что добавление в почву биоугля повышает иммобилизацию Zn в почвах.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 22–76–10054) в Южном федеральном университете.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Т.М. Минкиной.

УДК 502.316

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА МОСКВЫ

К.Н. Новак

Московский авиационный институт, 404ksu@mail.ru

The problem of urban soil pollution is considered using the example of Moscow. In the context of rapid urbanization and population growth, Moscow is facing environmental problems related to the deterioration of soil quality. Special attention is paid to the need to monitor soils and develop measures for their restoration and protection.

Загрязнение почв в городах является одной из наиболее актуальных экологических проблем современности, особенно в условиях стремительной урбанизации и роста населения. Москва, как один из крупнейших мегаполисов мира, сталкивается со множеством проблем, связанных с ухудшением качества окружающей среды. Интенсивная хозяйственная деятельность, транспортные потоки, а также недостаточная система утилизации отходов приводят к накоплению загрязняющих веществ в почвах, что, в свою очередь, негативно сказывается на здоровье населения и экосистемах.

Антропогенное загрязнение в городской среде сильно влияет на состояние компонентов окружающей природной среды, в том числе почвы, которая выступает депо загрязняющих веществ.

Цель исследования: оценить динамику изменения концентрации загрязняющих веществ в почвах города Москвы по данным мониторинга с 2016 года по 2023 год, как в динамике так и в целом, построить картограммы загрязнения городских почв, выявить связь между состоянием растительности и загрязнением почв, между загрязнением почв и площади автодорог общего пользования и местного значения.

Методологической базой послужили официальные данные экологического мониторинга представленные на сайте правительства Москвы.

В программе QGIS ver. 3.10.14 были построены картограммы загрязнения почв города.

Установлено, что средние значения суммарного индекса загрязнения Z_c в период с 2017 по 2021 год составляют от 3 до 4 единиц, что соответствует допустимой степени загрязнения.

Проведена оценка зависимости состояния зелёных насаждений и коэффициента загрязнённости почв в г. Москва с 2017 по 2021 годы. Установлено, что процент сильно ослабленных и усыхающих зелёных насаждений вырос с 7 % до 8 % и мало зависит от коэффициента загрязнённости почв, так как на ухудшение состояния зеленых насаждений в городах, включая Москву, может быть обусловлено: загрязнением воздуха, недостатком воды, патогенами и вредителями, строительством и урбанизацией, климатическими изменениями, недостаточным уходом и деятельностью человека. Эти факторы подчеркивают важность комплексного подхода к охране и восстановлению зеленых насаждений в городах для обеспечения их здоровья и устойчивости.

Работа рекомендована к.б.н. С.С. Огородниковым.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ
И МЫШЬЯКОМ В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ
ЖЕЛЕЗОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.О. Полетаев, Лихуа Хуан

Белгородский государственный национальный исследовательский
университет, poletaev@bsuedu.ru, lhhuang0@163.com

The current ecological and geochemical state of soils of agricultural landscapes exposed to dust emissions from mining enterprises of the Stary Oskol and Gubkin industrial region is considered.

Добыча полезных ископаемых открытым способом обуславливает загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и металлоидами (ТММ). Загрязнение происходит в результате выдувания с отвалов вскрышных пород пылеватых частиц и последующего их осаждения на растительности, почве и водных объектах. Загрязнение почв ТММ ведет к снижению продуктивности агроценозов, а в результате транслокации к накоплению загрязнителей в основной продукции. Это обуславливает необходимость экологического мониторинга почв в контактной зоне агроландшафтов и горнорудных производств.

В качестве исследуемой территории были выбраны агроландшафты, расположенные к югу и юго-западу от границ промышленных зон Лебединского и Стойленского ГОКов, где преобладающие направления ветров – ЮВ и ЮЗ (летом – С, СВ, СЗ). К наиболее аграрно освоенным территориям Белгородской области относятся земли Старооскольского района (с долей пашни 88 % от площади агроугодий). Почвы агроландшафтов подвержены активному загрязнению ТММ из-за близкого расположения отвалов окисленных кварцитов и меломергельных пород. Для диагностики актуального экологического состояния почв этой территории был проведен отбор почвенных образцов на водоразделах и приводораздельных склонах в слое 0–20 (30) см по методу конверта на расстоянии до 3 км от упомянутых отвалов. Образцы были подвергнуты рентгенофлуоресцентному анализу для определения содержания следующих ТММ: Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Sr, Ba, Pb и As.

Определены максимальные значения содержания ТММ (мг/кг): Fe – 33000, Mn – 1261.8, Ba – 516.6, Sr – 137.4, Cr – 114.6, Zn – 74.6, Ni – 45.6, Cu – 37.6, Pb – 31.9 и As – 11.6. Выявлено уменьшение содержания Mn, Fe, Ni, Zn, Ba наряду с возрастанием содержания Cu и Pb в почвах агроландшафтов по мере удаления от отвала окисленных кварцитов

ЛГОКа. Установлено, что снижение содержания Fe, Ni, As и увеличение содержания Zn и Ba в почвах агроландшафтов происходит по мере удаления от отвала мело-мергельных пород СГОКа. Расчет уточненного суммарного показателя концентрации (Z_y) выявил, что более загрязненными являются агропочвы к югу от отвала мело-мергельных пород СГОКа (диапазон значений Z_y : 4.7–5.8), менее загрязнены почвы агроландшафтов к северо-западу и юго-западу от отвала окисленных кварцитов ЛГОКа (диапазон значений Z_y : 4.0–5.1). Таким образом, согласно шкале эколого-геохимической оценки, уровень загрязнения агропочв пока ещё отсутствует ($Z_y < 5$) либо является слабым ($5 < Z_y < 10$).

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Государственного задания № FZWG-2023-0011.

Работа рекомендована д.г.н., проф. Ф.Н. Лисецким.

УДК 631.4

СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА
ЮНТОЛОВСКОГО ЗАКАЗНИКА КАК ОТРАЖЕНИЕ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВНУТРИГОРОДСКИХ ООПТ
ДЛЯ СБЕРЕЖЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Е.И. Походня

Санкт-Петербургский государственный университет
elizaveta902@mail.ru

The study was devoted to the assessment of biogeochemical parameters and elements of degradation of soil and vegetation cover as a landscape state reflection within the boundaries of the Yuntolovsky Sanctuary, as an example of an inner-city protected area, which is an object of conservation and maintenance of biodiversity, ecological balance and green framework of an urbanized territory.

Растущая антропогенная нагрузка урбанизированных территорий оказывает влияние на экосистемы как зелёных насаждений на улицах города, так и территорий, носящих охранный статус и, вместе с тем, играющих ключевую роль в поддержании экологического баланса, обеспечении здорового состояния городской среды. Вкупе с возросшими темпами глобального изменения климата антропогенная нагрузка оказывает стрессовое воздействие на биогеоценозы. Вопрос эффективности организации внутригородских ООПТ для сбережения территорий был рассмотрен на примере Юнтоловского заказника.

Почвенно-растительный покров может выступать индикатором биогеохимического и экотоксикологического состояния ландшафта. Проведённая оценка загрязнения почвенного покрова заказника тяжёлыми металлами с опорой на индексы геоаккумуляции, а также суммарные показатели загрязнения показала преобладание на территории почв, уровень загрязнения которых может быть классифицирован как средний или низкий. В качестве приоритетных поллютантов выступали хром, мышьяк и никель. Распределение загрязняющих веществ в почвенном профиле отвечало регрессивно-аккумулятивному, реже – аккумулятивно-элювиально-иллювиальному типу.

Также, в период исследования были зафиксированы погодные аномалии, выпавшие на конец вегетации в 2023 и 2024 гг., выразившиеся в рекордных повышениях дневных температур относительно нормы, что выступило фактором физиологического стресса для растений и позволило оценить устойчивость экосистем в границах ООПТ к угнетающим воздействиям такого рода. Устойчивость растительных сообществ оценивалась с опорой на показатели фотосинтетической активности (уровни содержания фотосинтетических пигментов) и эффективности барьерных функций в отношении поллютантов. В числе исследованных видов отсутствовали растения-гипераккумуляторы, однако большинство растений показали нарушения барьерных функций и средний захват поллютантов, реже поведение загрязняющих веществ в почвенно-растительном комплексе отвечало сильному накоплению, что связано с угнетающим действием нетипичных для региона температур вкупе с антропогенной нагрузкой. В сравнении с растениями зелёных насаждений Адмиралтейского района, в Юнтоловском заказнике показаны более высокие уровни содержания хлорофиллов в листьях растений, относительная доля каротиноидов была выше, что связано с метеоаномалиями, повлёкшими сдвиги феноэтапов вегетации на более поздние сроки.

Кроме того, было показано интенсивное накопление поллютантов в лесных пищевых ресурсах из почвы, следствие чего – их перенос в пищевые цепи с повышением концентраций на высших трофических уровнях.

Было установлено, что на внутригородских ООПТ присутствуют выраженные факторы деградации среды вследствие интенсивного воздействия антропогенного фактора, однако их организация является важной мерой в сохранении и развитии природных каркасов урбанизированных территорий.

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

Работа рекомендована д.б.н., проф. Е.В. Абакумовым.

РЕАКЦИЯ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ НА ВНЕСЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РЕДКИЕ ПОЧВЫ ПЕРМСКОГО КРАЯ

П.Ш. Сайранова

Пермский государственный национальный исследовательский университет, sairanova.p@gmail.com

In rare soils of the Perm region (psammozem, sod-eluvozem and dark humus soil), critical levels of contamination with Cd and Cu were determined using the phytotesting method.

Наиболее информативным показателем для оценки токсичности почв является реакция высших растений. Исследовали три редкие почвы Пермского края: псаммозем, дерново-элювозем и темногумусовую почву (Постановление Правительства Пермского края № 447-п).

Для определения критического уровня загрязненности воздушно-сухие образцы почв (с глубины 0–20 см) просеивали через сито с отверстиями диаметром 5 мм. В пластиковые контейнеры помещали просеянные навески почв (100 г) и по отдельности вносили растворы уксуснокислых солей Cd и Cu с концентрациями: 0 (контроль), 2.5, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, 1000, 1500 мг/кг почвы. Широкий диапазон вносимых доз позволяет проследить динамику изменения ферментативной активности от минимальных ориентировочно допустимых концентраций к значениям, характерным для почв, загрязненных промышленными выбросами. После увлажнения растворами солей в почвенные образцы высевали семена кресс-салата (*Lepidium sativum* L.) в количестве 0.5 г на контейнер. Растения выращивали на загрязненных почвенных пробах в течение 7 дней, затем были определены высота и масса надземной части 25 растений в каждом варианте исследования.

По реакции среды псаммозем кислый, содержание органического вещества низкое (1.63 %), сумма обменных оснований – 0.51 ммоль/100 г, гидролитическая кислотность – 5.48 ммоль/100 г, содержание физической глины – 8.7 % (песок связный мелкозернистый), содержание Cu составляло 10.6 мг/кг, Cd – 0.08 мг/кг. Дерново-элювозем легкосуглинистого состава по обменной кислотности – среднекислый, по гидролитической – очень сильнокислый, сумма обменных оснований – низкая, содержание органического вещества – 4.13 %, Cu – 13.8 мг/кг, Cd – 0.29 мг/кг. Темногумусовая почва имеет тяжелосуглинистый гранулометрический состав, содержание органического вещества составляет 6.01 %, реакция почвенной среды почти нейтральная, из-за высокого содержания обменного

кальция (28 ммоль/100 г) сумма обменных оснований очень высокая, содержание Cu – 25.5 мг/кг, Cd – 0.38 мг/кг.

По генетическим свойствам темногомусовая почва обладает более высокой устойчивостью к поллютантам в отличие от других почв. В ней заметное снижение высоты и массы растений наблюдали в варианте с загрязнением Cu и Cd из расчета 250 мг/кг. Тогда как в дерново-элювоземе значимое различие относительно контроля отмечено при дозировке 10 мг/кг для обоих металлов, а в псаммоземе при 2.5 мг/кг в случае загрязнения Cu и 5 мг/кг в случае загрязнения Cd. Отрицательное влияние Cu на сырую массу надземной части тест-культуры в обеих почвах наблюдалось при загрязнении 25 мг/кг и выше, а токсическое действие Cd было отмечено при меньшем загрязнении – 5 мг/кг в дерново-элювоземе и 10 мг/кг в псаммоземе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ, проект FSNF-2025-0011.

Работа рекомендована д.б.н., проф. О.З. Еремченко.

УДК 581.5

ВНЕКЛЕТОЧНОЕ ВЕЩЕСТВО,
АССОЦИИРОВАННОЕ С ВОДНЫМ МХОМ, КАК МОНИТОР
ПЕРЕНОСА РАДИОНУКЛИДОВ В р. ЕНИСЕЙ

В.В. Сухоруков

Сибирский федеральный университет,
vladislav.sukhorukov.biophys@gmail.com

To assess the potential of the aquatic moss *F. antipyretica* as an indicator, we evaluated spatial and interannual patterns in the concentration of its extracellular matter and the concentrations of the technogenic radionuclide ¹³⁷Cs and its natural analogue ⁴⁰K in extracellular matter. The results of this work will help us to better understand the mechanisms of radionuclide transport and to develop methods for bioremediation in river ecosystems.

Водный мох широко используется, как монитор техногенного загрязнения наземных водотоков. Водный мох способен улавливать и депонировать на поверхности листьев частицы взвешенного вещества из потока воды. В данной работе изучался минеральный и радионуклидный состав внеклеточных частиц водного мха с целью оценки индикаторного потенциала этих частиц для мониторинга радиоактивного загрязнения р. Енисей.

Пробы водного мха *Fontinalis antipyretica* и донных отложений были собраны в р. Енисей в 2020–2022 гг. вблизи места контролируемого сброса радиоактивных отходов. Внеклеточные частицы, ассоциированные с водным мхом, смывали с биомассы мха водопроводной водой. В пробах биомассы мха, внеклеточных частиц и донных отложений определяли содержание органического вещества с помощью озоления, минералов и радионуклидов.

Доля внеклеточного вещества, смытого с проб биомассы водного мха, составляла от 19.7 до 43.0 % от сухой массы проб мха. Во внеклеточном веществе водного мха присутствовали минеральные частицы, органический детрит и эпифитные микроорганизмы.

Рентгеноструктурный анализ показал, что частицы, смытые с водного мха, были обогащены такими минералами, как кварц, плагиоклаз, хлорит и слюда, по сравнению с пробами биомассы отмытого мха. Содержание органического вещества во внеклеточных частицах была значительно меньше ($p < 0.05$), чем в биомассе водного мха. Удельная активность и доля (72.3 ± 10.5 %) ^{137}Cs во внеклеточном веществе водного мха были значительно выше, чем в отмытой биомассе водного мха, что указывает на перенос ^{137}Cs в р. Енисей преимущественно в ассоциации со взвешенным веществом, и согласуется с данными других авторов. В отличие от ^{137}Cs , доля природного радионуклида ^{40}K во внеклеточных частицах водного мха была значительно меньше (34.9 ± 8.9 %), чем в отмытой биомассе мха, что указывает на различие физико-химических форм изотопов этих элементов-аналогов во взвешенном веществе р. Енисей. Кластерный анализ показал значительные различия между пробами отмытой биомассы мха; внеклеточных частиц мха, и немытой биомассы мха по содержанию в них органического вещества, радионуклидов и минералов.

Таким образом, внеклеточное вещество, ассоциированное с водным мхом, является информативным индикатором для изучения переноса радиоактивного цезия (^{137}Cs) в водотоке р. Енисей. Результаты работы помогут создать эффективные способы отслеживания распределения радионуклидов в реках и биоремедиации речных экосистем.

Работа рекомендована к.б.н., доц. Т.А. Зотиной.

УДК 631.438.1:631.445.25:631.445.24

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИЯ-226
В ПОЧВАХ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

А.Р. Тамразова

МГУ имени М.В. Ломоносова, anna.tamrazova2014@gmail.com

A study was carried out on the forms of occurrence of ^{226}Ra in soddy-podzolic forest soil of the Moscow region, in gray soils in Tula Zaseki and Pushchino. The data obtained establish characteristic ranges of background concentrations of ^{226}Ra , which will become the basis for further radiation environmental studies and assessments.

Исследование посвящено определению форм нахождения радия-226 и его распределение по профилю почв Европейской части России.

Целью данного исследования было изучение форм нахождения радия-226 лесных почвах Европейской части России.

Объектом исследования послужили дерновоподзолистые лесные почвы в Московской области и серые почвы в Тульской области и Пушкино. Изучение форм нахождения тяжёлых естественных радионуклидов (ТЕРН) проводилось методом последовательной экстракции Ф.И. Павлоцкой.

Исследование форм нахождения радия-226 в незагрязненных лесных почвах, по сути, предоставляет ключевую информацию о его фоновом содержании. Понимание в каких формах представлен радия-226 в почве, имеет решающее значение для точной оценки его природного распределения и потенциальной биодоступности. Эти данные позволяют отличать природные уровни радионуклида от уровней, вызванных антропогенным воздействием.

Несмотря на важность данного аспекта, анализ научной литературы выявляет недостаток подробных исследований о формах нахождения радия-226 в незагрязненных лесных почвах. Существующие работы в основном фокусируются на загрязненных территориях, изучая поведение радионуклида в условиях техногенного воздействия, либо не проводят детального анализа распределения как радия-226, так и других ТЕРН по формам нахождения, сосредотачиваясь на валовом содержании ТЕРН.

Проведенное исследование позволило установить диапазоны фоновых концентраций радия-226 в лесных почвах Европейской части России. Установленные фоновые уровни радия-226 позволят оценивать антропогенное воздействие, проводить мониторинг радиационной об-

становки, проводить сравнения с другими регионами и выявлять территории с повышенными природными уровнями радия-226 для оценки потенциальной радиоэкологической опасности.

Работа рекомендована к.б.н., ст. преп. Д.В. Манаховым.

УДК 631.41

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ

В.А. Чаплыгин, А.В. Барахов, А.Е. Смахунов

Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, chaplygin@sfdedu.ru

The study of the heavy metal composition compounds in medicinal plants is an important task when assessing the environmental safety of harvested plant materials. The fractional composition of wild medicinal plants of two Russian regions was analyzed. Regional heavy metals distribution features the studied by five isolated fractions were established.

Проведен экологический мониторинг фоновых территорий Ростовской и Новосибирской областей. В ходе исследований с 3 площадок мониторинга, заложенных на территориях степной и лесостепной зон, отобраны виды дикорастущих лекарственных растений: цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.), полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), широко представленные на изучаемых территориях. На основе авторской схемы фракционирования (Сиромля, 2019) изучен состав соединений тяжелых металлов (ТМ) в растениях.

Отбор проб растений производился во второй половине августа 2024 года, в соответствии с ГОСТ 27262-87. Фракционный состав форм соединений ТМ в растениях основан на 4-х последовательных стадиях обработки образцов различными экстрагентами и позволяющим выделять ФI – водную (H₂O дист.), ФII – водно-спиртовую (40 % C₂H₅OH), ФIII – солянокислую (10 % HCl) и ФIV – кислотную (конц. HNO₃ + 30 % H₂O₂) фракции. Остаток, нерастворимый после обработки концентрированными кислотами, выделяется в V фракцию (силикатную). В образцах определялось содержание Mn, Zn, Cu, Pb, Cr, Ni, Cd, присутствующих в составе растений импактных зон регионов. Анализ содержания ТМ проводился на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант-2».

Установлено, что содержание ТМ во фракциях уменьшается в ряду: солянокислая (ФIII) > кислотная (ФIV) > силикатная (ФV) > водно-спиртовая (ФII) ≥ водная (ФI). Во всех видах растений фоновых площавок Ростовской области концентрации ТМ, извлекаемых в настои и отвары, уменьшаются в ряду: Mn > Zn > Cu > Pb > Cr > Ni > Cd. В растениях Новосибирской области данный ряд имеет следующий вид: Mn > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd > Cr. Последовательное фракционирование ТМ показало, что в водные отвары (ФI) переходит до 24 % Cd и Pb. В Ростовской области большую долю элементов в растениях, переходящих в отвары (ФI) и настои (ФII) занимают Cu и Mn, а в Новосибирской области – Ni и Zn. Наименее извлекаемым металлом из растений ФI и ФII является Cr. В солянокислую фракцию (III) переходит большая часть всех исследованных ТМ, особенно Mn и Zn, на долю которых в растениях Ростовской области приходится до 61–91 % от валового содержания и до 81–82 % в Новосибирской области.

Литература

1. Сиромля Т.И. Система форм соединений химических элементов в почвах и растениях юго-востока Западной Сибири. Дисс. на соискание ученой степени д.б.н. – Новосибирск. 2019. 294 с.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-77-10097) в Южном федеральном университете.

УДК 631.416.9+631.437; 470.53

ЗАГРЯЗНЕНИЕ УРБО-ДЕРНОВО-МЕЛКОПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПАРКА ПОБЕДЫ ГОРОДА ПЕРМИ

Н.М. Щуренко

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, oinatasha@mail.ru

The top horizons of urbo-sod-fine-podzolic soils on the territory of Park Pobedy in Perm are enriched with particles of magnetic fraction. The gross content of chemical elements in the magnetic particles reaches: Fe up to 60 %, Ti up to 10 %, Cr up to 9 %. The top soil horizons are contaminated with Cu – 72 mg/kg, Pb – 33 mg/kg. The content of Co in magnetic fraction is up to 56 mg/kg. Pollution of top horizons soil horizons of the park with heavy metals is caused by accumulation of man-made magnetic particles.

Территория Индустриального района г. Перми подвержена многолетнему аэральному загрязнению от выбросов промышленных предприятий и автотранспорта, что представляет угрозу для здоровья город-

ских жителей. Известно, что загрязняющие вещества в составе техногенных магнитных частиц переносятся по воздуху, в последующем они закрепляются в почвах. В почвах городских лесов и лесопарков таёжно-лесной зоны поллютанты аккумулируются прежде всего в лесной подстилке и в гумусовых горизонтах. Магнитная восприимчивость почв парков г. Перми изучена не в полной мере, не оценена геохимическая роль магнитной фракции в их составе. По этой причине для принятия обоснованных природоохранных решений актуально проведение эколого-магнитного мониторинга почвенного покрова на территории рекреационных зон города.

Объектами исследования были урбо-дерново-мелкоподзолистые легкосуглинистые почвы на покровных отложениях. В пределах городского парка «Парк Победы» в Индустриальном районе г. Перми на модельной площадке были заложены почвенные разрезы и отобраны образцы. Физико-химические свойства почв определены согласно общепринятыми методами. Магнитная сепарация выполнена сухим методом. Объёмная магнитная восприимчивость (χ) измерялась на каппаметре КТ-6 (SatisGeo, Чехия). Валовой химический состав определен при помощи атомно-абсорбционного спектрометра iCE 3500 с пламенной атомизацией (Thermo Scientific, США).

В гумусовых горизонтах изученных почв содержание органического вещества составляет 5.74 %, реакция почвенного раствора среднекислая – $\text{pH}_{\text{KCl}} = 4.85$, сумма обменных оснований – 27.8 ммоль.экв/100 г.

В составе магнитной фракции поверхностных горизонтов почв были выявлены магнитные частицы сферической формы, доля которых достигает 70 % от общего количества магнетиков. Средняя величина магнитной восприимчивости (χ) магнитной фракции в составе лесных подстилок высокая – 101.5×10^{-3} СИ, в гумусовом горизонте $\chi = 81.9 \times 10^{-3}$ СИ. Валовое содержание тяжёлых металлов в поверхностных горизонтах почв составляет (мг/кг): Cu – 72, Zn – 67, Pb – 33, Ni – 30. В магнитной фракции поверхностных горизонтов содержание Co достигает 56 мг/кг. Полученные результаты исследования могут быть использованы для совершенствования системы мониторинга почв природоохранными службами города.

Работа рекомендована к.с.-х.н., зав. кафедрой агрохимии и почвоведения А.А. Васильевым.

Секция IV

*Цифровое почвенное
картографирование,
ГИС в почвоведении*

ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТОВ СПЕКТРАЛЬНОЙ
ЯРКОСТИ ПОЧВЕННЫХ ГОРИЗОНТОВ ПО ФОТОГРАФИЯМ

П.В. Васильев

Санкт-Петербургский государственный университет
st097601@student.spbu.ru

This research was conducted to show effectiveness of a wavelet analysis of images applied to identification of soil horizons. Special attention was given to advantages of wavelet analysis in compare to using common color spaces such as Munsell color system or CIE $L^*a^*b^*$ in determination of borders and thickness of soil horizons.

Морфологический признак почвы, на который обращают внимание почвоведы в первую очередь – это цвет. Он является характерным диагностическим признаком почвы и заключает в себе значительную информационную емкость.

Для того чтобы перейти от словесного описания цвета почвы к его численной характеристике используют различные оптические системы. Наиболее популярными на сегодняшний день среди почвоведов являются оптические системы Манселла, системы CIE $L^*a^*b^*$ и CIE XYZ. Однако в случае с почвами, профили которых слабо дифференцированы по цвету (глееземы, торфяные почвы, подзолистые почвы, развитые на песках и супесях, и т.д.), идентификация горизонтов может быть затруднена. Особенно ярко эта проблема выражена при определении границ генетических горизонтов по фотографии и присвоения почве того или иного положения в классификации. В этом случае находит своё применение вейвлет-анализ изображений.

Вейвлет-анализ – способ масштабирования функции (или сигнала), который делает некоторые величины исходного сигнала или области пространства более поддающимися изучению на количественном уровне. Сегодня в прикладных науках практически нет ни одной области, которую в той или иной мере не затрагивал бы анализ сигналов или в пределе – спектров при помощи вейвлет-функций, более точно, вейвлет-мультифрактального анализа.

Вейвлет-анализ позволяет определить по изображению почв неоднородность распределения коэффициента спектральной яркости (КСЯ), проанализировать на количественном уровне неочевидные различия величины КСЯ и тем самым выделить различные оптические области, уточнить границы и мощность почвенных горизонтов. Определе-

ние цвета и спектральной яркости почв – дело субъективное, зависящее от особенностей индивидуального восприятия исследователя, поэтому возможность использования более мощного и менее субъективного способа анализа цветовых оттенков и спектральной яркости изображений почвенных разрезов является перспективной.

При фотографировании почвенного разреза на фотографии фиксируется часть отражательной способности почв, описываемая величиной коэффициента спектральной яркости τ , определяемого как отношение величины диффузного отражения поверхности почвы к величине диффузного отражения от идеально белой поверхности. Помимо того, из фотографии извлекают величину интегральной яркости поверхности почвы, определенную на всей области видимого спектра от 400 до 750 нм. Все перечисленные и дальнейшие операции и визуализация результатов производятся с помощью программного обеспечения, например, Wavelet Toolbox на базе MATLAB.

В большинстве полученных результатов анализа изображений профилей почв вейвлет-анализ показал свою эффективность. Таким образом, используемый подход может быть рекомендован как средство морфометрического анализа почв со слабо дифференцированным профилем или как вспомогательный метод уточнения мощности, глубины залегания и наличия диагностических горизонтов почв при камеральной обработке результатов полевых исследований.

Работа рекомендована к.с.-х.н., в.н.с., доц. К.Г. Моисеевым.

УДК 631.481

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЗАПАДИН НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОГО ОПОЛЬЯ

Е.А. Государева

МГУ имени М.В. Ломоносова, ekaterina_gos@mail.ru

The study examines the spread of depressions in Bryansk Opolie. Hollows redistribute water flows and protect soils from plowing. Using Google Earth tools, about 1 000 different depressions were identified and statistically analyzed on the territory of 82 000 hectares. Geostatistical analysis was performed in the QGIS and ArcGIS programs.

Западинные урочища широко распространены на территории Брянского Ополья. Почвенный покров представлен в основном дерново-подзолистыми, серыми лесными и серыми лесными оглееными почва-

ми. Размеры западин редко превышают 100×100 м, однако на некоторых полях число таких урочищ может исчисляться несколькими десятками, что чрезвычайно затрудняет проведение сельскохозяйственных обработок. Обычно они остаются необработанными, а территория вокруг них обрабатывается. Урочища являются естественными перехватчиками смываемых с повышенных мест удобрений, пестицидов и радионуклидов, попавших на территорию Брянской области вследствие Чернобыльской аварии. Тем самым создаются центры локального химического и радиоактивного загрязнения, которые могут существовать длительное время. Урочища также могут быть рефугиумами различных инвазивных растений, распространяющихся в связи с изменением климата. Дополнительное поступление воды в урочища влияет на водный режим территории.

Распространение естественных западин было оценено на территории площадью около 82 тыс. га с использованием космических снимков сверхвысокого разрешения. В работе были использованы современные агрегаторы детальных снимков, такие как Google Earth. Западины были выделены вручную. Для идентификации использовались маркеры, включающие лесную и болотистую растительность, водную поверхность, а также изменённый цвет растительности вследствие повышенной влажности в пониженных участках. В ряде случаев границы старых западин выявлялись по возрасту лесной растительности. Геостатистический анализ проводился в программах QGIS и ArcGIS.

Около 1000 атрибутированных полигонов были собраны в базу данных для дальнейшего статистического анализа. Они были разделены на естественные (около 700 шт.) и антропогенные, обусловленные мероприятиями для обеспечения водопоев скота компании «Мираторг». Распределение площадей естественных западин с высокой точностью описывается несколькими последовательными степенными функциями, что позволяет аппроксимировать его несколькими фрактальными моделями.

Работа рекомендована д.б.н., доц. В.П. Самсоновой.

ОЦЕНКА НЕЙТРАЛЬНОГО БАЛАНСА ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ
ПРИМОРСКОГО КРАЯ

М.А. Киракосян

Московский авиационный институт
marlena.kirakosyan.02@mail.ru

The aim of this research is to assess the neutral balance of land degradation in the Primorsky Krai region. The research is based on three indicators: land productivity, land cover, and organic carbon content in the soil.

Для оценки деградации земель был использован индикатор продуктивности растительности, который измеряется с помощью нормализованного разностного индекса растительности (NDVI). Этот индекс рассчитывается на основе данных спутникового мониторинга и отражает способность земли поддерживать рост растений. Высокие значения NDVI указывают на здоровую растительность, тогда как низкие значения могут свидетельствовать о деградации почвы. Вторым индикатором является растительный покров. Наличие густого и разнообразного покрова играет важную роль в предотвращении эрозии почвы и поддержании биоразнообразия. Третий индикатор – содержание органического углерода в почве. Органический углерод является ключевым показателем здоровья почвы, его снижение может свидетельствовать об утрате плодородия и деградации земель. Для оценки этого показателя были проведены анализы почвы с целью выявления изменений содержания органического вещества в пределах исследуемой территории.

В результате проведенных расчетов нейтрального баланса деградации земель, используя три вышеупомянутых индикатора, было установлено, что значительная часть территории Приморского края не подвержена угрозой деградации. Сравнение полученных данных с фактической продуктивностью сельскохозяйственных культур, выраженной в форме NDVI, показало наличие позитивных тенденций. В частности, выявлена позитивная тенденция NDVI, что подтверждается улучшением состояния растительного покрова и стабильным состоянием содержания органического углерода в почве.

В заключение, для предотвращения дальнейшей деградации земель в Приморском крае необходимо внедрение комплексных и устойчивых мер, включающих агролесомелиорацию, севообороты, снижение применения химических удобрений, восстановление деградированных земель, создание эффективных систем орошения и водного управления.

Эти меры, направленные на восстановление плодородия почв и сохранение биоразнообразия, обеспечат устойчивое землепользование и долгосрочную экологическую стабильность региона.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-74-01050.

Работа рекомендована к.б.н., доц. кафедры 614 МАИ С.С. Огородниковым.

УДК 631.10

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ БОЛОТНЫХ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИРОДНОГО ПАРКА «НУМТО» (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

М.Д. Московченко

Тюменский государственный университет, moskovchenkomd@yandex.ru

This study used Landsat 8, ASTER GDEM, and vegetation maps to map mire soils in Numto Nature Park. Gradient Boosting and DeepLabV3 models achieved similar accuracy (~76 %), with neural networks excelling in permafrost and mesotrophic and eutrophic mire mapping.

В Западной Сибири болота занимают около 104 млн га, оказывая значительное влияние на глобальный баланс углерода и климат. В зоне прерывистого распространения многолетней мерзлоты в Западной Сибири почвы бугристых болот чаще всего являются мерзлыми, а почвы остальных типов болот – немерзлыми. Деструктивное влияние климатических изменений на мерзлые болота делает актуальной разработку моделей, позволяющих проводить картографирование типов болотных почв для оценки территорий, которые могут быть подвержены деградации. Целью данной работы является разработка оптимальной модели машинного обучения для картографирования типов болотных почв на территории природного парка «Нумто».

Для создания модели типов болотных почв были использованы снимки Landsat 8 за 4 времени года и ЦММ ASTER GDEM, в качестве предикторов, и карта типов болот природного парка «Нумто», в качестве целевой переменной. Была проведена первичная обработка данных, после чего предложены тренировочный, валидационный и тестовый наборы данных. Были сравнены данные, полученные от 15 различных моделей машинного обучения, в том числе 4 моделей классического машинного обучения и 11 нейронных сетей.

Среди моделей классического машинного обучения наилучших результатов (точность 79.95 % на тренировочном наборе и 75.1 и 75.73 % на валидационном и тестовом наборах), сравнимых с результатами нейросетей, достигла модель градиентного бустинга. Среди нейросетей лучший результат показала DeepLabV3 с экстрактором признаков ResNet50 (точность 80.14 % на тренировочном наборе и 75.28 и 75.76 % на валидационном и тестовом наборах). Также было выявлено, что большее количество параметров у нейросети не всегда приводит к улучшению результатов моделирования, а сверточные нейронные сети имеют преимущество над нейросетями с механизмом внимания.

При сравнении двух лучших моделей было выявлено, что с картографированием почв бугристых, мезотрофных и эвтрофных болот лучше справилась нейронная сеть, а при картографировании почв олиготрофных немерзлых болот обе модели показали одинаковую точность. Построение карт по результатам моделирования показало, что применение методов классического машинного обучения, не учитывающих пространственную структуру данных, приводит к зашумлению данных, а применение нейронных сетей позволяет сохранить исходную структуру и степень генерализации. Модели были успешно применены для картографирования типов болотных почв на нескольких смежных с исследуемой территорией участках.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Тюменский карбоновый полигон» (FEWZ-2024-0016).

Работа рекомендована к.г.н., доц. А.А. Юртаевым.

УДК 631.4

ПОПОЛНЯЕМАЯ ПРИРОДНО-АГРАРНО-ПОЧВЕННАЯ БАЗА
ДАННЫХ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН (УЗБЕКИСТАН)

О.Е. Погорелова

МГУ имени М.В. Ломоносова, olga_27072000@mail.ru

This paper examines the stage of creating the soil database of the Republic of Karakalpakstan, which includes the collection of soil and environmental data for assessing soil resources using a multi-level geographic information system (GIS).

Рассматривается один из этапов создания почвенной базы данных Республики Каракалпакстан – сбор почвенно-экологических данных для

оценки почвенных ресурсов Каракалпакии на основе анализа пространственных данных в многоуровневой геоинформационной системе (ГИС). Описаны виды анализируемых данных, использованные инструменты и технологии, а также визуализирована информация. Эти данные необходимы для оценки состояния почвенного покрова и разработки эффективных стратегий управления природными ресурсами.

Узбекистан, находясь в центре Центральной Азии, имеет уникальные экологические условия и разнообразные природные ресурсы. Однако экологические проблемы, возникшие в результате нерационального использования ресурсов, изменения климата и деградации окружающей среды, угрожают устойчивому развитию региона. На примере Каракалпакии будет проведен многоуровневый анализ почвенно-экологических характеристик, который будет способствовать пониманию экологической ситуации и разработке адекватных мер по её улучшению.

Данные по почвенно-экологическим характеристикам были собраны и обработаны в ГИС MapInfo Pro 17.0 На уровне Узбекистана в ГИС включены следующие данные: почвы, нормы годовых сумм осадков, процент водопотребления, общий объём продукции растениеводства, общий объём продукции животноводства. На уровне республики Каракалпакистан: доля засоленных земель, почвы, темпы роста производства с/х продукции. Для Нукусского района Каракалпакии: оценки качества орошаемых земель, почвенные разности, почвенные характеристики (гранулометрический состав, мощность гумусового слоя, содержание гумуса, содержание подвижных фосфора и калия, глубина залегания грунтовых вод, балл бонитета, засоление (Cl^- и SO_4^{2-}). Данные были визуализированы в виде карт и диаграмм, что позволяет легко интерпретировать информацию по различным аспектам почвенного состояния.

Разнообразие почвенных типов Узбекистана, обусловленное разными климатическими условиями и географическими особенностями, существенно влияет на сельское хозяйство страны. Низкий уровень содержания гумуса в почвах и проблемы высыхания Аральского моря ставят перед гидромелиоративными службами задачи по повышению плодородия и качественного восстановления земель. Проблемы, связанные с засолением земель в Каракалпакистане, требуют комплексного подхода и более эффективного использования водных ресурсов. Водопотребление в сельском хозяйстве остаётся критическим фактором, потому что на него приходится основная доля потребления. На фоне изменений климата и снижения уровня водоёмов важно учитывать взаимодействие всех компонентов природной среды и социально-экономических сфер.

Применение геоинформационных технологий предоставляет новые возможности для мониторинга окружающей среды, оценки и управления ресурсами. Эти инструменты не только улучшают процесс анализа, но и способствуют разработке дифференцированного подхода к каждому региону с учётом его специфики. ГИС могут визуализировать словесную информацию и данные, преобразовывая их в карты, что упрощает принятие управленческих решений и повышение эффективности природопользования.

Работа рекомендована д.б.н., проф. И.О. Алябиной.

УДК 631.4

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ N. KJUN ДЛЯ ЕЖЕДНЕВНОГО МОНИТОРИНГА АГРОЭКОСИСТЕМ

М.И. Титова

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени
К.А. Тимирязева, tmi01.maria@gmail.com

The article presents the results of applying the FFP model for daily analysis of the spatial structure of the footprint in barley agroecosystems during the 2023 growing season. The integration of eddy covariance data with spatial data enabled the assessment of primary productivity and ecosystem respiration, contributing to the advancement of digital soil mapping tasks.

Современные вызовы, связанные с глобальным изменением климата, требуют детального изучения процессов, происходящих в агроэкосистемах. Одной из ключевых задач является мониторинг пространственно-временной динамики углеродного баланса и потоков парниковых газов, влияющих на продуктивность и экологическую устойчивость агроэкосистем. В этом контексте важную роль играет использование цифровых методов моделирования и ГИС-технологий.

Метод вихревых ковариаций (eddy covariance) является одним из наиболее точных инструментов для измерения вертикальных потоков вещества и энергии на уровне экосистемы. Используя его, можно напрямую оценивать обмен углерода, воды и тепла между экосистемой и атмосферой. Физическая суть метода заключается в высокоскоростных измерениях изменений концентрации исследуемых газов и вертикальной компоненты ветра, что позволяет рассчитывать количество вещества, перемещающегося через границу экосистемы.

Одним из важных этапов анализа данных вихревых ковариаций является расчет футпринта – области поверхности экосистемы, из которой поступают измеряемые потоки.

Модель Flux Footprint Prediction (FFP) предоставляет возможность количественного анализа размеров источников и стоков потоков вещества и энергии на уровне экосистемы. В данном исследовании рассматривается возможность применения модели FFP для ежедневного мониторинга пространственной структуры футпринта агроэкосистем в течение всего вегетационного периода. Этот подход позволяет интегрировать результаты вихревых ковариаций (eddy covariance) с пространственными данными, включая почвенные карты, данные дистанционного зондирования и климатические параметры, что особенно актуально для задач цифрового почвенного картографирования.

Анализ футпринта по методу FFP был проведен за вегетационный период 2023 года на поле с посевами ячменя. Совмещение данных футпринтов с полученной *in situ* информацией о неоднородности посевов позволила рассчитать удельную скорость потоков. Алгоритмы разделения потока на первичную продуктивность и экосистемное дыхание позволили оценить удельную первичную продуктивность на единицу биомассы ячменя на уровне поля.

Работа рекомендована к.б.н., доц. А.М. Ярославцевым.

УДК 504.53

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА НАРУШЕННОСТИ ПОЧВ КАВКАЗА

И.Д. Цвелев

Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы,
Москва, Россия, tswelev-i@yandex.ru

The study focuses on the long-term dynamics of soil disturbances in the Caucasus, addressing both natural (landslides, rockfalls) and anthropogenic factors. It aims to classify disturbed soils, analyze their changes using Landsat data, and create detailed disturbance maps.

Территория Кавказа характеризуется сложным рельефом, разнообразием климатических условий и интенсивной антропогенной нагрузкой, в результате чего почвенный покров подвергается значительным нарушениям. Оценка многолетней динамики состояния почв имеет ключевое значение для понимания влияния на почвы естественных и антропогенных факторов, а также для разработки эффективных мер по

мониторингу состояния почв и их восстановлению. Целью исследования является изучение динамики нарушенности почв Кавказа и пространственно-временной анализ многолетних изменений на основе данных дистанционного зондирования Земли.

Была разработана классификация нарушенности почв, учитывающая природные и антропогенные факторы, а также типы и площади почв, подвергшихся изменениям.

В рамках исследования проведен анализ динамики состояния почв на основе данных дистанционного зондирования за период в 40 лет. Для этого были выбраны оптимальные сроки съемок, учитывающие сезонные особенности региона.

На первом этапе проведено дешифрирование снимков с использованием индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), что позволило выделить три основных типа поверхности: растительность, вода и открытая почва. Для каждого типа поверхности определены пороговые значения NDVI, которые варьируются в зависимости от сезонных и климатических условий. На основе этих данных созданы карты типов поверхности для двух временных срезов (с интервалом в 40 лет), что позволило визуализировать изменения почвенного покрова.

Для проверки точности карт использована методика верификации, включающая создание сетки из нескольких сотен точек на каждой сцене. Тип поверхности в каждой точке был определен визуально и сопоставлен с данными дешифрирования.

Ожидается, что результатом исследования станет карта динамики состояния нарушенных почв Кавказа за весь период наблюдений, а также выявление причин изменений, связанных с природными процессами и антропогенной деятельностью. Полученные данные позволят дать рекомендации по мониторингу и восстановлению нарушенных земель, что сделает возможным их использование в сельском хозяйстве. Исследование не только расширит научные представления о динамике почвенного покрова Кавказа, но и станет важным инструментом для решения экологических и социальных задач в условиях изменяющегося климата и растущего антропогенного давления.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. И.Ю. Савиным.

Секция V

Земледелие и мелиорация почв

ECOLOGICAL IMPACT OF HERBICIDE: EFFECTS ON SOIL MICROBIAL ACTIVITY AND FUNCTIONAL DIVERSITY

Asok Kumar Sreekala Anupriya
Bulgaria, Agricultural University – Plovdiv,
Anuasok20@gmail.com

This review explores the multifaceted effects of herbicide application on soil microbial diversity, functional activity, and overall soil health, synthesizing findings across various studies to highlight both immediate and long-term impacts. Research indicates that herbicides can initially disrupt microbial communities by suppressing sensitive bacterial species, while promoting the growth of certain fungi, actinomycetes, and other tolerant microbes. These shifts often result in an imbalance where some microbial groups flourish under the selective pressure of the herbicide, while others are diminished or eradicated. The impact on microbial community composition varies based on soil type, with greater availability in sandy soils and reduced effects in soils rich in organic carbon. Herbicides also influence key microbial functions, such as enzyme activity and nutrient cycling. Enzyme activities, particularly those involved in nitrogen cycling, often decrease shortly after herbicide application, but microbial communities generally show resilience over time. Short-term studies consistently report declines in microbial diversity and enzyme activity, whereas long-term observations suggest adaptive responses and the emergence of herbicide-tolerant species, alongside shifts favoring specific microbial groups. Differences in study outcomes are frequently attributed to geographic and methodological variability, with greenhouse studies often showing more pronounced effects than field studies. Overall, the ecological impact of herbicides tends to diminish over time as microbial communities adapt, stabilize, and sometimes increase in diversity, potentially forming a new equilibrium shaped by selective pressures from the herbicide. This synthesis provides a nuanced understanding of herbicide effects on soil ecosystems, with implications for sustainable herbicide management and agricultural practices.

The paper is recommended by Doctor, Asst professor Katya Dimitrova.

SOCIO-ECONOMIC IMPACTS OF SOIL RECLAMATION IN POST-MINING REGIONS

K. Lazarević, M. Todosijević, V. Nikolić Jakanović,
R. Kovačević, T. Vulević

University of Belgrade, Faculty of Forestry, Republic of Serbia
katarina.lazarevic@sfb.bg.ac.rs

This paper aims to examine the socio-economic impacts of soil reclamation in post-mining regions, with a focus on the critical role of soil degradation due to mining activities. Soil degradation is a global issue that is especially severe in mining regions. Removing the topsoil for raw mineral extraction in open-pit mines causes the loss of fertile soil, disruption of ecosystems, and increased sensitivity to erosion and contamination. In today's economy, mining remains a critical industry, but soil reclamation in post-mining regions must be our new priority. Soil reclamation is a process of restoring disturbed land to its original or some other use. Successfully executed soil reclamation brings a variety of socioeconomic benefits to local communities. Restored land brings back the population that was once moved for mine opening, along with new job opportunities, whether in agriculture, construction, or environmental rehabilitation. Healthy soil has an increased capacity for carbon sequestration, which helps with climate change mitigation. Stabilized soil and reintroduced vegetation prevent erosion and help mitigate natural disasters such as floods or landslides. In this paper, several case studies were analyzed in order to present the importance of soil reclamation for the recovery of devastated regions and its socioeconomic benefits.

УДК 631.4

НАКОПЛЕНИЕ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ПРОФИЛЮ И МИГРАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА В МЕЛИОРИРОВАННЫХ ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Басаргина

Калининградский государственный технический университет, Центр
Агрохимической службы «Калининградский», anna.basargina.96@mail.ru

The results of monitoring nitrate and ammonium nitrogen are presented. The relationships of mineral nitrogen reserves with humus content and granulometric composition have been revealed. The main removal of nitrate nitrogen from the drainage runoff occurs during the winter months.

Мониторинг минерального азота нацелен на изучение временно-го ряда с разной увлажненностью (сухие, средние и влажные годы по количеству осадков в отношении среднемноголетней нормы) в севообороте с типичными культурами и агротехнологиями их выращивания. Особое внимание уделяется влиянию водного режима и генетических свойств почв на миграцию в условиях осушаемых агроландшафтов. В работе использован массив данных оперативной диагностики весенних запасов минерального азота и результаты детальных круглогодичных исследований на участке многолетнего почвенно-гидрологического мониторинга в Зеленоградском городском округе.

Установлены взаимосвязи накопления минерального азота в пахотных почвах региона с содержанием гумуса и гранулометрическим составом. Одним из условий закрепления аммонийного азота является уровень реакции среды, оптимум которого лежит в интервале pH_{KCl} в интервале 5.6–6.0. Формы, дозы и приемы внесения удобрений оказывают существенное влияние на интенсивность биологического поглощения азота. Обнаружено, что при поверхностном применении (взброс) азотных подкормок на фоне весенней засухи возникает явление избыточного накопления аммонийного и нитратного азота в пахотном горизонте дерново-глеевых почв понижений с десуктивно-выпотным водным режимом, что ведет к угнетению растений.

Распределение минерального азота по профилю почв имеет выраженные сезонные и погодные различия. Высокая пространственная пестрота обусловлена как индивидуальными особенностями почв, так и поверхностными и внутрипочвенными потоками в зависимости от характеристик мезо- и микрорельефа. Миграция нитратов по профилю обусловлена глубиной промачивания и капиллярным подтягиванием в течение вегетационного периода.

В большинстве оглеенных осушенных дерново-подзолистых и буроземных почвах активная миграция нитратов на глубину более 1 м начинается с ноября. В декабре – феврале фиксируется максимум нитратного азота в верховодке и дренажных водах открытых каналов (50–150 мг/л). На этот же период приходится пик стока дренажных вод.

Калининградская область относится к Прибалтийской почвенной провинции дерново-подзолистых почв с высоким количеством осадков и повсеместным осушением почв. Поэтому объемы выноса нитратов с пахотных угодий превышают значения для Среднерусской и Белорусской провинций и находятся в интервале 20–50 кг/га в пересчете на действующее вещество.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. О.А. Анциферовой.

ФОСФАТНЫЙ РЕЖИМ
В ПОЧВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

А.С. Березовский, И.В. Агурова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Донецкий ботанический сад», berezovskiias@list.ru

The aim of the work was to study the phosphate regime and the degree of supply of agricultural soils with mobile phosphates, as well as to determine the phosphatase activity of the surveyed soils as a diagnostic sign of the content of mobile phosphorus in the soil.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве при выращивании культур важным аспектом является недопущение снижения почвенного плодородия. Фосфор относится к одному из главных макроэлементов, необходимых для роста и развития растений, поскольку участвует в синтезе белков и углеводов, отвечает за рост и развитие корневой системы, а также за повышение урожайности сельскохозяйственных культур. Мониторинг содержания подвижного фосфора в пахотных землях дает возможность контролировать состояние и оценивать уровень их плодородия, при этом, особое внимание уделяется проведению долгосрочных исследований. Фосфатазы осуществляют биохимическую мобилизацию органического фосфора – он переводится в доступные для растений формы. Цель работы было изучение фосфатного режима почв сельскохозяйственных угодий подвижными фосфатами, а также определение фосфатазной активности исследованных почв.

Исследования проводились на мониторинговых участках различной степени деградации южной части Шахтерского района Донецкой Народной Республики.

Проведенные исследования показали, что на характер распределения подвижных фосфатов существенное влияние оказывает положение поля в системе севооборота, возделываемая культура и культура-предшественник. Максимальное снижение содержания подвижных фосфатов наблюдалось в пахотном горизонте под культурами, формирующими большую фитомассу (кукуруза и подсолнечник). Бессменное возделывание зерновых и использование в качестве предшественника кукурузы также привело к снижению содержания подвижных фосфатов.

Максимальная активность фосфатазы отмечалась на участках под кукурузой и подсолнечником. По данным ряда исследований при недостатке в почве доступного фосфора происходит дополнительное выделение ферментов микроорганизмами и растениями, что ведет к увели-

чению фосфатазной активности. Кукуруза и подсолнечник относятся к группе культур с большой биомассой. Они потребляют значительные количества элементов минерального питания, что и приводит к истощению почвы. Минимальные значения активности фосфатазы были зафиксированы на участках под пшеницей.

Таким образом, на характер распределения подвижных фосфатов наибольшее влияние оказывает положение поля в системе севооборота, возделываемая культура и культура-предшественник. При недостатке подвижного фосфора в почве повышается активность фосфатазы.

Работа рекомендована к.б.н., в.н.с. Д.В. Сыщиковым.

УДК 631.4

ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАЛЕЖНЫХ
АВТОМОРФНЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
НА ПРИМЕРЕ ВОЛОСОВСКОГО РАЙОНА

Е.В. Гостинцева

Санкт-Петербургский государственный университет

e.v.gostintseva@yandex.ru

The problem of fallow soils is very relevant. An objective assessment of the current state of soils under deposits is necessary. The object of the study is fallow automorphic sod-podzolic soils. There is a decrease in pH_{KCl} . There is also a decrease in the content of humus.

Проблема залежных земель очень актуальна в России на сегодняшний день. В Ленинградской области насчитывается 113 тыс. га неиспользуемой пашни, пригодной ко вводу в сельскохозяйственный оборот, что составляет 1/5 от площади всех сельхозугодий или 1/3 от площади всей пашни в регионе. Необходима объективная оценка современного морфологического строения почв, а также их свойств под залежами, чтобы определить приоритетность и целесообразность ввода в оборот неиспользуемых земель.

Объектом исследования являются залежные автоморфные дерново-подзолистые почвы в Волосовском районе Ленинградской области. Почвенные разрезы были заложены в 2023 г. на территории бывшего совхоза «Ударник» на месте опорных разрезов, заложенных во время почвенного обследования 1976 г. Участки для обследования были отобраны на основании их будущего введения в оборот в качестве пашни.

Были изучены современные и архивные данные и на их основании сделано заключение о динамике агрохимических показателей почв.

Разрез 14 был заложен на месте разреза 202 предыдущего тура обследования. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая на карбонатной морене. Разрез 18 был заложен на месте разреза 200 предыдущего тура обследования. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая на бескарбонатной морене. По данным обследования 1976 г. эта почва имела признаки слабого оглеения, в 2023 г. данные признаки не были обнаружены. Возраст залежи порядка 15 лет, участки покрыты лесостарником. На момент обследования 1976 г. участки находились в интенсивном сельскохозяйственном использовании (табл.).

Таблица. Агрохимические показатели почв по данным обследования 2023 и 1976 гг.

№ разреза/год обследования	Глубина отбора	Горизонт	pH _{KCl} , ед	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Гумус, %
14 2023	0–35	Апах	6.1	600	317	5.20
	35–53	А2В	7.2	97	156	0.60
	53–75	ВС	6.5	11	83	0.66
202 1976	0–22	Апах	6.8	100	300	6.88
	22–32	А2	6.8	–	–	–
	50–60	В	6	–	–	–
	100–110	С	7.5	–	–	–
18 2023	0–28	Апах	5.1	25	68	7.00
	29–38	А2В	4.9	19	47	2.00
	38–80	ВС	5.1	14	35	0.99
200 1976	0–25	Апах	5.6	12.5	25	9.46
	30–40	А2В	5.2	–	–	–
	50–60	В	4.6	–	–	–
	100–110	С	4.3	–	–	–

В обоих случаях наблюдается снижение показателя pH_{KCl} на 0.7 и 0.5 единиц, соответственно, что характерно для почв дерново-подзолистого типа при длительном отсутствии обработки. Также наблюдается снижение содержания гумуса на 1.68 и 2.46 %, соответственно, что также является закономерным при выведении сельскохозяйственных угодий из активного оборота. Содержание фосфора и калия в современных почвах выше, чем 27 лет назад, что может свидетельствовать об активном применении минеральных удобрений в период после 1976 г. и до момента вывода земель из сельскохозяйственного оборота.

Работа рекомендована д.г.н., проф. А.В. Русаковым.

РЕАКЦИЯ БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ БАКТЕРИЙ
НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ (ПОДЗОЛОВ ИЛЛЮВИАЛЬНО-
ЖЕЛЕЗИСТЫХ) ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ

А.И. Грошева¹, Ю.Д. Сергеева¹, А.В. Дурягин²,
Г.Р. Фаррахова², М.А. Абдуллина¹

¹МГУ имени М.В. Ломоносова

²Сургутский государственный университет, groshevalyona@yandex.ru

The impact of diesel fuel contamination on bacterial bioluminescence in illuvial-ironous podzols was investigated. Results show that contamination age influences bacterial response, with older contamination causing less inhibition of growth.

В целом ряде исследований приводятся сведения о модуляции активности почвенных микробиомов под влиянием тех или иных нефтепродуктов. Эффекты дизельного топлива (ДТ), представляющего собой летучую керосино-газойлевую фракцию нефти, нередко разнонаправлены, оказываются как стимулирующими, так и ингибирующими, например, по отношению к ферментативной активности в зависимости от почвенных свойств и климатических условий. Особую актуальность в последнее время приобрели вопросы сохранения Арктических биомов, которые подвергаются воздействию продуктов нефтепереработки. В результате разливов ДТ, которое грибы и бактерии могут использовать в качестве питательных компонентов, увеличивается высвобождение медленного углерода из арктической почвы. Это вызывает особый интерес к анализу токсических эффектов нефтепродуктов, включая ДТ, на бактерии.

С помощью бактериальной тест-системы, основанной на реакции биолюминесцентного штамма *E. coli*, мы оценили влияние возраста и дозовой нагрузки загрязнения образцов северных почв (ХМАО) – подзолов иллювиально-железистых в условиях модельного загрязнения. Анализировали эффекты ДТ в дозах 5, 10 и 20 г/кг через 6 месяцев (старое загрязнение) и 3 недели (свежее загрязнение). Водные экстракты почв для биотестов готовили в соотношении 1:4. Наличие нефтяных загрязнений детектировали с помощью флуоресценции непосредственно в водных почвенных вытяжках с помощью флуориметра Solar CM2203.

Согласно результатам стандартного бактериального биотеста, ДТ в присутствии питательных веществ почвы, следует отнести к неток-

сичным загрязняющим веществам. Однако снижение билюминесценции относительно незагрязненной почвы свидетельствует об угнетении развития бактерий как при старом, так и при свежем загрязнении. При этом зависимость доза-эффект для загрязнений разного возраста оказалась разнонаправленной.

Вывод. Основываясь на сравнении индекса билюминесценции бактерий в старом и свежем загрязнении дизельным топливом, можно сделать вывод о том, что возраст загрязнения оказывает влияние на угнетение развития бактерий: чем больше возраст загрязнения, тем меньше угнетение. При этом в свежем загрязнении возрастание билюминесценции с увеличением концентрации ДТ, возможно объясняется стимулирующим эффектом углеводородных компонентов, тогда как в старом загрязнении в относительно невысокой дозе (5 г/кг) они иссякли, и рост бактериальной люминесценции наибольший при 20 г/кг.

Исследование выполнено в рамках гранта РФФ № 24-14-20030.

Работа рекомендована д.б.н. В.А. Тереховой и к.б.н. О.С. Суторминым.

УДК 631.438.2

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ
ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.Д. Иванова

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет
verochka_2006@mail.ru

The minimum agrochemical parameters of the soil for growing garden strawberries in the conditions of the Leningrad region are given. The amount and timing of application of organic and mineral fertilizers are recommended.

Земляника садовая является одной из ведущих многолетних ягодных культур в Российской Федерации. Её культивируют как в крупных агропромышленных комплексах, так и в частных хозяйствах. Анализ статистических данных показывает, что потребление земляники садовой населением существенно ниже необходимого уровня. В условиях Северо-Запада России урожайность этой культуры во многом определяется почвенными условиями.

Цель исследования – установить необходимые почвенные условия для выращивания земляники садовой в Ленинградской области.

В условиях Северо-Запада России землянику садовую культивируют на суглинистых и супесчаных почвах. Плохой дренаж приводит к тому, что весной и осенью наблюдается повышенное переувлажнение, приводящее к выпадению растений, их замедленному развитию и снижению урожайности. Но дренирование необходимо проводить сбалансировано с учетом того, что сухость также отрицательно сказывается на развитии растений и приводит к снижению продуктивности.

Для выращивания этой культуры необходима определенная рыхлость почвы обеспечивающая с одной стороны высокую воздухо- и водопроницаемость, а с другой, стороны способствующая длительному удерживанию влаги. Для увеличения порозности и уменьшения плотности почвы вносят большое количество органических удобрений и проводят систематическую обработку.

Растения хорошо развиваются и плодоносят на нейтральных и слабокислых почвах. Кислые почвы, одним из индикаторов которых является покраснение листьев у земляники в начале вегетационного периода, необходимо нейтрализовать известью, которую вносят за год до посадки. Минимальные агрохимические показатели почвы для выращивания земляники садовой следующие: гумус 2.8 %, калий 20–24 мг на 100 г почвы, рН солевой вытяжки 4.7–5.0.

Культивирование земляники садовой требует определенного содержания органических и минеральных удобрений, без избытка азотистых удобрений, которые вызывают развитие зеленой массы, сопровождающейся снижением урожая ягод.

Под перекопку вносят 3–4 кг перепревшего навоза или компоста, на бедных почвах его количество увеличивают до 6–8 кг, 30–40 г двойного суперфосфата, 15–20 г KCl или K₂SO₄ на 1 м², или в пересчете на действующее вещество калийных и фосфорсодержащих удобрений 6–8 г/м². Органические удобрения можно вносить в два приема под перекопку до высадки и при последующем рыхлении.

Данные рекомендации предложены для выращивания в Ленинградской области сортов земляники садовой, предназначенных для проведения дальнейшей селекционной работы.

Работа рекомендована: к.б.н., доц. Д.М. Ивановым.

УДК 631.452 (571)

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ
РЕГИОНОВ СИБИРСКОГО ОКРУГА

Т.С. Иванова

ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет,
ele693473115@yandex.ru

Conducted on the basis of the soil-ecological index, a qualitative assessment of the soils of agricultural lands of the Krasnoyarsk, Trans-Baikal and Irkutsk regions, the Republics of Buryatia, Khakasia Tuva and Sakha (Yakutia) reflects the natural potential of agricultural land in points (from 1 to 100).

Качественная оценка почв предполагает проведение почвенно-экологической оценки на основе расчетов почвенно-экологических индексов (ПЭИ), в которой нашло количественное отражение природного потенциала сельскохозяйственных земель в баллах (от 1 до 100), при этом максимальный 100-балльный индекс принадлежит черноземам типичным Краснодарского края.

В структуре почвенного покрова сельхозугодий Красноярского края доминируют черноземы обыкновенные и выщелоченные черноземы. Они имеют максимальные баллы ПЭИ 46.8 и 50.3. Наименьшую величину ПЭИ показали дерново-подзолистые и серые лесные почвы, у которых итоговый ПЭИ индекс составил 20.5 и 28.4, соответственно. Среди агропочв в Иркутской области наибольшую площадь пашни занимают серые лесные и дерново-карбонатные почвы с индексом ПЭИ 20.2 и 19.8 баллов, соответственно. Дерново-подзолистые почвы и, особенно, каштановые почвы показали наименьшую величину ПЭИ – 15.1 и 8.5 баллов, соответственно. Максимальные баллы ПЭИ принадлежат черноземам выщелоченным, обладающих наиболее высоким уровнем плодородия – 38.9 баллов.

Расчет ПЭИ в агропочвах Бурятии показал меньшие его значения по сравнению с Красноярским краем и Иркутской областью. Минимальный балл ПЭИ оказался у каштановой почвы – 10.4, максимальный – у чернозема выщелоченный 36.4. Серые и темно-серые лесные почвы показали 15.1 и 27.8, а чернозем обыкновенный и южный – 30.6 и 23.8 баллов. Наибольшие значения ПЭИ в республике Хакасия выявлены у чернозема выщелоченного – 30.7 балла, а балл бонитета каштановой почвы оказался немного выше, чем в почве Приольхонья (Иркутская область), что связано, по-видимому, с постоянным орошением сельхозугодия.

В республике Тува агропочвы характеризуются довольно низкими показателями ПЭИ: чернозем обыкновенный – 16,4, чернозем южный – 13,2, каштановая почва – 6,2 балла. Значения индекса ПЭИ в агропочвах покрова Забайкальского края оказались очень низкими – около 20 баллов. Лимитирующими показателями при расчете итогового индекса стали климатический и почвенный показатели. Республика Якутия отличается тем, что вся ее территория лежит в зоне многолетней мерзлоты. Все агропочвы можно отнести к мерзлотными, поэтому значения индекса ПЭИ в них оказались самыми низкими по сравнению с другими регионами.

В целом, ограничивающим в исследуемых регионах продуктивность почв фактором, выступает жесткий недостаток тепла и атмосферной влаги. Повышение их плодородия и урожайности культур, особенно, в сухостепных ландшафтах возможно только при условии постоянного орошения и применения тепловых мелиораций.

Работа рекомендована д.б.н., проф. А.А. Козловой.

УДК 631.4

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БИОУГЛЯ ИЗ ОТХОДОВ ГРИБНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

К.М. Кавунбаева

Курский государственный университет, kawunbaeva@gmail.com

One of the promising ways of recycling is to obtain biochar from the waste of mushroom production and its subsequent use as a soil fertilizer. Biochar is an ecologically safe and highly effective soil fertilizing material.

Проблемы накопления и хранения в окружающей среде отходов грибных производств имеет обширный ряд последствий, негативно сказывающихся на экологической обстановке.

Во-первых, даже при работе малых грибных производств (1000 тонн грибов вешенок в год) формируется до 1,5 тыс. тонн отходов в год, что приводит к отчуждению территорий для складирования отработанных блоков или к образованию стихийных свалок.

Во-вторых, при вторичном использовании отработанного субстрата (грибных блоков) в качестве удобрений для почв агроэкосистем без предварительной подготовки грибного субстрата может приводить к токсикации как самих почв, так и агропродукции микотоксинами.

В-третьих, после хранения (компостирования) грибных блоков в буртах и последующего внесения получаемых кислых ($\text{pH} \sim 5.7$) компостов в почву, происходит закисление последних.

Поэтому, в производства необходимо внедрять низкоуглеродные технологии переработки и утилизации органического материала грибных блоков. Наиболее экономически выгодной будет утилизация отходов методом двухступенчатой низкотемпературной и высокотемпературной термической обработки с получением конечного продукта в виде биоугля и его последующим использованием в качестве удобрения для почв агроэкосистем.

В работе исследовалась скорость потоков CO_2 с поверхности обработанных грибных блоков, хранящихся в буртах на территории грибных производств, а также влияние обработки агротемно-серых типичных почв биоуглем на скорость потоков CO_2 с их поверхности. Скорости потоков измерялись с использованием камерного метода. Почвы обрабатывались равными дозами термически обработанных материалов грибных блоков (субстратов) – соломы и подсолнечной лузги, а также этих же субстратов без термической обработки. В контрольном варианте удобрения в исследуемые почвы не вносились. Повторность опыта – трехкратная.

По проведенным нами исследованиям выявлено, что интенсивность субстратного дыхания хранящихся в буртах грибных блоков составляет от 76.4 до 189.1 г CO_2 / м² в сутки при разных уровнях разложения органического материала грибного блока.

Применение биоугля приводило к снижению почвенной эмиссии CO_2 на 34.8–50.9 %. Снижение активности почвенного дыхания было обусловлено изменениями кислотно-основных свойств исследуемой почвы после внесения удобрений. Максимальное снижение наблюдалось в варианте с применением биоугля на основе соломенных блоков, что связано с особенностями пористой структуры последнего, которая способствует удержанию органического вещества внутри почвенных агрегатов и, следовательно, позволяет замедлять темпы его биодеструкции. То есть применение этого варианта биоугля может существенно повышать секвестрацию углерода агротемно-серой типичной почвой.

Работа рекомендована к.б.н., доц. Н.П. Неведровым.

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ШПИНЕЛИ С ДОБАВЛЕНИЕМ НОВОГО КЛАССА СОЕДИНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

М.В. Киричков, Н.П. Шабельская

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, kirichkov@sfnu.ru

Composite sorbents based on spinels and nanoparticles of the metal-organic framework MIL-100(Fe) were synthesized using the hydrothermal method. X-ray diffraction analysis confirmed the formation of structurally similar spinels, with successful doping not causing significant peak shifts. Infrared spectroscopy further confirmed the presence of the organic linker and the absence of impurities, indicating the chemical purity of the synthesized composites.

Методом золь-гель гидролизного осаждения солей переходных элементов раствором аммиака в присутствии лимонной кислоты, в качестве темплата, синтезированы образцы неорганических супрамолекулярных соединений со структурой шпинели: NiFe_2O_4 , ZnFe_2O_4 и ZnCrFeO_4 . На основе шпинелей и наночастиц металлоорганического каркаса MIL-100(Fe) гидротермальным методом синтезированы композитные материалы с улучшенными сорбционными характеристиками: MIL-100@ NiFe_2O_4 , MIL-100@ ZnFe_2O_4 и MIL-100@ ZnCrFeO_4 . Композиты были получены направленным ростом частиц MIL-100(Fe) в порах и на поверхности шпинелей.

Рентгенодифракционный анализ исходных шпинелей (рис.) продемонстрировал отсутствие различий в их фазовом составе, что свидетельствует о формировании структурно близких соединений. Допирование ионами Zn(II), Ni(II) и Cr(III) не вызвало значимого смещения дифракционных пиков, что обусловлено сопоставимыми значениями ионных радиусов данных ионов с ионными радиусами ионов Fe(II) и Fe(III). В дифрактограммах синтезированных композитных материалов в области малых углов были зафиксированы рефлексии, характерные для кубической фазы MIL-100, что подтверждает успешное формирование металлоорганического каркаса на поверхности шпинелей в процессе синтеза.

Инфракрасные спектры композитных материалов, наряду с полосами поглощения, характерными для чистых шпинелей, продемонстрировали наличие колебательных полос, соответствующих 1,3,5-бензолдикарбоновой (тримезиновой) кислоте, которая выступает в качестве линкера в составе MIL-100. В частности, были зафиксированы колебания связей Fe–O, Fe–F, C–H, а также полосы поглощения, типичные для карбоксильных групп

COOH. Отсутствие посторонних сигналов свидетельствовало о химической чистоте полученных композитных материалов.

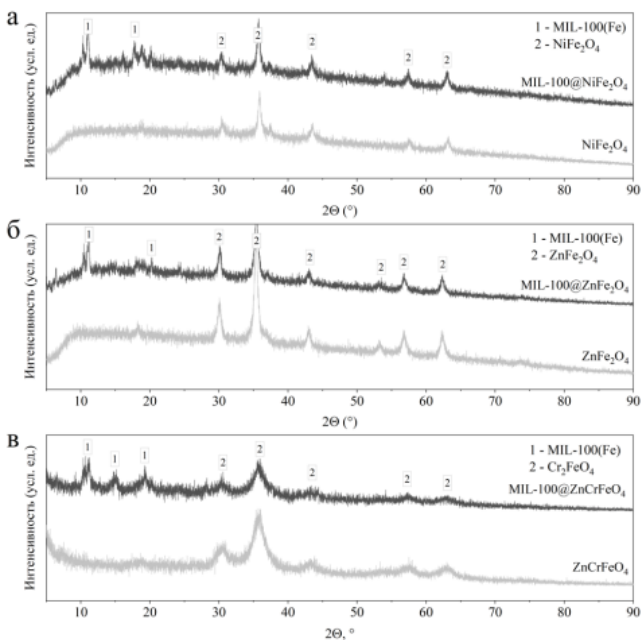


Рисунок. XRD паттерны исследуемых образцов.

Исследование выполнено при поддержке проекта Министерства науки и высшего образования РФ (FENW-2024-0001).

УДК 631.4

ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ ГРИБНЫХ БЛОКОВ В УСЛОВИЯХ АГРОЭКОСИСТЕМ КУРСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

А.Н. Куракулова

Курский государственный университет, kurakulova2005@yandex.ru

Recycling of organic waste from mushroom production will improve their environmental safety and optimize the applied agricultural technologies. The purpose of the work was an environmental assessment of the agrotechnology of the use of a soil-fertilizing material – biochar obtained from spent ligninocellulose mushroom blocks.

Биоуголь – экологически безопасный и весьма эффективный почвоудобрительный материал. Внесение биоугля в почвы способствует повышению продуктивности агроэкосистем, нормализует водно-воздушный режим почв, приводит к увеличению почвенного органического углерода в среднем на 3.8 % и позволяет снизить почвенную эмиссию закиси азота на 12–50 %, что, в целом, делает его перспективным для смягчения последствий изменения климата.

В работе исследовалось влияние различных форм органических удобрений, полученных из материалов отработанных грибных блоков, на агрохимические свойства агротемно-серых типичных почв. Исследование проводилось в лабораторных условиях на базе НИЛ экомониторинга. Почвы обрабатывались равными дозами термически обработанных материалов грибных блоков (субстратов) – соломы и подсолнечной лузги, а также этих же субстратов без термической обработки. В контрольном варианте удобрения в исследуемые почвы не вносились. Повторность опыта – трехкратная.

Обработка почвы органическими удобрениями на основе отработанных грибных блоков ожидаемо приводила к значимому увеличению содержания органического вещества. Применение удобрений на основе соломенных блоков позволяло увеличивать содержание органического вещества на 42.0–53.6 %, на основе блоков из лузги – на 14.5–37.7 %. Разницу в прибавке почвенного органического вещества в разных вариантах опыта, можно объяснить отличиями в качественном составе как самих грибных блоков (солома или лузга), так и отличиями в качестве полученного из них биоугля. Химический состав поступающей в почву органики в значительной мере определяет скорость трансформации органического вещества удобрений в органическое вещество почвы.

По содержанию макроэлементов отмечено значительное снижение относительно контроля подвижных фосфора (на 37.6 %) и калия (на 75.1 %), а также щелочногидролизуемых форм азота (на 34.3 %) в варианте опыта с биоуглем на основе грибных блоков из подсолнечной лузги, что обусловлено качественными характеристиками самого биоугля (размер фракции, пористость) и его адсорбирующими свойствами. В остальных вариантах опыта существенных изменений в содержании НРК в почвах не наблюдалось.

Работа рекомендована к.б.н., доц. Н.П. Неведровым.

АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХРОНОСЕРИЙНОГО РЯДА
АГРОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ

Т.И. Низамутдинов

Санкт-Петербургский государственный университет
t.nizamutdinov@spbu.ru

The article describes the trends of changes in agrochemical properties of agro-transformed permafrost soils near Salekhard city (Yamal-Nenets Autonomous Okrug).

Были изучены агрохимические характеристики хроносериального ряда агрогенно-преобразованных мерзлотных почв в окрестностях г. Салехард, (ЯНАО). Ведение сельского хозяйства открытого типа изменило естественные почвы (торфяно-альфегумусовые), что привело к их преобразованию в агропочвы с повышенным содержанием органического вещества и элементов питания. Используя хроносериальный подход, были проанализированы почвенные профили на действующих и заброшенных сельскохозяйственных полях для оценки изменений свойств почв за 25 лет. Для оценки содержания органического углерода (SOC), элементов питания (фосфора, калия и минеральных форм азота) и концентрации микроэлементов использовались стандартные лабораторные методы. Результаты показали, что с увеличением периода заброшенности, значительно снижается содержание SOC, соотношение SOC/глина и содержание доступных для растений питательных веществ, что свидетельствует о деградации почвы (рис.). Однако, несмотря на эти изменения, почвы сохранили агрономически ценную структуру, состояние которой оценивалось по соотношению SOC к содержанию глины в гранулометрическом составе. Концентрация микроэлементов (металлов) оставалась ниже фоновых значений для региона, что свидетельствует о минимальном экологическом риске.

Исследование подчеркивает хрупкость агрогенно измененных почв в субарктическом климате и указывает на необходимость устойчивого управления, чтобы сбалансировать высокопродуктивное сельское хозяйство и благоприятное экологическое состояние почв. Полученные результаты дают представление о проблемах деградации агропочв в полярных регионах, подчеркивая роль климата, истории землепользования.

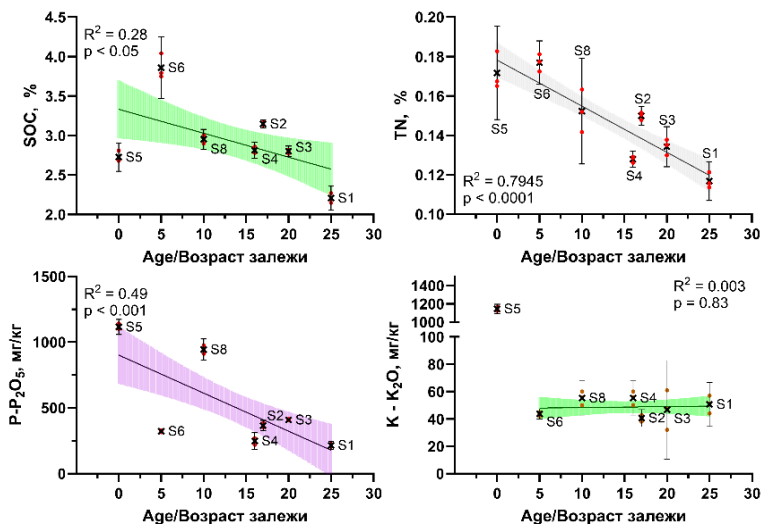


Рисунок. Динамика концентраций SOC, TN и доступных фосфора и калия. Среднее \pm 95 CI (n = 3).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 24-44-00006.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Е.В. Абакумовым.

УДК 631.415.3

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ОБЫКНОВЕННЫХ ПРИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

В.А. Павлова

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, PAVVTA@yandex.ru

The paper reveals the problems of changing the main indicators of soil fertility (humus content, density, structure and water resistance) during long-term agricultural use of arable chernozem soils. However, the degree of soil degradation during agricultural use depended on the crops being cultivated and the cultivation of the fields.

В результате сельскохозяйственного использования в почве происходят глубокие, а порой необратимые процессы, приводящие к дегра-

дации почвенного покрова. Важно и необходимо знать, в каком направлении идут современные эволюционные процессы в почвах. Поэтому возникает необходимость изучения основных показателей почвенного плодородия и их изменения при сельскохозяйственном использовании.

Исследования проводили в КФХ «Рыбкин Н.А.» Екатериновского района Саратовской области. Объектом исследований была почва – чернозем обыкновенный среднемощный среднегумусированный тяжелосуглинистый.

Исследования показали, что целинные черноземы содержали обшего гумуса 6.71 % и являлись среднегумусированными. На залежи содержание его снижалось до 4.20 % и почвы становились малогумусированными. На удобренных полях яровой пшеницы количество гумуса составило 6.41–6.61 %, приближаясь к целине. Самое низкое содержание гумуса было отмечено на паровом поле – 5.0–5.2 %.

Целинные почвы имели слегка уплотненное сложение, по сравнению с распаханymi участками, но плотность была оптимальной – 1.11–1.18 г/см³ в верхних слоях, и вниз по профилю увеличивалась до 1.22–1.27 г/см³.

Анализ результатов исследований по изменению структурно-агрегатного состава показал, что целинные черноземы характеризовались невысокой глыбистостью (17.6 %), низкой распыленностью (2.0 %) и высоким содержанием агрегатов размером 10–1 мм (80.4 %). На залежи снижалось количество агрономически ценной структуры (68.3 %) и увеличивалась глыбистость агрегатов. На всех старопахотных участках возрастала глыбистость структуры (31.7–45.0 %). Наибольший структурообразующий эффект свойственен для целины и многолетней залежи, где количество агрономически ценных агрегатов в слое 0–30 см было высоким и составило 77.9–88.3 %.

Содержание водопрочных агрегатов было наибольшим на целинном участке и составило 38.5 %. Самое низкое содержание водопрочных агрегатов отмечалось в почвах под посевами сои и подсолнечника и составляло соответственно 27.1–29.3 %. Длительная распашка полей привела к некоторому снижению водопрочности структуры пахотного слоя и увеличение ее в подпахотных горизонтах.

Таким образом, длительное использование пашни черноземных почв изменяло почвенное плодородие, но этот процесс зависел от возделываемых сельскохозяйственных культур и степени окультуренности полей.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. кафедры «Растениеводство, селекция и генетика» А.А. Беляевой.

НЕМАТОДЫ ЗАСОЛЁННЫХ ЛУГОВО-СЕРОЗЁМНЫХ ПОЧВ
И ИХ РОЛЬ В БИОДИАГНОСТИКЕ ДЕГРАДАЦИИ

Н.С. Пахрадинова, Ш. Эшназаров

Национальный университет Узбекистана, la.gafurova@nuu.uz

The study of soil nematodes of sierozem-meadow soils with different degrees of salinization has a number of features that are manifested in species diversity. When comparing nematode communities of saline soils, the most indicative are the Shannon species diversity index (H) and the Bongers nematode community maturity index (M1). The diversity (H) and maturity (M1) indexes (along with humus, NPK soil density, mechanical composition, degree and type of soil salinization) can serve as an indicator of soil degradation.

Известно, что во всем мире возрастает интерес к изучению почвенных организмов, в частности, почвенных нематод и их среды обитания как индикаторов состояния и качества почвенных экосистем [1, 2]. Они являются одними из многочисленных организмов, богатых по видовому составу и составляют до 90 % от численности беспозвоночных любого биоценоза и более 10 % по биомассе.

Установлено, что на орошаемых серозёмных-луговых почвах фитонематоды различаются по эколого-трофическому составу. Видовое разнообразие и численность фитонематод, обнаруженных в почвах неодинаковы, что объясняется зависимостью этого положения от химического состава, агрофизических свойств и степени засоления. Установлено, что в гумусовых почвах биоценотического комплекса нематод составляют сапрофаги.

Исследование почвенных нематод сероземно-луговых почв разной степени засоления имеют ряд особенностей, которые проявляются в видовом разнообразии. При сравнении сообществ нематод засоленных почв наиболее показательны – индекс видового разнообразия Шеннона (H) и индекс зрелости сообщества нематод Бонгерса (M1). Для незасоленных почв фауну нематод можно оценить как относительно разнообразную, где индекс разнообразия Шеннона (H) составляет – 1.40–2.55, индекс зрелости (M1) Бонгерса – 2.75–4.30. Для средnezасоленных почв индекс Шеннона (H) характеризуется несколько меньшими значениями – 1.2–1.6, индекс зрелости сообщества нематод Бонгерса (M1) – 2.0–3.5. Для сильнозасоленных почв индекс разнообразия Шеннона (H) характеризуется наименьшими значениями – 0.6–1.2, индекс зрелости Бонгерса (M1) – 1.8–2.2, что обусловлено состоянием почвенного покрова, отсут-

ствуем обильной растительности, наличием большого количества солей. Эти показатели характеризуют состояние окружающей среды, указывают на нарушение и ухудшение почвенных свойств. Индексы разнообразия (Н) и зрелости (М1) (наряду с гумусом, обеспеченностью НРК, плотности почвы, механического состава, степенью и типом засоления почвы) могут служить индикатором деградации почв.

Литература

1. Савкина Е.В., Джаланкузов Т.Д. Экологический мониторинг почвенных нематод в черноземах Северного Казахстана // Почвоведение и агрохимия. 2017, (2): С. 32.

2. Соловьева Г.А. Принципы и методы экологической фитонематологии. – Петродавдск, 1985. – 159 с.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Л.А. Гафуровой.

УДК 631.4: 631.417.1: 631.461

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОГО КОЛИЧЕСТВА ДНЕЙ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР НА РАЗМЕР МИНЕРАЛИЗУЕМЫХ ФРАКЦИЙ УГЛЕРОДА ПАХОТНЫХ ПОЧВ

В.Н. Пинской, Е.В. Чернышева

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
ФИЦ ПНЦБИ РАН, г. Пущино, pinskoy@inbox.ru

The effect of a different number of days of negative temperatures in winter was studied on example of Haplic Chernozems and Calcic Kastanozems. The content of different fractions of organic carbon was the highest in non-freezing samples. The maximum content of microbial biomass was found in Calcic Kastanozems after 56 days of freezing.

Показаны результаты вегетационного эксперимента по влиянию различных температур в зимний период (на протяжении 5 лет) на размер фракций активного пула органического вещества и микробную биомассу. Объектами исследований послужили агрочерноземы (Богучарский район) и агрокаштановые почвы (Ремонтненский район). Отбор образцов на ключевых участках осуществлялся до глубины 20 см. В лабораторных условиях почва была просеяна через сито 5 мм и рассыпана по контейнерам. Для каждого типа почв эксперимент проводился в 18 повторностях.

Схема опыта. Варианты вегетационного опыта: 1) почвы инкубировали в зимний период при отрицательных температурах на протяжении 160 дней; 2) почвы инкубировали при отрицательных температу-

рах 56 дней, после чего инкубировали до весны при температуре +6...+8 °С; 3) промерзание – оттаивание, каждые 2 недели образцы переносили из морозилки в холодильник и обратно; 4) почвы инкубировали при положительной температуре весь зимний период.

Методы. Фракции минерализуемого пула активного органического вещества (потенциально-минерализуемая (C_0), легко- (C_1), умеренно- (C_2) и трудноминерализуемая (C_3), а также микробная биомасса ($C_{мб}$)) были выделены с использованием биокинетического метода.

Результаты. Максимальное содержание всех фракций активного углерода было отмечено в непромерзающих образцах, а минимальное – в образцах, промерзающих в течении 160 дней. Как в агрокаштановых почвах, так и в агрочерноземах в длительно промерзающих вариантах содержание фракции C_0 было около 60 мг С/100 г почвы. Низкое содержание фракций углерода, также выявлено в варианте 56 дней заморозки. В общей сложности, количество дней промерзания в варианте с замораживанием – оттаиванием составило 84 дня, при этом размер фракций углерода зачастую были выше такового в почвах, промерзающих 160 и 56 дней.

Максимальное содержание микробной биомассы в агрочерноземе было в варианте 160 дней промерзания. Обратная закономерность была выявлена в образцах агрокаштановой почвы, здесь в варианте 160 дней заморозки содержание $C_{мб}$ было минимальным, а максимальное – в варианте 56 дней заморозки.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 25-27-00137.

УДК 631.53.041

ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ ДЕГИДРОГЕНАЗ ПРИ ВНЕСЕНИИ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НУЛЕВОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

В.П. Роголёва, А.Н. Федоренко

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону,
rogaleva@sfedu.ru

Winter wheat yield is of great importance for agriculture and the food industry. Increase in yield can be achieved by fertilizer application. The results of the study showed the effect of different doses of fertilizer on the crop.

Нулевая обработка почвы является важным методом природоохранного земледелия, которое позволяет сохранять почвенное плодородие. Почвозащитные технологии широко распространены на Западе, в России достаточно ограничена площадь их применения. Прямая адапта-

ция западного опыта применения этой технологии невозможна ввиду существенных различий в природных условиях. Актуально исследование различных агрономических приемов для широкого внедрения этой технологии на Юге России, в связи с этим одним из таких агрономических приемов является применение минеральных удобрений, использование которых ограничено в гранулированном виде. Целью работы было оценить изменение активности дегидрогеназ при внесении жидких минеральных удобрений в условиях нулевой обработки почвы.

Объект исследований располагался на территории хозяйства ИП Мокриков В.И. в центральной части Ростовской области в Октябрьском районе площадью 5500 га. Поля хозяйства обрабатываются более 15 лет по технологии нулевой обработки почвы. Внесение жидких комплексных удобрений проводили при посеве по следующей схеме: 1) контроль (б/у); 2) ЖКУ в дозе 100 л/га (N15P52); 3) ЖКУ в дозе 150 л/га (N23P78); 4) ЖКУ в дозе 200 л/га (N30P104).

В 2024 году в ходе комплексных исследований экологических свойств почв хозяйства был проведен анализ активности дегидрогеназ методом А.Ш. Галстяна (1978).

Анализ результатов, полученных в ходе исследования, показал следующее: активность дегидрогеназ зависит от дозы вносимого удобрения и фазы вегетации культуры. Активность дегидрогеназ в исследуемом черноземе была на среднем уровне, типичном для изучаемой почвы.

Активность фермента имела отличия в разные фазы развития культуры. В фазе ветвления исследуемое значение не имело существенных отличий от контрольных при внесении доз 100 л/га и 150 л/га для слоев 0–10 и 10–20, активность фермента была ниже контроля при внесении дозы 200 л/га. В фазе цветения активность ферменты была на одном уровне для всех доз удобрения внутри слоев 0–10 и 10–20 соответственно, при этом активность фермента в слое 0–10 не имела отличий от контроля, а в слое 10–20 наблюдалось увеличение количества дегидрогеназы для доз 100 л/га и 200 л/га. В фазе полной спелости культуры наименьшее значение наблюдалось для дозы 100 л/га в слое 0–10, для остальных доз обоих слоев значения активности были немного ниже контрольных.

Работа рекомендована д.г.н., директором Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского К.Ш. Казеевым.

УДК 631.45

РЕАКЦИЯ ЧЕРВЕЙ *EISENIA FETIDA* НА ВНЕСЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ
ПОЧВЕННЫХ МЕЛИОРАНТОВ
И ОРГАНИЧЕСКОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

Е.Ю. Смольский

МГУ имени М.В. Ломоносова, egor-smolsky@gmail.com

Polymer-based soil ameliorants are considered effective tools to protect soil from erosion. Ecotoxicological studies are necessary to ensure the environmental safety of polymer formulations. In this study, acute toxicity for *Eisenia fetida* of two polymer ameliorants was tested: (PDADMAC, synthetic polycation) and a HYPAN–PDADMAC polycomplex (IPEC).

Одним из мероприятий, проводимых для предотвращения эродирования почв, является ее химическая стабилизация посредством применения почвенных полимерных мелиорантов.

Нанесение водного раствора полимера на поверхность почвы приводит к формированию композиционных полимерно-почвенных покрытий с выраженными противозрозионными свойствами. Применение полимерных мелиорантов в комбинации с органическим наполнителем может улучшить дыхание почвы, секвестрацию углерода и послужить источником питания для почвенной биоты. Однако необходимы экотоксикологические исследования.

Тестировались полидиаллилдиметиламмоний хлорид (ПДАДМАХ) поликатион, интерполиэлектролитный комплекс (ИПЭК), включающий, помимо ПДАДМАХ, гидролизованый полиакрилонитрил (ГИПАН) полианион, в соотношении ГИПАН/ПДАДМАХ=90/10 %. В качестве органического наполнителя выступала кофейная шелуха.

В серии биотестов оценивали острую токсичность ПДАДМАХ (125–10000 мг/кг), ИПЭК (1000 и 2000 мг/кг), а также кофейной шелухи (4–12 г/кг) по отношению к *Eisenia fetida*. Полимеры и шелуху вносили в стандартный почвогрунт, экспонировали с червями 14 суток.

Токсичность ПДАДМАХ выявляется только при дозе свыше 250 мг/кг, что выходит за рамки реального содержания ПДАДМАХ в ИПЭК. Смертность червей обнаружена при концентрации 500 мг/кг. Средние показатели изменения масс при применении ИПЭК достоверно не отличаются от контрольных при дозах 1000 и 2000 мг/кг. Количество внесенной кофейной шелухи в дозах до 12 г/кг достоверно не влияет на массу червей. Необходимы дополнительные исследования по установ-

лению токсичности ГИПАН и выявлению влияния на репродуктивную функцию червей ИПЭК, а также по целесообразности и экологической безопасности применения этих полимерных мелиорантов в сочетании с органическим наполнителем.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы развития МГУ (проект № 23-Ш07-13) «Мелиорация и охрана почв. Новые подходы с использованием полимерных композиционных материалов».

Работа рекомендована д.б.н., и.о. декана факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова П.В. Красильниковым и в.н.с. кафедры химии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова О.С. Якименко.

УДК 574.24

ЛИМИТИРУЮТ ЛИ ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ СЕМЕННОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ АЛЬПИЙСКИХ РАСТЕНИЙ?

Ю.В. Софронов, Т.Г. Елумеева

МГУ имени М.В. Ломоносова, sofronovyuriy163@gmail.com

This 26-year study examines nutrient effects on generative shoots (NGS) of alpine plants in lichen heath (ALH) in the northwestern Caucasus. Nutrient deficiency did not limit seed reproduction; phosphorus and irrigation decreased NGS, while calcium had a positive effect. About half of the studied plants species complied with the Liebig's law.

Элементы минерального питания (ЭМП) часто рассматриваются как важные факторы, лимитирующие приспособленность видов через их семенную продукцию. Однако многочисленные эксперименты по влиянию на семенное размножение растений обогащения почвы отдельными ресурсами дают противоречивые результаты и обычно непродолжительны. В настоящей работе мы поставили цель изучить реакцию генеративной сферы (численность генеративных побегов – ЧГП) альпийских растений на долговременное (26 лет) внесение ЭМП и оценить применимость принципа Либиха к природному растительному сообществу. В эксперименте снимали потенциальное лимитирование продукции генеративных побегов отдельными почвенными ресурсами (N, P, Ca, вода) и их комбинацией (NP) на примере альпийской лишайниковой пустоши (АЛП) на северо-западном Кавказе. Недостаток ЭМП не лимитировал семенное размножение растений АЛП в целом: сумма генеративных побегов всех видов в ходе эксперимента не увеличивается,

а при внесении фосфора и поливе – уменьшается. Длительное внесение азота, фосфора и их обоих снижало разнообразие видов, образующих генеративные побеги в АЛП. Кальций – единственный из всех изученных ЭМП, вызвавший исключительно увеличение ЧПП отдельных видов за все время проведения эксперимента и спровоцировавший общее увеличение ЧПП за краткосрочный период. Реакция отдельных видов была индивидуальна. ЧПП *Trifolium polyphyllum* (неазотфиксирующее бобовое растение) увеличилась на варианте с внесением азота, что противоречит типичной реакции бобовых растений на азотные удобрения. Реакция около половины видов АЛП подчиняется правилу Либиха (положительная реакция только на один из раздельно вносимых ЭМП); в то время как остальные виды не показали положительного отклика при внесении отдельных ЭМП, что говорит о том, что их ЧПП не лимитируется изученными ресурсами. Только в одном случае (*Carex umbrosa*) вид положительно реагировал при внесении как азота, так и фосфора.

Работа рекомендована д.б.н., проф., зав. кафедры экологии и географии растений биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова В.Г. Онипченко.

УДК 631.43

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ ПЛОТНОСТИ ПОЧВ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ И ВТОРИЧНОГО ЗАСОЛЕНИЯ

Э.В. Спасенков

Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева
sor-and@mail.ru

The spatial distribution of the density of the arable layer of secondary saline soils has been studied. It was noted that the use of soils in agriculture and subsequent withdrawal from circulation led to the development of degradation processes.

В настоящее время, в связи с быстро меняющимися природно-климатическими условиями, достаточно большая площадь сельскохозяйственных угодий подвержена различным процессам деградации почв (дефляция, вторичное засоление и т.д.). Наибольшим изменениям подвержены сельскохозяйственные угодья, выведенные из оборота в течение долгого времени (более 20 лет). Ирригационные мероприятия на фоне обваловки территории принципиально меняют водный режим этих почв. Вследствие чего на естественные процессы почвообразования

накладываются антропогенные факторы, что приводит к вторичному засолению, ухудшению физического состояния, деструкции почв и последующему опустыниванию ландшафта.

Цель работы: исследование пространственного варьирования плотности почв разной степени засоления, подвергавшихся антропогенным воздействиям.

Для достижения поставленной цели был выбран антропогенно измененный бугровой ландшафт дельты реки Волги, который представлен бугром Бэра, приуроченными к его подножию заброшенными сельскохозяйственными полями и осложнен мелиоративной системой (оросительные и дренажные каналы). Почвенный покров представлен комплексами агропочв разной степени засоления. Для оценки пространственного распределения плотности использовали метод равномерной сетки. Отбор образцов проводили по 10-ти сантиметровым слоям на глубину пахотного горизонта (20–25 см).

Наибольшие значения плотности поверхностного слоя почвы (1.42–1.56 г/см³) приурочены к центральной части участка, а точнее к восточной стороне от оросительного канала и к участку в непосредственной близости от подножия бугра Бэра. Переуплотнение данных участков связано с использованием тяжелой техники при орошении полей во время их интенсивного использования в сельском хозяйстве. Наименее уплотненная территория (1.2–1.3 г/см³) расположена вблизи дренажного канала. В общем, поверхностные слои отличаются невысокими значениями плотности сложения, что является характерным для исследуемых агрогенных почв, пахотный горизонт которых ранее подвергался интенсивной обработке сельскохозяйственной техникой.

На глубине 10 см плотность почвы незначительно возрастает. Ее варьирование составляет от 1.44 до 1.58 г/см³. Наиболее уплотненные участки, как и на поверхности, пространственно приурочены к местам прохождения тяжелой техники в непосредственной близости от оросительного канала, находящегося в центре участка. Переуплотнение почвы у подножия бугра на участке оросительного канала выражено менее явно по сравнению с поверхностным переуплотнением почвы. Территория вблизи дренажного канала так же, как и в случае с поверхностным слоем, характеризуется наименьшей уплотненностью.

Зоны повышенных значений плотности на глубине 20 см наблюдаются у подножия бугра и у центрального оросительного канала, где они варьируют в пределах 1.46–1.52 г/см³. Однако, площадь данных зон, по сравнению с поверхностными слоями, на данной глубине значительно увеличивается. Это свидетельствует о переуплотне-

нии подпахотных горизонтов не только в местах прохождения тяжелой техники, но и увеличении площади переуплотнения на значительное расстояние от этих мест.

Работа рекомендована д.б.н., проф. А.В. Федотовой и к.б.н., доц. Сорокиным А.П.

УДК 913.1

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОВРЕМЕННЫХ РАЗЛИЧИЙ В РЕЖИМАХ
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЙ НА ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА
И ДРУГИЕ СВОЙСТВА ТЕМНО-СЕРЫХ ПОЧВ ПОДТАЙГИ
НИЖНЕГО ПРИТОМЬЯ

А.А. Ткачева

Томский государственный университет, nastia2001_2001@mail.ru

For the south of the forest zone of Western Siberia, it was studied how the properties of Luvisc Phaeozems changed under different land-use regimes. The decrease in the inorganic carbon stock over 200 years was 12.9 %; the decrease in the organic carbon stock was 3.6 %. The total decrease in the carbon stock over 200 years is 6.2 %.

Начало русского земледелия на юге лесной зоны Западной Сибири положено более 420 лет назад. Однако до сих пор нет сведений о том, каким образом изменились свойства этих почв в результате столь длительного агрогенного преобразования. Одной из таких сильно освоенных территорий является Нижнее Притомье, приуроченное к бассейну Томи на юге Томской и севере Кемеровской областей (Томский и Яшкинский районы). Темно-серые почвы здесь составляют основу пахотного клина. Изучить степень трансформированности агротемно-серых почв довольно проблематично хотя бы по причине отсутствия неосвоенных участков.

Одним из приоритетных направлений современных почвенных исследований является изучение влияния распашки на запасы органического и неорганического углерода, так как в ходе агропедогенеза изменениям подвергаются, в том числе и процессы ответственные за баланс педогенного углерода, находящегося в составе как гумуса, так и карбонатов. Изменение гумусного состояния почв, содержания органического углерода и его запасов при сельскохозяйственном освоении, забрасывании пахотных земель и смене землепользования достаточно хорошо и полно изучены в Европе и Европейской части России. В том время как подобные сведения для Сибири единичны. Исследований трансформа-

ции карбонатного состояния почв лесной зоны при агрогенном воздействии разной длительности крайне мало.

Нами осуществлен поиск длительно-лесных экосистем на темно-серых почвах, чтобы взять их за основу для сравнения. Проанализированы исторические карты на территорию Притомья за последние 230 лет. Удалось найти подходящий лесной массив на междуречье Шумихи, Томи и приустьевой части реки Сосновка. Рядом с лесным массивом имеются заброшенные 16 лет назад пашни. Для изучения степени влияния распашки на запасы углерода подобран сравнительный ряд залежь-лес с темно-серыми и, соответственно, агротемно-серыми почвами микроповышений на лессовидных суглинках.

Расчет запасов углерода показал: убыль эквивалентного запаса Сорг за 200 лет на глубине 0–0.3 м составило 33.1 %; на глубине 0–1 м около 8.8 %; а на глубине 0–2 м – 3.6 %. Уменьшение запаса Снеорг за 200 лет агрогенных воздействий составило 12.9 %, то есть углерод органических и неорганических соединений показывает однонаправленные тренды изменения запасов. Если учитывать углерод карбонатного горизонта, то общее снижение запаса углерода за 200 лет составит 6.2 %.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 24-27-00417.

Работа рекомендована к.б.н., доц. С.В. Лойко.

УДК 631.433.48.3

ЭМИССИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЛУГОВЫХ ЧЕРНОЗЕМАХ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

И.Н. Топорков

Тюменский государственный университет

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень

i.n.toporkov@utmn.ru

The ecological and economic advantages of combined tillage have been proven, CO₂ emissions decreased to 2.7 kg/ha·hour and were 2.2 times lower than in plowing. The parameters of the soil temperature of 16.1–18.1 °C, at which the maximum intensity of CO₂ emissions into the atmosphere was recorded.

В 2024 г. на опытном поле ГАУ Северного Зауралья проводился опыт по изучению влияния обработки почвы на эмиссию углекислого газа в атмосферу.

Яровая пшеница «Новосибирская 31» выращивалась в зерновом севообороте с занятым (сидеральным паром): однолетние травы (горох с овсом) на сидерат – яровая пшеница – яровая пшеница. Минеральные удобрения вносились с учетом содержания элементов питания в почве, коэффициента использования их из почвы и удобрений на планируемую урожайность 4 т/га. Опыт по изучению различных систем основной обработки заложен в 2008 г., а залежь и поле без обработок – в 1977 г.

Опыт включал следующие варианты: 1. Залежь (47 лет); 2. Отвальная обработка ежегодно; 3. Комбинированная (с шестилетним циклом применения мелкой на глубину 10–12 см); 4. Без обработок с прямым посевом.

Интенсивность эмиссии диоксида углерода из почвы в атмосферу 4.6–15.3 кг/га·час возрастает при температуре почвы 16.1–18.3 °С.

Снижение темпов эмиссии CO₂ до 0.4 кг/га·час и даже его депонирование почвой происходит при снижении температуры до 8.0–10.8 °С.

Динамика величины потока углекислого газа в атмосферу была максимальной при влажности почвы 19.1–37.3 %. Увеличение влажности до 48.0 и до 53.8 % приводило к снижению эмиссии CO₂ в 1.5–1.8 раза. Снижение влажности почвы менее 20 % сопровождается затуханием эмиссии углекислого газа до 7.5 кг/га·час.

Комбинированная обработка лугово-черноземной почвы с шестилетним циклом применения мелкой на глубину 10–12 см после вспашки снижала эмиссию диоксида углерода в атмосферу до 2.6 кг CO₂/га за 1 час наблюдений.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта «Тюменский карбоновый полигон» (FEWZ-2024-0016).

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф., зав. каф. почвоведения и агрохимии Н.В. Абрамовым.

ЭКОТОКСИЧНОСТЬ ВЕТЕРИНАРНОГО АНТИБИОТИКА
ТИЛОЗИНА И СКОРОСТЬ ЕГО МИГРАЦИИ В ПОЧВЕА.К. Госхопоран^{1,2}, А.Д. Батаков^{1,2}, М.С. Ломоносов¹, А.П. Кирюшина²¹ МГУ имени М.В. Ломоносова² Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН,
Москва, stasy.toskhoporan@gmail.com

The use of manure with antibiotic residues leads to soil contamination. The migration of antibiotics along the soil profile has not been sufficiently studied. The article examines the migration of one of the most common antibiotics in Russia, tylosin, into sod-podzolic soil, its phytoeffect on white mustard and ecotoxicity (on ciliates) after passing through the soil.

В настоящее время антибиотики широко используются в качестве терапевтических и профилактических средств в животноводстве. Во всем мире в навозе животных обнаруживаются высокие концентрации многочисленных классов антибиотиков, одним из которых является тилозин (макролиды). Известно, что при компостировании данный антибиотик значительно распадается, но не до конца, что может неблагоприятно отразиться на микро и макрофлоре и фауне. Путь миграции остатков антибиотиков вниз по профилю почвы и попаданию их в водную среду изучен пока мало. Так же, как и скудны пока исследования по воздействию и накоплению антибиотиков в сельскохозяйственных культурах. Цель настоящей работы заключалась в изучении миграции и экологических последствий тилозина в дерново-подзолистой почве по показателям фитотоксичности и экотоксичности на инфузориях.

Основным методом изучения миграции был метод выходных кривых, для которого использовали две концентрации – 1.2 и 2 г/дм³ тилозина в жидком виде. Фитотоксичность к тест-культуре горчицы белой (*Sinapis alba*) определяли планшетным методом по методике «Фитоскан» (ФР.1.31.2012.11560). Экотоксичность тилозина в последовательных порциях почвенных фильтратов определяли по чувствительности инфузорий *Paramecium caudatum* на основе тест-системы «Эколюм». Содержание антибиотика в почвенном фильтрате определяли по спектрам поглощения с помощью спектрофотометра Specord PV2201 в кварцевой кювете с длиной оптического пути 1 см.

Результаты показали угнетение роста горчицы пропорционально росту концентрации тилозина. Среднеэффективная концентрация (EC₅₀) по показателю роста корней составила 41 мг/дм³ антибиотика.

Скорость прохождения тилозина через слой почвы в колонке 10 см и диаметром 4.5 см составила в среднем 0.8–0.9 мг в секунду для исходного раствора 2 г/дм³ и 0.5 мг/с для исходного раствора 1.2 г/дм³. Содержание тилозина в последовательных порциях почвенных фильтратов возрастало с течением времени и, как следствие, влекло снижение выживаемости инфузорий: гибель возрастала в среднем от 1 (при 0.07 г/дм³ тилозина в фильтрате) до 33 % (при максимальном содержании антибиотика 1.34 г/ дм³ в фильтрате).

Таким образом поступление тилозина с навозом на сельскохозяйственные угодья может привести к отрицательным последствиям для почв, растений и водных сред.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 25-24-00486.

Работа рекомендована проф. А.Б. Умаровой и проф. В.А. Тереховой.

УДК 631.4

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И АДАПТАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПО УГЛЕРОДНОМУ ЗЕМЛЕДЕЛИЮ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Ю. Усманова, С. Хайруллаева

Национальный университет Узбекистана, Ташкент

la.gafurova@nuu.uz, o.ergasheva@nuu.uz

In the context of global climate change, as a result of increased greenhouse gas emissions around the world, not only has carbon dioxide increased in the atmosphere, but also in soils. As a solution to this problem, the concept of carbon neutrality has emerged in agriculture, which is associated with agrobiotechnologies.

В настоящее время в условиях глобального изменения климата деградация земель и усиление процессов опустынивания в различных регионах мира, а также снижение плодородия почв, становятся все более актуальными проблемами. Из всех отраслей экономики наиболее чувствительны к изменениям климата – сельское хозяйство. В связи с чем задачи, стоящие перед аграрной наукой, чрезвычайно сложны и многогранны – изучение изменения климата в различных регионах, в том числе аридных и агроландшафтах, исследование отклика земледелия и землепользования на изменение климата, разработка эффективных путей адаптации их к новым климатическим условиям. В условиях Узбекистана в последние 30–50 лет усилилось явление опустынивания, и к середине текущего столетия ожидается повышение температуры в среднем на 2.5 °С при удвоении концентраций CO₂. В этом направле-

нии в нашей стране ведется активная работа по борьбе с деградацией почв, смягчению негативных последствий изменения климата, сохранению плодородия почв. В Постановлениях Президента Республики Узбекистан от 10 июня 2022 года № ПП-277 «О мерах по созданию эффективной системы борьбы с деградацией земель», от 24 июня 2024 года № ПП-233 «О мерах по созданию устойчивой к изменению климата агроэкосистемы и повышению устойчивости производителей сельскохозяйственной продукции к рискам, связанным с изменением климата», поставлены задачи по предотвращению деградации почв, засоления, эрозии, адаптации агросферы к изменению климата.

К приоритетным задачам следует отнести: изучение тенденций прогнозирования и моделирования структуры сельхозугодий в связи с изменением климата; изучение тенденции изменения почвенного покрова, моделирование распространения процессов опустынивания, деградации почв, засоления и загрязнения; изучение цикла углерода в агроэкосистемах; изучение влияния изменения климата для условий почв вертикальный поясности, где при использовании в земледелии нужно учитывать их хрупкость и уязвимость, разработка для этих условий экологически ориентированных технологий; сохранение ландшафтного и биологического разнообразия культурных растений и животных; создание и интродукция новых сортов сельскохозяйственных культур, адаптация их к условиям меняющегося климата; дальнейшее развитие и широкое внедрение агроэкологических, биотехнологий, ГИС технологий и искусственного интеллекта в области развития рационального использования и охраны почв в условиях меняющегося климата.

Работа рекомендована доц. О. Эргашева, проф. Л. Гафуровой.

УДК 631.544.73

ВЛИЯНИЕ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИХ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ОСНОВНОЙ И ПОКРОВОЙ КУЛЬТУРЫ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ

А.Н. Федоренко, В.П. Роголёва

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону

fedorenko-N13@yandex.ru

Proper selection of cover crops allows the soil to recover more actively from depletion. The study of allelopathic interaction between main and cover crop showed suppression of main crop development by 21–49 %. Despite the allelopathic effect, soil enzymatic activity increased by 26–46 %.

Перспективным направлением исследований является использование феномена аллелопатии для увеличения урожая, создания устойчивых культур, контроля за сорной растительностью.

В ходе комплексных исследований экологических свойств почв хозяйства ИП Мокриков В.И. с 2021 по 2023 гг. было выявлено фитотоксическое влияние некоторых видов покровных культур на основную культуру, связанное с накоплением в почве аллелопатических выделений, образовавшихся при росте и развитии покровных культур. Результаты ранее проведенных исследований экологического состояния этих почв с использованием методов биодиагностики и биоиндикации представлены в ряде научных работ.

В ходе исследований 2024 года был проведен модельный эксперимент по оценке аллелопатического влияния покровной культуры на основную. Цель исследования заключалась в оценке аллелопатического влияния гречихи сорта Девятка (*Fagopyrum esculentum Moench*) на озимую пшеницу сорта Алексеич (*Triticum aestivum L.*).

Объектом исследования являлся типичный для модельных экспериментов чернозем обыкновенный, отобранный на опытном старопахотном участке ботанического сада ЮФУ из почвенного слоя 0–20 см. В качестве покровной культуры была взята гречиха сорта Девятка (*Fagopyrum esculentum Moench*), а основной (тест-культуры) – озимая пшеница сорта Алексеич (*Triticum aestivum L.*). Аналитическая повторяемость опыта в каждом варианте – девятикратная.

Варианты модельного эксперимента: озимая пшеница на фильтре с экстрактом из проростков гречихи; озимая пшеница на фильтре с водной вытяжкой из почвы после выращивания на ней гречихи; озимая пшеница на почве с экстрактом из проростков гречихи; озимая пшеница на почве после выращивания на ней гречихи.

При оценке аллелопатической активности почвы определяли показатели прорастания и интенсивности начального роста семян. О ферментативной активности почв судили по активности двух классов ферментов: оксидоредуктаз (дегидрогеназ) и гидролаз – (инвертаза, фосфатаза).

В результате исследования выявлено аллелопатическое влияние гречихи на основную культуру (на 21–49 % ниже контроля). Несмотря на аллелопатический эффект, отмечено стимулирующее влияние (на 26–46 % выше контроля) ферментативной активности почвы.

Работа рекомендована д.г.н., директором Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Иванковского К.Ш. Казеевым.

Секция VI

*География, генезис и
классификация почв*

ЗАПАСЫ ПОЧВЕННОГО УГЛЕРОДА И ЛАНДШАФТ
БЕРЕГОВЫХ ЭКОСИСТЕМ УСТЬЯ РЕКИ ПЕША
В ЧЕШСКОЙ ГУБЕ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

И.Е. Багдасаров, Г.А. Кажукало

МГУ имени М.В. Ломоносова, ilya5283@yandex.ru

On the east side of the Peshya river estuary a tidal salt marsh ecosystem develops with linear pattern of plant zonation, whereas on the western side, which is a surge-driven salt marsh, biotopes are located sporadically. The lowest carbon stocks on both estuary coasts are revealed in areas with less thalassogenic influence on the ecosystem.

Большое количество факторов, влияющих на формирование береговых экосистем, приводят к высокой степени неоднородности почвенного и растительного покрова приливно-отливной зоны моря. Не всегда марш можно поделить на уровни маршевой растительности, залегающие параллельно относительно моря. Биотопы в рамках одной приморской экосистемы могут быть расположены хаотично без привязки к удаленности от уреза воды. Цель данной работы – изучить береговые экосистемы устья реки Пеша в юго-восточной части Чешской губы Баренцева моря, а также оценить запасы углерода в почвах исследуемых участков.

На восточном берегу реки Пеша береговая экосистема представляет собой классический приливной марш, в котором выделены уровни маршевой растительности, линейно сменяющие друг друга по мере удаления от моря. В наиболее бережной части экосистемы находится песчаный береговой вал – экотонная зона. На западном берегу также развивается маршевая экосистема, однако она затопляется морской водой лишь в паводки и в нагоны, вследствие чего этот ландшафт назван нагонным маршем. На западном берегу маршевые биотопы расположены спорадически. Наиболее мористый участок данной береговой экосистемы лишен растительного покрова и представляет собой размываемый уступ реликтовой маршевой террасы, сложенный глинистым материалом вперемешку со слаборастворившимся органическим веществом. Далее идет песчаный вал, определенный как экотонная зона. За ним начинаются маршевые луга.

На обоих берегах наибольшие запасы почвенного углерода выявлены в тех участках экосистемы, где воздействие талассогенных факторов ощущается меньше всего – в экотонной зоне: 57.84 тС/га для приливного марша и 8.75 тС/га для нагонного. Малые запасы углерода объясняются и песчаным гранулометрическим составом почв данного биотопа в обоих экосистемах. Наибольшие запасы почвенного углерода в приливном

марше обнаружены в почвах среднего уровня маршевой растительности (118.46 тС/га), на западном берегу наиболее крупные запасы углерода определены в субстрате реликтовой маршевой террасы (236.02 тС/га).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 23-67-10006 «Запасы и динамика «голубого углерода» в береговой зоне морей западного сектора Российской Арктики».

Работа рекомендована д.б.н., и.о. декана факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова П.В. Красильниковым и к.б.н., доц. кафедры общего почвоведения факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова А.А. Бобрик.

УДК 631.481 (571)

МЕЗОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ
В ПОЧВАХ ЮЖНОГО ПРЕДБАЙКАЛЬЯ

М.А. Бадмаев

ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет
a-kat1234567890@mail.ru

The mesomorphological method of soil research allows one to see what is difficult or impossible to do with the naked eye. This makes it possible to more clearly imagine the processes of soil formation occurring in soils of undisturbed structure, to establish the features of their genesis and evolution, functioning.

Мезоморфологический метод исследования почвы используется для наблюдения за объектами от 1 мм и более. Данный метод требует наличие бинокля. Мезоморфология позволяет лучше увидеть и понять почвенные процессы, протекающие в ней и более точно диагностировать и классифицировать почву.

Своеобразие природной обстановки (рельефа, горных пород, климата, растительности) Южного Предбайкалья, обусловлено сложной историей развития и современными особенностями. Для почв региона характерны низкая влаго- и теплообеспеченность, большая зависимость их строения и свойств от литогенной неоднородности, влияния сезонной и многолетней мерзлоты. Объектами исследования стали дерново-подзолистые, буроземы оподзоленные, буроземы темные остаточно-карбонатные и чернозем глинисто-иллювиальный.

В ходе исследования было обнаружено, что в дерново-подзолистых почвах региона идут процессы аккумуляции перегноя. На это указывают многочисленные сгустки гумуса в верхней части профиля, остатки корней растений и мезофауны. Отмечается большое количество первичных минералов крупного размера, отмытых от железистых пленок. При этом четко выявлен процесс лессиважа, чем они и отличаются от Европейских аналогов, где ведущим является оподзоливание. Структура гумусового горизонта – комковато-зернистая, а горизонта ВТ – многопорядковая, что говорит о процессах поступления гумусово-глинистого вещества.

В буроземах оподзоленных и буроземах темных остаточно-карбонатных степень отмытости минералов от железистых пленок заметно ниже, а размер самих минералом несколько меньше, чем в дерново-подзолистых почвах. Хорошо видна одно- и двухпорядковая структура микроагрегатов в средней части профиля, что указывает на наличие метаморфического процесса, характерного для буроземообразования. Верхняя часть почв обогащена грубым гумусом, особенно его много в порах, образованных корнями растений.

В черноземе наблюдается интенсивная прокраска гумусом почвенной массы гумусового горизонта. Зерна минералов очень мелкие и примерно одного размера, что указывает на процессы интенсивного выветривания. Структура многопорядковая, хорошо видны первичные микроагрегаты, имеющие шарообразную форму, окутанные пленками гумуса. Все это указывает на активный процесс гумусообразования, характерный для черноземов.

Работа рекомендована д.б.н., проф. А.А. Козловой.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕНОСА ОПАДА НА ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА В ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗАХ

А.А. Буланова

МГУ имени М.В. Ломоносова, bulanova-anastasia@mail.ru

The transfer of falling litter in forests may cause loss or gain of organic matter and changes in the biological cycle. It is shown for the MSU Botanical Garden that the loss of litter may reach the value of its input, and its transfer may cause an increase or decrease of the decomposition rate by mixing coniferous and deciduous litter.

Смешение опада разных видов деревьев при его переносе может изменить скорость разложения подстилок в лесных экосистемах (Hättenschwiler, 2005; Jun Liu et al., 2020), вызывая либо синергический эффект (ускорение разложения опада за счет улучшения его качества), либо антагонистический (замедление разложения из-за иммобилизации питательных веществ или ингибирования вторичными соединениями), в зависимости от химического состава опада. Перенос опада особенно характерен для лесных биогеоценозов небольшой площади, в т. ч. для городских (Земсков, 2021). Он может приводить к выносу органического вещества и питательных элементов, смешению лиственного и хвойного опада, изменению в составе и запасах подстилок, а также скорости их разложения, что влияет на особенности формирования органофилов почв. Исследование проводили в двух парах взаимодействующих биогеоценозов в Дендрарии Ботанического сада МГУ (Ленинские горы), характеризующиеся небольшой площадью и интенсивным обменом опада. Опад отбирали с помощью стационарных опадоуловителей пл. 0.10 м², организованных в трансекты *ельник–грабинник* и *сосняк–липняк*, по 16 позиций, в течение 3 лет в ельнике и грабиннике, и в течение 1 года в сосняке и липняке. Подстилки отбирали с площади 0.100 м² в каждой позиции трансекты. Опад и подстилки разбирали на компоненты (фракционировали) для выделения активных и грубых фракций (по Л.О. Карпачевскому и др., 1980), и для отделения нативного опада от перенесённого и лиственного от хвойного. Оценивали перенос активных фракций опада (листья, семена, хвоя) основного вида деревьев из одного БГЦ в другой, в процентах от общего поступления такого опада в каждой трансекте.

Исследования показали, что в паре ельник–грабинник поступление нативного опада составляет 63 % и 72 % от общего поступления соответственно (остальное составляет перенесённый опад). Наблюдается значительный перенос опада граба из грабинника в ельник (37 %) и, в меньшей степени – перенос опада ели в обратном направлении (11 %). В паре сосняк–липняк поступление нативного опада составило 46 % и 80 % от общего соответственно, при этом 49 % опада липы поступает в сосняке, а перенос хвойного опада составляет лишь 2 %. По результатам расчёта подстилочно-опадных коэффициентов для отдельных компонентов опада выявлено, что разложение хвои в ельнике и грабиннике происходит быстрее при высокой доле лиственного опада в подстилке, что, вероятно, связано со смешением опада. В сосняке и липняке наблюдается обратная закономерность, что может быть проявлением антагонистического эффекта смешения опада, или иметь причиной влияние других факторов.

Литература

1. Hättenschwiler S., Tiunov A. V., Scheu S. Biodiversity and litter decomposition in terrestrial ecosystems // *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* – 2005. – Т. 36. – № 1. – С. 191–218.

2. Liu, J., Liu, J., Xiaoyu, L., Song, Q., Compson, Z. G., LeRoy, C. J., Luan, F., Wang, H., Hu, Y., & Yang, Q. (2020). Synergistic effects: a common theme in mixed-species litter decomposition. *New Phytologist*, 227(3), 757–765.

3. Земсков Ф.И. Детритогенез в условиях лесных биогеоценозов урбанизированных территорий. – Автореф. дисс. к.б.н. – Москва: Московский гос. ун-тет. – 2021.

4. Карпачевский Л.О., Воронин А.Д., Дмитриев Е.А. и др. Почвенно-биогеоценозические исследования в лесных биогеоценозах. – М.: Изд-во Моск. ун-та. – 1980. – 160 с., с ил.

Работа рекомендована к.б.н., м.н.с. кафедры общего почвоведения Ф.И. Земсковым.

УДК 631.4

ОБ АНТРОПОГЕННО-НАРУШЕННЫХ ПОЧВАХ ГУНИБСКОГО ПЛАТО

И.Р. Гаджиев

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН,
г. Махачкала, gislam@bk.ru

The study of soil development over time under anthropogenic load is one of the most important problems of genetic soil science. To date, despite numerous studies of mountain soils, this issue remains poorly understood and attracts the attention of scientists and researchers.

Современные исследования последних лет затрагивают региональные проблемы и пути их возможного решения, вопросы возникновения и проявления процессов выветривания, эрозии, обвалов, осыпей, оползней, селей, сейсмических явлений; ботаники при проведении ценофлористического анализа растительных сообществ и ограничиваются монографиями известных исследователей почвоведов Дагестана Залибекова З.Г. и Баламирзоева М.А. Следует отметить, что столь незначительная изученность данного вопроса в локальном аспекте Гунибской горной системы, требует дополнительного изучения биологического разнообразия почвенного покрова и факторов, влияющих на генезис почв.

Гунибское плато с пологими и крутыми склонами, с узкими и широкими долинами способствует активному проявлению внешних физико-географических, геологических процессов: выветривание, эрозия, обвалы, осыпи, оползни, сели, сейсмические явления [1].

В современных исследованиях земледельческих террас Дагестана впервые рассмотрены и представлены морфологические, химические и микробиологические свойства почв. Установлено время начала земледельческого освоения, характер использования, динамика почвенных свойств.

При исследовании особенностей земледельческих террас Гунибского плато установлено три крупных этапа. Первый этап связан с интенсивным освоением территории, вероятно, сплошной распашкой и террацированием. Второй этап связан с периодом почвообразования по степному типу в теплых, относительно засушливых условиях. Это был период наиболее интенсивного земледелия с внесением удобрений. Третий этап связан с повторным земледельческим освоением территории [2].

Немаловажным фактором в исследованиях почв горных территорий, по В.В. Докучаеву, является высотная поясность и экспозиционная направленность. Изучение влияния данного фактора играет важное значение в изучении вопросов генезиса и эволюции почвенного покрова горных территорий.

В работе рассматриваются результаты исследований на территории Гунибского плато. Выявлены и установлены закономерности морфологических и физико-химических свойств антропогенно нарушенных почв в зависимости от экспозиции склонов и высотных отметок.

Литература

1. Акаев Б.А., Атаев З.В., Гаджиев Б.С. и др. Физическая география Дагестана. Учебное пособие. – Москва: Школа, 1996. – 396 с.

2. Идрисов И.А., Борисов А.В., Каширская Н.Н. Почвы земледельческих террас Гунибского плато // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2018. Т. 12. № 2. С. 41–50. DOI: 10.31161/1995-0675-2018-12-2-41-50.

Работа рекомендована д.б.н., проф. З.Г. Залибековым.

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПОЧВ СУБТРОПИКОВ,
РАЗВИВАЮЩИХСЯ ПОД ПОЛОГОМ РОДОДЕНДРОНА ЖЁЛТОГО

Г.А. Кашченко, К.П. Николаева

ФГБОУ ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва
ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Москва
kashchenko_ga@esoil.ru

Soils of the Caucasus subtropical belt were analysed for parameters that have the greatest influence on the rhododendron shrubs condition and, as a consequence, on the entire plant community. Geobotanical and soil descriptions were made on the territory of Tuapse and Lazarevsky districts of Krasnodar Krai in the first decade of May.

Не смотря на относительно широкую изученность флоры Кавказского региона, на сегодняшний день не существует полноценных представлений об экологии растительных сообществ, основу подлеска которых слагают представители рода *Rhododendron* L. Рододендроны выполняют различные функции в формировании облика растительных сообществ. Плотный полог кустарников способствует возобновлению древостоя в условиях значительных суточных колебаний температур и избыточной инсоляции [1].

Рододендрон жёлтый *Rhododendron luteum* Sweet, чьё присутствие отмечается практически во всех высотных поясах растительности Кавказа (от уровня моря до 2000 м абс. выс.), в отличие от иных представителей рода, является листопадным кустарником, что даёт ему куда более пластичный и адаптивный механизм приспособления к широкому спектру как климатических, так и почвенных условий.

Отбор почвенных образцов производился на территории Туапсинского и Лазаревского районов Краснодарского края. Разрезы закладывались как в центре, так и на периферии пятен доминирования кустарника.

Получены результаты по основным агрохимическим показателям.

Почвы характеризуются высоким содержанием физической глины (67–82 %), низкими значениями рН солевой вытяжки (3.68–4.80), значительной разницей по обеспеченности подвижными формами P_2O_5 (17–128 мг/кг) и K_2O (161–319 мг/кг) в верхних почвенных горизонтах.

Дополнительно проведён анализ геоботанических описаний по экологической шкале Ландольта.

Литература

1. Akhalkatsi M. et al. Facilitation of seedling microsites by *Rhododendron caucasicum* extends the *Betula litwinowii* alpine treeline, Caucasus Mountains, Republic of Georgia // Arctic, Antarctic, and Alpine Research. – 2006. – Т. 38. – № 4. – С. 481–488.

Выражаем благодарность доценту кафедры геоботаники и экологии растений СПбГУ, к.б.н. Денису Моисеевичу Мирину за помощь в организации экспедиции и определении гербарных образцов.

Работа рекомендована ассистентом кафедры геологии, почвоведения и ландшафтоведения РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева А.А. Прохоровым.

УДК 631.41, 631.48

СРАВНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ, ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И МИКРОСТРОЕНИЯ ЦЕЛИННОГО И АГРОЧЕРНОЗЕМОВ С УЧАСТИЕМ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ (КУРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Д.С. Комкова

ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева» лаборатория минералогии и микроморфологии почв, Москва
daria.komkova.lu@mail.ru

In the graph of the principal component analysis, all the studied soils form separate clusters, which confirms the significant influence of water erosion and plowing factors on differences in the physical and chemical properties of genetically similar soils. Crumb and vermicular microstructure prevails in uncultivated Chernozem, massive and angular-blocky appears in the arable Chernozems, which is a sign of degradation under the plowing.

Объект исследования: гумусовые горизонты черноземов миграционно-мицелярных (плакор, Стрелецкая степь некосимый участок «Центрально-черноземный заповедник имени Алехина») и агрочерноземов дисперсно-карбонатных (плакор), агроземов темных аккумулятивно-карбонатных (нижняя часть склона, ОПХ Курского ФАНЦ). Использовались следующие методы: 1) физические (определение агрегатного состава и коэффициента структурности сухим просеиванием по Саввинову (Вадюнина, Корчагина, 1986), гранулометрический состав – лазерной дифракцией); 2) химические (определение содержания CaCO_3 по Козловскому (Хитров, Понизовский, 1990), органический углерод (Сорг) по ГОСТ 26213-2021); 3) микроморфологический (Stoops, 2021; Герасимова с соавт., 2011).

Полученные результаты показали, что наибольшее влияние факторы распашки и водной эрозии оказывают на содержание Сорг, средневзвешенный диаметр агрегатов и коэффициент структурности. Большинство физических и химических свойств изученных почв не вносят вклад в распределении дисперсии в методе главных компонент (МГК). Однако первые две главные компоненты описывают в сумме 82 % дисперсии при факторах распашки, смывости, содержания органического углерода, ила и пыли. Фактор распашки и водной эрозии значительно влияют на различия в физических и химических свойствах генетически сходных почв, что подтверждается образованием на графике МГК отдельных кластеров у всех изученных почв. По результатам микроморфологического описания в черноземе миграционно-мицелярном в микроструктуре верхних 30 см (ниже дернины) преобладает комковато-копрогенная микроструктура с округло- и угловато-блоковыми и губчатыми микрозонами. В сопоставимых слоях агрочернозема дисперсно-карбонатного и агрозема темного аккумулятивно-карбонатного микроструктура характеризуются обилием микрозон массивной наряду с угловато-блоковой, что демонстрирует их деградацию под действием распашки (Санжарова и др., 1988). Гумусовое вещество в верхних горизонтах чернозема миграционно-мицелярного представлено темно-бурой, почти черной пропиткой во всех шлифах, за исключением микрозон ассимилированного материала аккумулятивно-карбонатного горизонта. В то время как в агропочвах, даже в плакорной позиции рельефа, где почвы не подвергаются воздействию эрозионного фактора, явно заметно уменьшение содержания гумуса.

Работа рекомендована к.б.н., н.с. О.О. Плотниковой.

УДК 631.4

ПОЧВЫ ВИСЯЧЕГО САДА МАЛОГО ЭРМИТАЖА

Д.О. Лагуткина

Санкт-Петербургский государственный университет

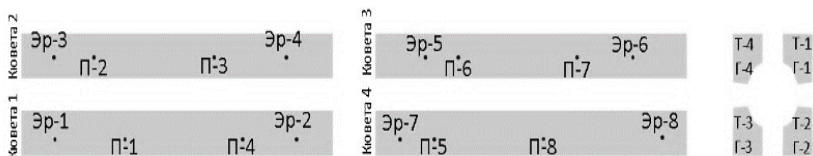
lagutkina867@mail.ru

This study is devoted to analysing the chemical and physical properties of the soils of the hanging garden of the Small Hermitage, as well as the fertility level. The results of the research can be used for future projects on landscaping and restoration of historic gardens.

Висячий сад Малого Эрмитажа построен в 1764–1773 гг. архитекторами Ж.Б. Валлен-Деламотом и Ю.М. Фельтеном, перестроен

в 1841 г. В.П. Стасовым и представляет собой уникальную архитектурную конструкцию. Сад расположен под открытым небом на уровне второго этажа между галереями, соединяющими Северный и Южный павильоны Малого Эрмитажа. Сад ориентирован с севера на юг, расположен близко к Неве, но окружен со всех сторон стенами здания – все вместе это приводит к созданию в нем уникального микроклимата со значительно большим прогреванием почвы и отсутствием резких температурных перепадов. Исследование свойств почв сада имеет ключевое значение для понимания закономерностей развития сконструированной почвенной системы в рамках города, а также для оценки влияния различных факторов на адаптацию и рост растений.

На территории сада нами в 2024 г. было заложено 8 почвенных разрезов (до глубины 40–50 см). Всего отобрано 50 почвенных образцов из разрезов и с поверхности почв (0–10 см) по площади сада (рис.). Показано, что почвы представляют собой конструктороземы, сложенные серией насыпных горизонтов RY (3–4 горизонта) отличающиеся друг от друга плотностью, структурой или гранулометрическим составом. Ниже залегает песчаный слой и гидроизоляция посадочных кювет (общая глубина почвенной конструкции в саду составляет от 80 до 90 см).



П1-П4, Г1-Г4, Т1-Т4 – места отбора образцов с поверхности
Эр-1 – Эр-8 – точки заложения почвенных разрезов

Рисунок. Схема отбора почвенных образцов в всиачем саду Малого Эрмитажа.

Наблюдаемые морфологические различия в строении почв объясняются этапами засыпки почвы при реставрации сада в 2014 г. Иногда самый темноокрашенный горизонт может находиться в нижней части почвенного профиля (разрез Эр-6), это происходит из-за перемешивания материала при изъятии и повторной засыпке. По этой же причине иногда в профиле встречаются песчаные прослои и линзы. По результатам измерения полевой влажности показано, что чаще всего влажность верхних почвенных горизонтов в 2 раза больше, чем нижних. По значению величины рН – почвы сада имеют слабокислую и близкую к нейтральной реакцию среды. Валовые формы содержания обычных «городских металлов» (Cu, Zn, Pb) не превышают допустимые нормы.

Металлы равномерно распределены по почвенному профилю, что говорит об отсутствии аэрозольного загрязнения почв сада.

Автор выражает глубокую благодарность хранителю Висячего сада М.Е. Дубровской за возможность проведения научных исследований.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. А.А. Шешуковой.

УДК 631.42

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВЕННО-
СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ТОЛЩ ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА
НА РАЗНЫХ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПОЗИЦИЯХ БАССЕЙНА
СРЕДНЕЙ ДЕСНЫ

М.Н. Лазарева¹, Е.А. Буланова¹, Е.А. Константинов²,
А.Л. Захаров², А.К. Очередной³

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, lazarevamn2001@mail.ru

²Институт географии РАН, г. Москва

³Институт истории материальной культуры, г. Санкт-Петербург

The work presents preliminary results of studying Late Pleistocene soil-sedimentary strata in the territory of the Middle Paleolithic site of Khotylevo I and Betovo quarry. The objects are located at different geomorphological positions (slope and upland), which allows for obtaining expanded information about sedimentation and soil formation during MIS 2 – MIS 5.

В работе рассматривается строение двух почвенно-осадочных толщ позднего плейстоцена, расположенных в бассейне Средней Десны (в Брянской области) на разных геоморфологических уровнях. Разрез Хотылёво I-6-2 находится на территории палеолитической археологической стоянки и занимает склоновую позицию, а разрез, заложенный в карьере неподалеку от деревни Бетово, – плакорную. Оба объекта содержат отложения возраста МИС 5 – МИС 1.

В ходе исследования для обоих разрезов было проведено морфологическое описание выделенных слоёв, осуществлен отбор образцов с шагом 10 см, выполнен физико-химический анализ отложений, включающий определение величин удельной магнитной восприимчивости, потери при прокаливании, содержания карбонатов, гранулометрического состава и цветовых характеристик, а также некоторые почвенные анализы (рН, содержание гумуса). Полевые работы проведены совместно с сотрудниками ВДЭ ИИМК РАН (г. Санкт-Петербург) и лаборатории палеоархивов природной среды ИГ РАН (г. Москва).

На участке Хотылёво I-6-2 выделенные почвенные уровни относятся к временным интервалам МИС 5, МИС 3, а также голоценовый профиль почвы (МИС 1). Общая мощность разреза достигает 14.2 м. Палеопочвы МИС 5 слабодифференцированы, приурочены к культурным слоям среднего палеолита. Они отнесены к слаборазвитым аллювиальным почвам. Средневалдайская почва (МИС 3) менее выражена по сравнению с соседними участками Хотылёво I, имеет 2 стадии почвообразования. Голоценовая почва представлена светло-серой лесной почвой.

В разрезе в карьере Бетово выделены почвенные уровни временных интервалов МИС 5, МИС 3 и МИС 2. Общая мощность разреза составляет 6.5 м. Мезинский педокомплекс подвержен сильному оглеению. Палеопочва МИС 3 имеет 3 ритма почвообразования: две гидроморфические и одну ксероморфическую. Почвенный уровень МИС 2 представлен трубчевским горизонтом, который пронизан сетью клиньев Ярославского криогенного горизонта. Голоценовый профиль почвы нарушен техногенными процессами.

Таким образом, почвенно-седиментационные толщи, формирующие разрезы Хотылёво I-6-2 и Бетово, различаются по морфологии и физико-химическим свойствам, которые отражают разные процессы и условия почвообразования и осадконакопления. Данные отличия связаны с геоморфологической позицией и почвообразующей породой.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Н.В. Верховцевой.

УДК 631.42

РЕФУГИУМЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОЧВ ИМЕРЕТИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

И.П. Лобзенко, Г.А. Плахов, Н.В. Сальник

Научно-технологический университет Сириус, пгт Сириус
lobzenko.ip@talantiuspeh.ru

During the study, natural soil refugia were discovered. They belong to the alluvial series, are characterized by an average humus content with its sharp decrease along the profile, acidity from neutral to slightly alkaline, and medium loamy granulometric composition. The soils bear traces of anthropogenic impact of varying degrees.

Имеретинская низменность относится к закавказской депрессии Колхидской горной провинции и является уникальным природным объектом на территории Российской Федерации. Основными типами почв, распространёнными на данной территории, являлись буроземы, желто-

земы и интразональные почвы аллювиального ряда. Ввиду активной сельскохозяйственной деятельности во второй половине 20-го века почвы Имеретинской низменности подвергались умеренному антропогенному воздействию.

Однако с 2010 по 2014 год большая часть территории была подвержена существенной перепланировке в ходе строительства олимпийских объектов, что привело к серьёзным изменениям почвенного покрова. Перед строительством производилась отсыпка нативной поверхности с использованием строительного и природного материала с целью поднятия над уровнем моря минимум на 4 м. Такое преобразование привело к полному перекрытию большей части естественных и сельскохозяйственных почв Имеретинской низменности, а последующее озеленение территории было выполнено в основном на искусственных почвенных конструкциях.

В ходе исследования Имеретинской низменности, проведённого в 2024 году, были обнаружены лишь локальные ареалы естественных почв. Характер их расположения и малый ареал распространения не позволяет говорить о сохранности значительных почвенных контуров, изученные останцы естественных почв скорее относятся к рефугиумам. Почвенный покров в них представлен аллювиальными темногумусовыми глеевыми сильногумусированными среднесуглинистыми почвами на аллювиальных отложениях.

Несмотря на различия в строении почвенных профилей и химических свойствах, данным почвам характерен схожий генезис. Они имеют рН водной суспензии от 6.8 до 8.3, гранулометрический состав изменяется вниз по профилю от среднесуглинистого до легкосуглинистого, содержание органического вещества также резко убывает вниз по профилю от 5.6 % до 1.1 %. Данные почвы несут следы антропогенного воздействия различной степени.

Таким образом, из-за значительного антропогенного вмешательства, естественные почвы Имеретинской низменности можно наблюдать только в виде локальных участков – рефугиумов. Их сохранение имеет высокое научное значение, так как не только позволяет проследить эволюцию почв данного региона, но и иметь образец для оценки степени антропогенного воздействия для схожих по генезису территорий.

Результаты получены при финансовой поддержке исследования, реализуемого в рамках государственной программы федеральной территории «Сириус» «Научно-технологическое развитие федеральной территории «Сириус» (Соглашение № 18-03 от 10.09.2024).

Работа рекомендована д.б.н., в.н.с. НТУ «Сириус» С.Н. Горбовым.

УДК 631.4

ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ПРОВИНЦИИ
КАМЧАТКИ НА ПРИМЕРЕ ДОЛИНЫ РЕКИ КАРЫМШИНА

Ф.В. Маркин

МГУ имени М.В. Ломоносова, markin.f2019@gmail.com

The information on soil cover of Kamchatka is still scarce. In years 2023–2024 in Central and South eastern Kamchatka we conducted a soil research. The soils of Southeastern Kamchatka are characterized by lower pH in profile and abundance of two BAN horizons. Alike CKD soils they have low bulk density and light granulometric composition

Полуостров Камчатка расположен на Дальнем востоке России и, несмотря на наличие большого количества работ по изучению почвенного покрова, все еще остается не до конца изученным и представляет собой интересный объект для исследования почв на пирокластических отложениях. В рамках диссертационного исследования почв Южных Курильских островов и Камчатки были проведены две экспедиции в Центральную Камчатскую депрессию (Центральный район Центральной провинции по (Карпачевский и др., 2009) и в район реки Паратунка (сейсмостанция Карымшина) (Восточная провинция по (Карпачевский и др., 2009). Оба района различаются по климату. Для Центральной Камчатки характерен более континентальный климат, а для юго-восточной Камчатки – более мягкий и влажный климат (табл.).

Почвенно-пирокластический чехол (ППЧ) в районе сейсмостанции Карымшина представлен пеплами извержений вулканов Ксудач (КШТ 3, КС-1 и КС-2), и Опала (ОП1, 1480). В отличие от ЦКД, КС-1 здесь представлен толщей дресвянистой тефры мощностью около 20–30 см, в верхней части которой сформировался погребенный гумусовый горизонт, а нижняя часть имеет охристый цвет и почти все морфологические признаки охристого горизонта, за исключением икряной структуры. Почвы в большинстве разрезов подстилаются делювиальными отложениями. Тем не менее, одним разрезом на удалении от реки вскрыт полный голоценовый ППЧ. Мощность около 80 см. Подстилается также делювием. В нижней части – охристый горизонт ВАН.

На изученной территории под травяной растительностью диагностируются горизонты АУ и АУh с включениями пепла КШТ3. Под кедровыми и ольховыми стланиками сформированы маломощные перегнойные горизонты, под березовым разнотравно-кустарниковым лесом диагностирован горизонт АУ.

Почвы в районе сейсмостанции Карымшина кислые и слабокислые, (рН как правило 4–5 единиц по всему профилю). В почвах ЦКД рН в верхних горизонтах составляет 4–6 единиц, и в нижних горизонтах около 6–7. Предположительно, это связано с периодическими выпадениями свежих пеплов и выносом из них катионов.

Таблица. Климатические характеристики исследованных районов.

Пункт	Среднегодовая t, °С	Сумма осадков, мм
Петропавловск-Камчатский	2.7	1200
Мильково	-1.3	529

Литература

1. Карпачевский, Л.О., Алябина, И.О., Захарихина, Л.В., Макеев, А.О., Марчек, М.С., Радюкин, А.Ю. Шоба, С.А., Таргульян, В.О., Почвы Камчатки. М.: ГЕОС. 2009.–224 с.

Работа рекомендована д.б.н., проф. А.О. Макеевым.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ТИПА УГОДИЙ НА АГРЕГАТНЫЙ СОСТАВ ЧЕРНОЗЕМОВ ЗАКАЗНИКА «КАМЕННАЯ СТЕПЬ»

Е.В. Мингареева

Центральный музей почвоведения имени В.В. Докучаева – филиал
ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»,
elena.mingareeva@yandex.ru

A comparative analysis of the aggregate composition of soils, parent and underlying rocks was conducted. In parent rocks, aggregates of the same size as in underlying rocks predominate. The greatest differences in the aggregate composition of soils of different lands are observed in the upper 40 cm.

В последние годы уделяется особое внимание изучению вопросов агрегатного состава (АС), механизмов и факторов, влияющих на соотношение фракций разной размерности. Значительно реже предметом исследования являются генетические аспекты формирования АС. Без изучения процентного соотношения агрегатов, как типоморфного признака почвообразовательных процессов, сложно прогнозировать изменения процентного соотношения агрегатов в результате антропогенного воздействия. Таким образом, возникает необходимость в исследовании агрегатного состава на всю глубину профиля почв.

Цель работы – исследование агрегатного состава черноземов на лессовидных отложениях под 3 типами угодий.

АС изучался в почвенных образцах, отобранных на территории заказника «Каменная степь» (Воронежская область) из разрезов черноземов миграционно-мицелярных под залежью (р.1.24), защитной лесополосой (р.2.24) и пашней (р.3.24). Образцы отбирались послойно с глубины: 0–5, 5–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–50, 90–100, 150–160, 190–200 см. АС в образцах определяли по общепринятой методике сухого просеивания.

АС почвообразующих (90–100 см) и подстиляющих пород (150–160 и 190–200 см). Исследуемые почвы имеют однотипный АС подстиляющих пород. В нем выделяются 2 группы. Первую группу образуют преобладающие агрегаты: >10, 10–7, 5–3 и 3–1 мм с суммарным количеством 76.3–84.7 % (табл.). Первое и второе место по содержанию занимают фракции >10, 5–3 мм. Во вторую группу входят остальные агрегаты.

В АС почвообразующих пород (ПП), как и в подстиляющих породах, преобладают фракции >10, 5–3 и 3–1 мм, при снижении количества 10–7 мм. Сравнение агрегатного состава ПП и подстиляющих пород показывает, что они, в целом, однородны по характеру соотношения фракций. Таким образом, можно предположить, что АС почвообразующих пород унаследован от подстиляющих пород при абсолютном преобладании фракции >10 мм.

АС почв. Профиль пахотной почвы (р.3.24) по преобладанию фракций АС можно условно разделить на 3 слоя. Первый слой – 0–10 см с абсолютным преобладанием фракции 3–1 мм и относительно близким содержанием фракций 5–3, 1–0.5, 0.5–0.2 мм (10.3–14.2 %). Высокое содержание двух последних фракций, по всей видимости, это связано с вспашкой почвы. Второй слой – 10–30 см с преобладанием агрегатов >10 мм. Содержание агрегатов 3–1 мм уменьшается почти в 1.5 раза. Третий слой (30–50 см) неоднородный. На глубине 30–40 снова преобладает фракция 3–1 мм. На втором месте фракций 5–3 мм, а агрегаты >10 мм занимают только третье место.

В отличие от пахотной в залежной почве (р.1.24) профиль относительно однородный. Преобладающей фракций является 3–1 мм, на втором месте находится фракция 5–3 мм и только на глубине 40–50 см резко возрастает количество >10 мм и снижается 5–3 и 3–1 мм. На глубине 0–20 см фракция >10 мм не превышает 1 %, при высоком содержании фракций <1 мм (особенно в слое 0–5 см). Возможно, это связано с тем, что почва ранее была пахотной.

Таблица. Агрегатный состав черноземов миграционно-мицелярных.

Глубина, см	Содержание агрегатов (мм) сухого просеивания, %							
	>10	10-7	7-5	5-3	3-1	1-0.5	0.5-0.25	<0.25
р.1.24, залежь								
0-5	0.8	3.5	6.6	15.6	37.2	12.6	11.2	12.4
5-10	0.4	2.0	3.1	18.0	56.3	7.4	5.8	6.9
10-20	0.6	1.0	5.8	26.2	49.0	7.0	5.1	5.3
20-30	3.5	8.9	17.5	35.0	28.0	3.0	1.9	2.2
30-40	4.8	9.1	17.7	26.2	28.6	4.7	4.2	4.7
40-50	43.6	8.7	8.3	13.5	18.2	2.4	2.4	2.8
90-100	58.7	5.7	5.3	9.4	13.3	3.2	2.3	1.9
150-160	32.2	14.6	10.3	13.6	17.8	3.9	3.9	3.8
190-200	20.4	18.3	15.1	17.5	20.1	3.7	2.6	2.3
Р.2.24, защитная лесополоса								
0-5	0.0	2.1	3.3	31.8	52.4	4.6	2.9	3.0
5-10	3.7	5.2	10.0	37.9	34.3	3.5	2.3	3.0
10-20	4.8	6.6	17.0	32.4	29.2	3.5	2.9	3.5
20-30	6.2	5.8	12.2	27.6	34.8	4.8	3.9	4.7
30-40	14.9	4.6	7.7	20.2	34.3	5.9	5.2	7.3
40-50	31.0	4.1	6.7	16.8	25.1	5.0	4.8	6.6
90-100	38.1	8.8	8.5	13.4	19.2	4.3	3.7	4.0
150-160	51.0	8.8	7.5	9.4	14.3	3.4	2.9	2.6
190-200	46.2	14.1	9.8	10.4	12.4	2.8	2.2	2.1
Р.3.24, пашня								
0-5	11.1	5.2	4.8	11.9	34.8	13.8	10.3	8.2
5-10	7.1	5.9	7.3	12.3	33.9	14.2	10.6	8.6
10-20	26.2	10.9	8.2	10.6	21.2	8.9	7.3	6.7
20-30	32.4	11.2	10.4	12.0	18.8	5.8	4.8	4.6
30-40	12.6	7.5	9.0	20.1	32.6	6.2	5.3	6.8
40-50	29.9	7.6	8.6	16.8	23.3	4.7	4.1	5.0
90-100	53.5	7.4	5.8	10.7	15.5	3.6	2.1	1.3
150-160	30.2	17.8	13.7	15.4	15.4	2.9	2.5	2.2
190-200	49.2	13.8	10.8	11.1	10.6	1.9	1.3	1.3

Чернозем под лесом наиболее близок по АС с почвой под залежью. Сходство заключается в преобладании в слое 0-40 см фракций 3-1 и 5-3 мм. Распределение этих фракций в профиле ассиметричное, т.е. первое и второе место чередуются между этими фракциями: на глубинах 0-5, 20-30 и 30-40 см первое место занимают агрегаты 3-1 мм, а в слое 5-20 – агрегаты 5-3 мм. На глубине 40-50 см начинают преобладать агрегаты >10 мм.

Можно отметить, что слой 40–50 см во всех почвах по преобладающим фракциям, а также по содержанию фракций АС слабо отличается от ПП. Это свидетельствует о том, что влияние типа угодий, различия в корневой системе (травяная или древесная растительность) в наибольшей степени проявляется в слое 0–40 см.

УДК 631.48

ВЛИЯНИЕ ЭОЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ
НА ФОРМИРОВАНИЕ ТЕКСТУРНО-ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ
ПРОФИЛЕЙ ПОЧВ БОРИСОГЛЕБСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Н.В. Мокиевский

МГУ имени М.В. Ломоносова, n.mokievskiy@bk.ru

The soils of the Borisoglebsk Upland (Yaroslavl Region) were investigated. The biparticulate structure of their profile was shown. The upper horizons of modern soils develop within this layer. Its age is about 12 thousand years (probably the Younger Dryas).

Эволюция и генезис почв с текстурно-дифференцированным профилем в Европе – один из важных вопросов современного генетического почвоведения. Традиционно их формирование объясняется миграцией глины вниз по почвенному профилю (лессиваж) или растворением глинистых минералов под действием органических кислот (кислотный гидролиз). Однако, есть основания предполагать исходную литологическую неоднородность верхней части профиля данных почв (1).

Работы проводились на Борисоглебской возвышенности, расположенной в перигляциальной области последнего оледенения. Целью являлось изучение верхнего слоя отложений, в пределах которого находятся А и ЕL горизонты дерново-подзолистых почв. Были исследованы контакты разных подстилающих пород и прослежено покровное залегание верхнего слоя. Также удалось установить его возраст. Крупные траншеи и катены были заложены на ключевых участках в местах контакта пород разного возраста и генезиса.

В результате исследований нами была установлена непрерывность залегания верхнего слоя и однородность его состава на разных породах в пределах ключевого участка. Кроме-того он имеет однотипный состав и строение на всей исследованной территории. Верхний слой имеет пылеватый состав, с модальной фракцией около 35 мкм, это характерно для эоловых пород. Его возраст по результатам ОСЛ-

датирования составляет 12 ± 0.9 тыс. лет. Часто он отделён от подстилающей породы слоем песка с абсолютным возрастом 18.5 ± 1.3 тыс. лет.

Эти результаты показывают, что легкая часть текстурно-дифференцированного профиля была сформирована в процессе эолового осадконакопления в позднеледниковье. Эти наблюдения согласуются с данными европейских исследователей об активизации эоловых процессов в позднеледниковье [1, 2].

Литература

1. Kleber A. Mid-latitude slope deposits (cover beds). – Newnes, 2013.
2. Waroszewski J. et al. Provenance and paleoenvironmental context of the Late Pleistocene thin aeolian silt mantles in southwestern Poland – A widespread parent material for soils // *Catena*. – 2021. – Т. 204. – С. 105377.
3. Makeev, A., Kust, P., Lebedeva, M., Rusakov, A., Terhorst, B., & Yakusheva, T. (2019). Soils in the bipartite sediments within the Moscow glacial limits of the Russian Plain: Sedimentary environment, pedogenesis, paleolandscape implication. *Quaternary International*, 501, 147–173.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 23-17-00073.

Работа рекомендована д.б.н., доц. А.О. Макеевым.

УДК 631.42

ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ АГРОХОЗЯЙСТВА МГУ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА «ЧАШНИКОВО»)

В.С. Онищенко

МГУ имени М.В. Ломоносова, tre.see@mail.ru

In the conducted research, the actual problem of assessing the degradation of agricultural lands in the Moscow region has been studied. In the course of the research, a significant variation in the studied indicators of soil and land degradation was found. At the same time, this degradation was noted for arable, forested, and residential areas.

Деградация почв и земель – серьёзная проблема, которая требует особого внимания при разработке программ по обеспечению продовольственной безопасности агрохозяйств, субъектов Российской Федерации и страны в целом. Снижение текущей и потенциальной продуктивности земель может происходить как по естественным, так и по антропогенным причинам, при этом значимость последнего фактора

наиболее высока. Важно не только оценить текущее состояние земель, но и по возможности проследить динамику во времени, чтобы дать обоснованные рекомендации по рациональному управлению отдельно взятой территориальной единицы.

В проведенных исследованиях изучена актуальная проблема оценки деградации земель агрохозяйства Московской области – Учебно-опытного почвенно-экологического центра МГУ имени М.В. Ломоносова «Чашниково». В составе почвенного покрова этого агрохозяйства преобладают дерново-среднеподзолистые почвы. В соответствии с «Методическими рекомендациями по выявлению деградированных и загрязнённых земель» (1996) определение степени деградации проводилось путем сопоставления изучаемых почв со свойствами эталонов («недеградированных аналогов»). Отбор почвенных проб проводился в течение 2022–2023 гг. по равномерной случайно-упорядоченной сетке с размерами ячейки 300×300 м. Размеры пробной площадки составляли 1×1 м, глубина пробоотбора определялась видом угодья (0–20 см – для пахотных почв, 0–10 см – для других видов угодий). В качестве показателей деградации выступили – увеличение плотности сложения, изменение кислотности и уменьшение содержания гумуса. Полученные результаты оценки деградации почв и земель сопоставлялись с результатами ранее проведенных для территории этого агрохозяйства исследований (Бондаренко, 2016).

В ходе проведения исследований было установлено значительное пространственное варьирование изучаемых показателей деградации почв и земель для территории агрохозяйства «Чашниково». При этом указанная деградация отмечалась и для пахотных, и для лесных угодий, и для селитебной территории. Однозначного вывода об изменении экологического состояния почв и земель по выбранным показателям (только проградация или только деградация) по сравнению с 2016 г., когда проводились исследования Е.В. Бондаренко (2016), сделать нельзя. Полученные данные могут быть использованы при разработке комплекса природоохранных мероприятий для агрохозяйств со схожими характеристиками.

Работа рекомендована д.б.н., проф. О.А. Макаровым.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ И ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА
ЗЕМЛЯНЫХ КУРГАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОРЕНБУРЖЬЯ
МЕТОДАМИ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

А.Э. Сверчкова¹, О.С. Хохлова²

¹Институт географии РАН, Москва, acha3107@gmail.com

²Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения
РАН, Пушкино, olga_004@rambler.ru

This research compares the earthen kurgan constructions and building technologies of seven kurgans of the Bronze Age Yamnaya culture in the Orenburg region. We conducted a comprehensive analysis to determine the source materials for kurgan construction and the primary earthen building techniques used to create kurgans, focusing on macro-, meso-, and micro-morphological properties.

Взаимодействие между почвоведением и археологией становится все более актуальным, что связано с потребностями и возможностью почвоведов внести вклад в решение археологических задач. На сегодняшний день накоплен обширный объем работ, проведенных почвоведом на различных археологических объектах, как в России, так и за ее пределами. Эти исследования охватывают множество природных зон, что позволяет получать разнообразные данные о взаимодействии человека и окружающей среды на протяжении истории. Но остаются аспекты, которые слабо изучены, недостаточно проработаны теоретически, либо требуют взгляда под иным, отличным от общепринятого, углом зрения. Так, в нашей работе основным объектом (архивом палеоэкологической информации) исследования выступают не палеопочвы, а земляные курганные конструкции. Проводится сравнение земляных курганных конструкций и строительных технологий семи курганов ямной культуры бронзового века в Оренбургской области. С целью определения источника строительного материала и основных приемов земляного строительства при возведении курганных конструкций проведен комплексный анализ с акцентом на макро-, мезо- и микроморфологические свойства. Благодаря этому удалось доказать, что древние люди, создавая курганы, действовали не хаотично, а следовали определенным планам и использовали доступные на тот момент строительные технологии и навыки. На примере результатов изучения курганов ямной культуры с начала существования развитого этапа А и до окончания развитого этапа В (3300–2600 cal BC) можно отметить сходства и различия в строе-

нии земляных конструкций. Так, при возведении относительно больших курганов, использовалась более сложная конструкция или же более тщательный замес и трамбовка с большим воздействием воды с целью укрепления сооружения и придания им достаточной прочности для сохранности в течение тысячелетий. На основании анализа всех курганов, был установлен основной метод сооружения всех изученных памятников – создание «пестроцвета», и используемые для этого приемы – замес, трамбовка, включение антропогенного материала. Основным материалом послужили местные почвы, к которым был добавлены антропогенные включения.

Работа рекомендована д.г.н., г.н.с. А.А. Гольевой.

УДК 631.459.31

ВЛИЯНИЕ СУХОВЕЕВ НА АЛЛЮВИАЛЬНЫЕ ПОЧВЫ ОСТРОВОВ ДЕЛЬТЫ ДОНА

К.С. Сушко¹, Е.И. Кирюшкина²

¹Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

kirkka@yandex.ru

The consequences of wind erosion development in alluvial soils of the Don delta due to dry winds in different periods have been studied. It is shown that in the islands of the Don delta areas of strongly degraded soils are formed.

Дельта Дона, находясь на стыке системы «вода-суша» в большей степени подвержена воздействию суховеев, в отличие от ландшафтов побережья Цимлянского водохранилища и Азовского моря. Влияние суховеев восточного направления вызывает развитие процессов дефляции в почвах прибрежной и островной частей дельты Дона, оказывая совместное влияние на почвенно-растительный покров, в частности, в агроландшафтах дельты Дона. Таким образом, формируются участки как с поврежденной растительностью, так и зоны дефляции, сопряженной с дегумификацией, переуплотнением и уменьшением мощности гумусовых горизонтов.

Многочисленные исследования происхождения суховеев показали, что их образование на территории России связано с циркуляцией атмосферы, приводящей к установлению длительного периода антициклонической погоды. В антициклонах движение воздуха происходит по

часовой стрелке, вследствие этого на южной периферии арктического антициклона ветры имеют восточное и юго-восточное направления.

Ключевым показателем суховея является дефицит влажности воздуха, а скорость ветра усиливает его воздействие на растения, поскольку непрерывное «продувание» в травостое остепнённых участков дельты повышает воздухообмен в среде растений и увеличивает их транспирацию и испарение с поверхности почвы, что в случае локального чрезмерного увлажнения почв может вызывать нарушения структуры и целостности гумусовых горизонтов. Как показывают наблюдения, скорость ветра при суховеях в большинстве случаев в пределах 3–5 м/с. Высокая испаряемость при очень интенсивных суховеях обуславливает испарение более 8 мм в сутки (или 80 т воды с 1 га).

Всё это приводит к формированию средне и сильноэродированных аллювиальных почв в ландшафтах восточной и центральной частей дельты Дона. Эти почвы характеризует глубокое залегание грунтовых вод, чёткая слоистость профиля, мозаичность и неоднородность гранулометрического состава; верхние части профиля пропитаны гумусом, однако значительная часть – это остаточный гумус, содержащийся непосредственно в речном аллювии.

Такое строение связано, прежде всего со сложным микрорельефом, перераспределением атмосферных осадков, гидрологическим режимом крупных водотоков, уровнем грунтовых вод, типом отложений, а также степенью антропогенной нарушенности территории, и, как следствие, развития на ней эрозионных процессов – прежде всего воздействия суховейных ветров и сильных восточных ветров в зимний период (декабрь 2022)

Исследование выполнено при поддержке Гранта РГО № 04/2024-И «География малых рек и лиманов Приазовья: трансформация и экологические проблемы в условиях маловодья» и НИР ГЗ ЮНЦ РАН «Изучение гидроклиматических особенностей периодически пересыхающих акваторий юга России в контексте глобального углеродного цикла», № госрегистрации 122103100027-3.

Работа рекомендована к.г.н., доц. А.Р. Иошпой.

ПИРОГЕННЫЙ ПОДГОРИЗОНТ ПОЧВ СОСНОВЫХ
ЗЕЛЕНОМОШНЫХ ЛЕСОВ – ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИС.А. Толстоусова, В.И. Журавлева, Е.П. Стадник
Санкт-Петербургский государственный университет
st090435@student.spbu.ru

The pools of organic matter, moisture and nitrogen compounds available to plants determine the productivity of pine green-moss forests. The contribution of pyrogenic organomineral horizon Eорур to these pools should be taken into account.

Площадь лесов в Ленинградской области 4 667 тыс. га, 0.1 % из них – свежие гари [1]. В природных условиях 1–5 низовых пожаров бывали за поколение сосновых древостоев [2]. Влияние человека увеличило частоту и масштабы лесных пожаров, поступление в почву пирогенных материалов. Актуально изучение пирогенно измененных структур почвенного профиля. Предложено выделять пирогенный органоминеральный подгоризонт Еорур в почвах сосновых зеленомошных лесов [3]. Еорур отмечали ранее в полевых описаниях подзолов как наиболее темноокрашенный слой подзолистого горизонта, но пробы не отбирали, не анализировали. Изучены подзолы иллювиально-железистые сосновых зеленомошных лесов Ленинградской области (68 км Ломоносовского района точки 1-16 и 2-16; Сяберо, Лужский район точка 3-16; Лужский район точка 1-14 и Курортный район точка 2-14). Пробы отбирали в пятикратной повторности по подгоризонтам (L, F, H) и Еорур с площади 25·25 см. Еорур имеет небольшую мощность (1–3 см), но содержит соединения С, устойчивые к разложению (С/Н 40–70). В состав Еорур входят фракции >2 мм (крупная), 1–2 мм (средняя) и <1 мм (мелкозем), состоят из древесных углей, детрита и минеральных частиц. Крупную фракцию при пробоподготовке обычно отбрасывают. Отчуждение минеральных частиц >2 мм завышает запасы органического вещества (ОВ), детрита и древесных углей – занижает. Крупный детрит составляет 1 % от массы пробы, а его вклад в ОВ Еорур до 10 %. Запасы ОВ в Еорур варьируют в пределах 0.1–4.0 кг/м². Доля ОВ в общих запасах ОВ подстилки и верхних 30 см минерального профиля составляет 6–25 %, в подстилке и Еорур 20–40 %. Запасы влаги в лесной подстилке и Еорур на дату полевых работ для ключевых участков 1-16, 2-16 и 3-16 составляли в лесных подстилках 10, 9 и 10 мм, в Еорур 7, 3 и 1 мм, соответственно. В подстилках содержалось 60–90 %, а в Еорур 10–40 % от общих влаго-

запасов. Минеральных соединений азота ($N-NO_3+N-NH_4$) для ключевых участков 1-14 и 2-14 содержится в подстилках 60–80 %, в Еоруг 20–40 % от их общих запасов.

Запасы органического вещества, влаги и доступных растениям соединений азота являются ключевыми факторами, определяющими продуктивность сосновых зеленомошных лесов, поэтому учет вклада Еоруг в их формирование важен. Необходимо также исследовать качественный состав и сроки депонирования древесных углей, детрита и гумусовых соединений в Еоруг, прогнозировать его динамику в ходе новых пожаров, а также учитывать пространственное варьирование поверхностных горизонтов вследствие влияния биологического, рекреационного и пирогенного факторов.

Литература

1. URL: <http://www.priroda.ru> (дата обращения: 12.01.2025).
2. Горшков В.В., Ставрова Н.И., Баккал И.Ю. Динамика восстановления лесной подстилки в бореальных сосновых лесах после пожаров. Лесоведение. 2005; (3): 37–45.
3. Nadporozhskaya M., Mirin D., Zhuravleva V., Stadnik E., Yakkonen K. Introducing a New Pyrogenic Podzolic Sub-Horizon to Clarify Organic Matter Pools in Pine Forest Soils // Forests. 2024; 15(1):40. – P. 5.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 22-24-00690.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доцентом каф. агрохимии СПбГУ М.А. Надпорожской.

УДК 631.4

К ПОЗНАНИЮ ПОЧВ ДАРВИНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

А.Е. Тюпаева¹, П.А. Черненко²

¹Санкт-Петербургский государственный университет

²ИЛАН РАН, с. Успенское, Московская обл.

tupaevanastya@gmail.com

Some recent data about the soils of the State Darwin Reserve are presented. Special consideration was paid to the exploration of tiny waterlogged hollows along the coastline of the Rybinsk Reservoir.

Дарвинский государственный природный биосферный заповедник находится на границе Вологодской и Ярославской областей. Он был создан для изучения влияния Рыбинского водохранилища на прилега-

ющие территории. Значительные площади в заповеднике занимают торфяники с мощностью торфяной залежи от 0.5 до 5.5 м.

Основными почвообразующими породами служат пылеватые тонкозернистые пески древнеозерного происхождения. Ранее отмечалось, что в заповеднике развиты преимущественно почвы подзолистого и болотного типов в сочетании с дерново-подзолистыми, которые занимают небольшие площади [1]. После создания водохранилища, в годы с высоким и продолжительным паводком, наблюдается замедление оттока грунтовых вод на побережье, что способствует усилению гидроморфизма почв.

За период полевых работ в июле 2024 г. нами было выкопано и описано 8 почвенных разрезов, отобрано 38 проб почвы. В лаборатории кафедры почвоведения было выполнено определение рН солевой и водной суспензии.

Изученные почвы различаются по степени гидроморфизма. Разрез 1, заложенный на озерной террасе вблизи берега водохранилища в сосняке марьянниковом, представляет дерново-подзол иллювиально-железистый постагрогенный. Глубина разреза составила 130 см; нижняя часть профиля была цементирована соединениями железа, маркируя верхнюю границу уровня грунтовых вод.

Остальные разрезы были заложены в заболоченных понижениях озерной террасы. В вейниково-осоково-сфагновом понижении (разрез 6) был описан дерново-подзол иллювиально-гумусово-железистый. Разрез 7 глубиной 120 см был заложен в осоково-злаковом понижении. Название почвы – дерново-подзол. Глубокий осветленный горизонт этой почвы, по нашему мнению, сформировался в результате периодических колебаний уровня грунтовых вод, способствующих при подъеме мобилизации соединений железа и выносу их при последующем опускании уровня.

В разрезе 2 под осоково-сфагновым фитоценозом был описан дерново-подзол постагрогенный глеевый, грунтовые воды выступили с глубины 60 см. Дерново-подзол иллювиально-гумусовый глеевый без признаков агрогенеза был встречен в разрезе 4, заложенном в елово-сосновом марьянниково-плауновом сообществе на узком участке суходола между понижениями; грунтовые воды здесь залежали на глубине 96 см. Торфяно-подзол глеевый (разрез 5) приурочен к сосняку кустарничково-пушицево-сфагновому, где уровень грунтовых вод составляет около 50 см.

Дерново-глеевые почвы представлены в разрезе 3, заложенном под осочником, и в разрезе 8, заложенном в сосняке болотнокустарничково-осоково-сфагновом.

Таким образом, на изученной территории встречаются альфегумусовые и глеевые почвы, чередование которых связано с различиями в микрорельефе и колебаниями уровня грунтовых вод. Наличие пахотного горизонта в почвах понижений свидетельствует о том, что до создания водохранилища процессы заболачивания на этих участках не проявлялись или проявлялись слабо.

Литература

1. Успенская А.А. Материалы к изучению почвенного покрова основных типов лесов Дарвинского государственного заповедника // Труды Дарвинского заповедника. Вып. 9. 1968. С. 123–181.

Работа рекомендована к.б.н., доц. О.В. Галаниной.

УДК 631.48

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ ПОЧВ ОСТРОВОВ ЗАПАДНОЙ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

Д.Д. Хлопцова¹, Д.А. Каверин²

¹Санкт-Петербургский государственный университет
dasha.khloptsova@gmail.com

²Коми научный центр УрО РАН, Институт биологии, Сыктывкар
dkav@mail.ru

The soils of high arctic and typical tundras of the Barents Sea islands (Mabel Island, Franz Josef Land Archipelago, Severny Island, Novaya Zemlya Archipelago, Kolguyev Island) were studied. In soils of typical tundra and high arctic landscapes the main differences in morphological properties determined by zonal and landscape factors were determined. The taxonomic position of soils of different tundra geosystems was determined.

Исследование специфики функционирования и формирования почв в геосистемах прибрежных арктических тундр и пустошей островного сектора Западной Российской Арктики проводилось в рамках экспедиции «Арктический плавучий университет – 2024».

Объектами исследования являются почвенные профили трех островов Баренцева моря, расположенных на архипелаге Земля Франца-Иосифа (о. Мейбел), архипелаге Новая Земля (о. Северный) и о. Колгуев. При выполнении разрезов определялись морфологические свойства почвенных горизонтов и классификационное положение почв. По результатам работ определены первичные географические закономерности формирования почв в различных ландшафтно-климатических условиях островного сектора Западной Арктики России.

Для высокоарктических тундр о. Мейбел (арх. Земля Франца-Иосифа) характерно формирование хорошо дренированных псаммоземов – маломощных почв с морфологическими признаками ожелезнения песчаных горизонтов. Дренаж профиля почв обеспечивается их легким гранулометрическим составом и водопроницаемостью подстилающих валунно-галечниковых горизонтов.

Литоземы на о. Северный (арх. Новая Земля) значительно завалунены, под маломощной слаборазложившейся оторфованной подстилкой залегают минеральные оглеенные или глеевые горизонты. Развитию оглеения способствует неглубокое подстиление консолидированных глыб сланцевых пород и суглинистый состав почвенных горизонтов.

На о. Колгуев исследованы почвы, в целом характерные для типичных тундр: глеевые и торфяные олиготрофные. Также были обнаружены торфяные деструктивные почвы оголенных торфяных пятен в пределах полигональных болот северной тундры.

Специфика почвообразования в островных арктических ландшафтах обусловлена сочетанием как ландшафтных, так и зональных условий почвообразования. Различия почвенного покрова высокоарктических и типичных тундр выражены достаточно сильно, что связано с большой широтной протяженностью и разнообразием ландшафтов островной Арктики.

Исследование выполнено по результатам комплексной научно-образовательной экспедиции «Арктический плавучий университет – 2024».

Работа рекомендована к.г.н., доц. Е.Ю. Елсуковой.

УДК 631.41

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ПОЧВ ПРЕДГОРИЙ ДАГЕСТАНА НА ПРИМЕРЕ ДОЛИНЫ РЕКИ АТЛАН-ОЗЕНЬ

А.З. Шихалиев

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДФИЦ РАН,
Махачкала, shikhaliev01a1@mail.ru

This research paper presents the results of a study on the contemporary state of soils in the foothills of Dagestan. The soils of the river valleys in the foothills were once used for perennial fruit plantings. Currently, they are utilized as pasturelands. Studying these soils plays a crucial role in the rational exploitation of land resources.

Исследование направлено на оценку современного состояния антропогенно-нарушенных почв, некогда использовавшихся под садовые культуры, которые в настоящее время используются в качестве пастбищ.

Объект исследования располагается вблизи хребта Зегентау в пределах высотных отметок 397–402 с севера на юг и протягивается от села Кафыр-Кумух до села Атланаул.

Климат территории умеренно континентальный. Минимальная температура в зимний период составляет -12.8°C , максимальная в летний период достигает $+36.6^{\circ}\text{C}$. Годовая сумма осадков составляет 387 мм. Котловинообразная форма рельефа данной территории обуславливает засушливый климат этой местности. Продолжительность вегетационного периода составляет 235–237 дней.

Почвенный покров представлен бурыми лесными, коричневыми, темно-каштановыми, каштановыми, светло-каштановыми почвами.

В растительном покрове, помимо аборигенных растительных сообществ, преобладают сорные виды, что объясняется использованием данной территории в качестве пастбищ. Отобранные геологические образцы свидетельствуют о раннем этапе преобладания гидроморфного типа почвообразования.

При анализе почвенных образцов были получены результаты по содержанию водорастворимых солей и активных форм органических веществ. Содержание ионов SO_4^{2-} составляет 0.10 мг-экв/100 г почвы, с глубиной увеличивается до 0.15 мг-экв/100 г почвы, ионы Cl^- – от 0.35 мг-экв/100 г почвы снижаются по профилю до 0.20 мг-экв/100 г почвы. Здесь необходимо отметить преобладание ионов Cl^- над ионами SO_4^{2-} .

Содержание NPK определялось по методу Мачигина. Высокое содержание подвижного фосфора достигает значений 16 мг/100 г в верхнем горизонте и снижается до 2.4 мг/100 г в нижнем горизонте. Согласно полученным данным, подвижные формы калия так же имеют высокие значения, и в горизонте А достигают до 93 мг/100 г, а с глубиной уменьшается до – 26 мг/100 г. Нитратный азот содержится в пределах нормы и составляет 5.8 мг/100 г., снижаясь до 0.68 мг/100 г в нижележащих горизонтах.

Количество гумуса в верхнем горизонте составляет 4.8 %, и снижается до 1.7 % в нижних горизонтах и имеет достаточно высокие показатели для светло-каштановых почв.

В результате исследований почв предгорных провинций установлено, что несмотря на достаточно высокую антропогенную нагрузку почвенный покров имеет высокое плодородие. Возможно дальнейшее использование при выполнении агротехнических рекомендаций по рациональному возделыванию многолетних плодовых деревьев.

Работа рекомендована: к.б.н. А.Б. Биарслановым.

Школьная секция

Со школьной скамьи – в науку

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ
ПРИМОРСКОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА
МЕТОДОМ TEA BAG INDEX

К.А. Абрамова, Н.В. Лебедева

ДДТ Приморского района, г. Санкт-Петербург, miss_akira@icloud.com

This study examines soil microbial activity using the Tea Bag Index (TBI) near the Primorsky District Children's Creativity Center in St. Petersburg. The experiment measured the decomposition rates of green tea and rooibos tea buried at an 8 cm depth for 90 days.

Почвы в крупных городах выполняют ряд важнейших функций: регулирование газового состава атмосферы, утилизация органических отходов, обеззараживание городской среды и многие другие. В связи с этим, особую важность имеют исследования, посвященные изучению состояния почв в крупных городах.

Жизнедеятельность почвенных микроорганизмов влияет на состояние почв и их функционирование. Для оценки микробной активности был выбран и использован метод Tea bag index (TBI), т.к. данный метод является простым, недорогим и не требует специализированной подготовки. Пакетики сделаны из неразлагающегося материала, так что потеря веса пакетика после пребывания в почве в течение определенного времени напрямую отражает разложение растительного материала почвенными микроорганизмами.

Исследование проводилось рядом с ДДЮТ Приморского района СПб, было выбрано 4 участка. Предварительно взвешенные чайные пакетики были закопаны на глубину 8 см и извлечены из почвы через 90 дней. Далее пакетики были, высушены и взвешены. Также определяли гранулометрический состав почв.

Самые большие потери массы наблюдались в песчаных почвах: чай Ройбуш 28.89 %, зелёный чай (Berton) 63.09 %. Потеря массы чая в суглинистых почвах: чай Ройбуш 14.26 %, зелёного чая (Berton) 45.00 %. В супесчаных почвах наблюдались промежуточные значения: чай Ройбуш 23.52 %, зелёный чай (Berton) 48.75 %.

На основании полученных результатов были сделаны следующие выводы:

- скорость разложения сложного по химического составу чая Ройбуш была ниже, чем у зелёного чая (Berton);
- наибольшая потеря массы чайных пакетов происходит в песчаных почвах, т.к. там наименьшее количество органического вещества;

– наименьшая потеря массы в суглинистых почвах.

Проведённое исследование подтвердило, что метод «ТВІ», не смотря на простоту, подходит для наблюдения за активностью почв и помогает выявлять происходящие в почве изменения. Благодаря доступности метода, в процесс изучения, может быть вовлечено большое количество, заинтересованных сограждан.

Работа рекомендована м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева А.А. Кузьминой.

УДК 911.52

АГРОШКОЛА КУРКИНСКОГО РАЙОНА.
ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ. ТОГДА И СЕЙЧАС

К.А. Дудина, А.Е. Авдеева

МОУ Самарская СОШ, Тульская область, посёлок Куркино,
dudina9393@list.ru

The article demonstrates the importance of children learning about soil structure and plant care. This can be implemented if the school has a household. In this case, the study becomes clear and practical.

Развитие агропромышленности и открытие агрошкол имеют огромное значение для будущего страны. Школа, в которой мы работаем и учимся, имеет пришкольное хозяйство, которое состоит из яблоневого сада и участка размером 1.5 га.

До 2010 года МОУ Самарская СОШ обладала статусом агрошколы. Наряду с получением общего образования, в ней использовались специализированные предметы, направленные на раннюю профориентацию и подготовку к работе в агропромышленном комплексе.

В 2010 году школа приняла участие в VIII Международном конкурсе им. А.С. Макаренко, где заняла почетное 3 место.

С 1 сентября 2010 года МОУ Самарская СОШ стала пилотной по внедрению ФГОС начального общего образования, а через несколько лет, с 1 сентября 2013 года, – по введению ФГОС основного общего образования. В связи с этим изменился учебный план, но мы по-прежнему стараемся поддерживать направления агропромышленного обучения.

Наша школа предоставляет детям возможность получать знания в области агропромышленности, согласно ФГОС, на уроках технологии, географии, биологии, химии, на занятиях по профориентации, а также

в рамках дополнительного образования – на кружке по «Цветоводству». Большое значение имеют знания, приобретенные в Центре образования «Точка роста».

Трудясь на пришкольном участке, наши воспитанники учатся обрабатывать почву, ведут работу по озеленению территории, исследуют методы сохранения ландшафта. Вместе с педагогами занимаются опытной деятельностью, осуществляют сбор урожая, помогают развитию биологического разнообразия, также учатся правильно ухаживать за растениями. Все вышеперечисленное способствует воспитанию бережного отношения к природным ресурсам и уважения к родной земле.

Отличительным аспектом нашей школы является взаимодействие с современным сельскохозяйственным предприятием ООО «Откормочное», которое осуществляется через договор о сотрудничестве. Данное предприятие оборудовано современным машинным блоком, на котором учащиеся проходят практику совместно с наставниками.

В настоящее время учащиеся обладают возможностью разрабатывать собственные проекты, связанные с сельским хозяйством, что может стать основой для будущих бизнес-идей и продолжения обучения в сельскохозяйственных вузах. Таким образом, ученики развивают навыки исследовательской и проектной деятельности, имеют раннюю профессиональную ориентацию и, многие из них (75 % выпускников) связывают свою жизнь с работой в агропромышленном комплексе страны и добиваются больших успехов, имеют учёная степень доктора наук

Работа рекомендована д.б.н., проф. А.С. Яковлевым.

УДК 631.4

ИЗУЧЕНИЕ ТРОФИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЕННЫХ САПРОФАГОВ НА ТЕРРИТОРИИ ОПТ «УСАДЬБА СЛЕДОВО»

С.А. Белимова

ГБУ ДО ДДЮТ Фрунзенского района. Санкт-Петербург
kunddut@gmail.com

This work is devoted to the study trophic activity of soil saprophages using the Balt-Lamina test. To achieve this goal, three sections of the Sledovo Specially Protected Natural Area were selected. The highest trophic activity was recorded was in the «French Garden» area, followed by «Meadow» and «Forest».

Биология почв – комплексная наука, возникшая на стыке разных разделов биологии и почвоведения. Изучение почв имеет серьезное значение, поскольку связано с вопросами экологии и продовольственной

безопасности. Почва является центральным звеном биогеоценоза, выполняя роль важнейших экологических функций. Значимую роль в регуляции экосистемных процессов играет почвенная биота. Одним из показателей состояния биоты является трофическая активность (ТА) почвенных сапрофагов

Целью данной работы являлось сравнение трофической активности почвенных сапрофагов в почве на участках с разной степенью антропогенного воздействия на территории ООПТ «Усадьба Следово».

Для исследования были выбраны три участка – смешанный лес, залежные земли с луговой растительностью и участок парковой территории «Французский сад».

При выполнении работы использован метод Bait-Lamina test, позволяющий оценить трофическую активность сапрофагов при помощи приманочных пластин, заполненных питательной смесью из микрокристаллической целлюлозы и крапивы (в соотношении 7:3). На каждой площадке размером 1×1 м было заложено по 25 пластин методом конверта. Срок экспонирования пластин в почве составил 7 суток. Статистическая обработка проведена в программе PAST.

Максимальная трофическая активность сапрофагов равная 17.82 % наблюдалась на участке «Французский сад». На участке «Луг» их трофическая активность была 17.28 % Минимальная активность, равная 11.76 %, была на участке «Лес».

Kruskal-Wallis test: $H(2, N=75) = 16.66309, p = 0.0002$

Высокая активность сапрофагов на участках «Французский сад» и «Луг» может быть связана с обилием, разнообразием и составом растительности травяного покрова, большим количеством влаги и тепла и обилием насекомых. Кроме того, на участке «Французский сад», где активность сапрофагов была самой высокой, сказывалось антропогенное воздействие. Участок удобряли и регулярно поливали. Минимальная активность была на участке «Лес», поскольку там количество поступающей органики минимально.

Исходя из вышеизложенного, мы можем сделать вывод, что основным фактором, влияющим на трофическую активность почвенных сапрофагов, является антропогенная деятельность – если в почву вносятся удобрения (особенно органические), ее мелиорируют, то и трофическая активность будет выше.

Работа рекомендована педагогом ГБУ ДО ДДЮТ Фрунзенского района Н.Н. Александровой и м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева А.А. Кузьминой.

РУССКО-БУЙЛОВСКИЙ ПЕСЧАНЫЙ КАРЬЕР В АВГУСТЕ
2024 ГОДА: РАЗВИТИЕ ЛАНДШАФТА И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

К.С. Дедова¹, Н.Н. Каширская²

¹МКОУ Русско-Буйловская СОШ, с. Русская Буйловка,
kristina.dedova2stray.1y@unternet.ru

²ИФХиБПП РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН,
г. Пушкино, nkashirskaya81@gmail.com

The study is devoted to monitoring of vegetation and soil cover in the sand quarry in the rural settlement Russkaya Buylovka. The groundwater at the bottom of the quarry goes deep, the grassy cover is replaced by poplars. The embryozems in the central part of the quarry are characterized by higher biological activity compared to the zones of accumulation of soil material under the slopes of the quarry.

В песчаных карьерах после прекращения добычи песка начинаются процессы самопроизвольного зарастания. Подобный процесс, сопровождающийся формированием молодых почв – эмбриоземов, происходит в течение последних семи лет на территории Русско-Буйловского песчаного карьера. В настоящее время пологий склон северо-восточного борта, засыпанный в процессе рекультивации верхними слоями почвы, извлеченной из карьера, закрепился молодыми акациями и тополями. Северо-восточный борт отличается от остальных бортов отсутствием заметной склоновой эрозии, поскольку карьер с северо-востока окаймляет лесозащитная полоса. Выход грунтовых вод, расположенный в центре карьера, в 2021–2022 гг. обеспечивал формирование лугового фитоценоза. Однако площадь водоема уменьшается с каждым годом. В настоящее время, грунтовые воды продолжают опускаться, дно карьера высыхает. В августе 2024 г. на северной стороне высыхающего водоема впервые встретилась сосна обыкновенная. Ее семена заносятся ветром со стороны крупного массива сосновых насаждений. Продолжая наблюдения за сукцессией растительного сообщества на дне карьера, мы обнаружили, что на месте солянки холмовой, доминировавшей в 2021 году, в настоящее время формируется тополиная роща.

Образцы почвы в 2024 году отбирались из верхнего слоя под северо-западным, западным, южным, юго-восточным и северо-восточным бортами карьера, в центральной части карьера и на берегу высыхающего водоема. В образцах определяли фосфатазную активность методом Галстяна – Арутюнян по оптической плотности раствора фенолфталеи-

на (ФФ), а также численность олиготрофных и сапротрофных микроорганизмов методом посева на твердые питательные среды.

На дне карьера у подножия склонов были отмечены образованные ручьями весеннего снеготаяния зоны сноса почвенно-грунтового материала, с фосфатазной активностью 0.3–0.7 мг ФФ / г почвы час, и зоны его накопления с фосфатазной активностью до 1.1 мг ФФ г / почвы час. В центральной части дна карьера фосфатазная активность достигала 1.7 мг ФФ / г почвы час под тополем и 1.2 мг ФФ / г почвы час под сосной. Почвы с высокой фосфатазной активностью отличались высокой численностью олиготрофных бактерий, растущих на почвенном агаре. При этом, численность сапротрофных бактерий, растущих на богатой среде, была наибольшей не в зонах формирования эмбриоземов на дне карьера, а в зоне накопления почвенно-грунтового материала под юго-восточным бортом.

Работа рекомендована Каширской Т.П., учителем химии и биологии МКОУ СОШ Русско-Буйловская.

УДК 911.52

ЛАНДШАФТ КУЛИКОВА ПОЛЯ:
ИСТОРИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРОБЛЕМЫ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Д.А. Дудин, С.И. Гранкина, К.А. Дудина

МОУ Самарская СОШ (Тульская область Куркинский район, поселок
Куркино), dudina9393@list.ru

The article demonstrates the importance of recreating and preserving the historical landscape of Kulikovo Field. It is important for cultural and tourist heritage, environmental sustainability, and is also important in the educational function.

Воссоздание и сохранение ландшафта Куликова поля имеет огромное значение для российской истории, культуры и экологической устойчивости. Это место, где в 1380 году произошла знаменитая битва между русскими и монголо-татарскими войсками.

Анализ научных публикаций наших современников, показал несколько важных аспектов в восстановлении и сохранении природного ландшафта Куликова поля: историческая значимость; туризм и культурное наследие; экологическая устойчивость; образовательная функция.

Направление нашего исследования – экологическая устойчивость. Почвы Куликова поля имеют важное экологическое значение, они являются основой для экосистем, в которых обитают различные виды растений и животных. Улучшение качества почвы способствует увеличению биоразнообразия, что, в свою очередь, поддерживает устойчивость экосистемы. Согласно исследованиям, только на Куликовом поле встречаются 2 основных типа почв: под дубравами – серые лесные, под степными участками – чернозёмы. Отличить их можно не только по мощности гумусового горизонта, но и по почвенным новообразованиям, включениям и спорам, которые накапливаются в почве. А.Л. Александровским и М.П. Гласко на основании крупномасштабных палеогеографических исследований в 1992 г. составлены карты ландшафта XII–XIV в.в. – первого этапа колонизации территории. Изучение истории землепользования, пространственно-временной структуры природного (реконструированного) и трансформированного ландшафта позволило установить историю формирования агроландшафтов последнего тысячелетия на территории Куликова поля. Этапы освоения северной лесостепи и становление агроландшафтов на территории Куликово поля и всего бассейна Верхнего Дона в последнее тысячелетие имели общие закономерности:

- пространственно-временную неравномерность формирования, обусловленную: а) разной длительностью этапов освоения – от 100 до 400 лет; б) природным ландшафтным лесостепи и рельефом (балок, долин, водоразделов) на первых этапах освоения (конец XII – конец XIV вв.) и характером землепользования на последующих этапах (с конца XVI в. до н.в.).

- перерыв в освоении длительностью до 200 лет, связанный с внешнеэкономическими факторами и характеризующийся полным восстановлением природных биоценозов;

- спад в освоении (15–20 лет) в связи с социально-экономическим кризисом 90-х годов XX в.

Таким образом, охрана и восстановление почв Куликова поля имеет не только экологическое значение, но и культурное, экономическое и историческое. Принятие мер по их сохранению способствует улучшению здоровья окружающей среды и сохранению культурного наследия.

Работа рекомендована д.б.н., проф. А.С. Яковлевым.

ВОЗДЕЙСТВИЕ АНТИГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ
НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЫ
В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Д. Евдокименко, Ю.Ф. Ямщикова

ЦРСК «Дом научной коллаборации им. Н.Н. Семёнова» ИДО ФГБОУ
ВО «СамГТУ», Самара,
evdokimenko-n-a-18@yandex.ru

The influence of anti-icing agents on linden trees in Samara was revealed. Bioindication and chemical methods were used to assess the influence of anti-icing reagents on the ecological state of soils. Salt pollution was exceeded in soil samples on busy streets of the city.

У лип, произрастающих на центральных улицах г. Самара отмечается более раннее пожелтение листьев. Уже в начале августа листья имеют широкую желтую полосу по краю листа. А в зимний период в городе активно используют антигололедные агенты, которые после уходят в почву, где растут те самые липы. Универсальным индикатором являются липы, по их внешнему виду можно диагностировать наличие загрязнения, дать качественную оценку. А по результатам анализа почв можно судить о количественных показателях загрязнения.

Целью данной работы являлась оценка влияния антигололедных реагентов на экологическое состояние почв в Самарской области. На территории г. Самара было заложено 4 пробные площади: парк Дружбы, двор 2-ого Безымянного переулка дома № 6, ул. Молодогвардейская у дома № 224, ул. Ново-Садовая у дома № 14. В качестве контрольной точки был выбран лес в пределах с. Рождествено Самарской области.

Для исследования наличия загрязнения в почвенных образцах методом биоиндикации использовали листья липы, с помощью которых по оценочной шкале выявлялся характер повреждений листовой пластины. Деревья, используемые для озеленения автомобильных дорог, имели значительные повреждения листовой пластинки в виде пожелтения и деформации окантовки листа. Кислотность почв определяли при помощи датчика pH и универсальной индикаторной бумаги. Полученные данные по исследуемым участкам находятся в норме для городской почвы и pH варьировал от 6.64 до 7.23. Анализ на электропроводность с помощью TDS-метра показал, что самыми высокими показателями электропроводности обладают пробы почвы по ул. Молодогвардейская и ул. Ново-Садовая 0.53 мСм/см и 0.36 мСм/см соответственно, что го-

ворит о высоком содержании в почвах солей. Были определены соли кальция и магния, наибольшее содержание в пробах с ул. Молодогвардейской и ул. Ново-Садовая – 6.5 ммоль/100 г почвы и 3.5 ммоль/100 г почвы соответственно. Наибольшее количество фосфатов выявлено в образцах почвы на ул. Молодогвардейская и в лесу с. Рождествено.

Таким образом, можно сделать вывод, что уровень солевого загрязнения наибольший в почвах по ул. Молодогвардейская и ул. Ново-Садовая – это улицы, на которых в зимнее время года активно используют антигололедные реагенты. Засоленность почв зависит от использования антигололедных реагентов. Липы остро реагируют на изменение уровня концентрации солей в почве, из-за этого их листья желтеют уже в июле. Поэтому липы – не подходящий вариант озеленения оживленных улиц.

Работа рекомендована ассистентом ИДО ФГБОУ ВО «СамГТУ» Ю.Ф. Ямщиковой.

УДК 641.46

ВЛИЯНИЕ ПИОНЕРНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ФОСФАТАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ

А.А. Касьянов¹, Н.Н. Каширская²

¹МКОУ Русско-Буйловская СОШ, с. Русская Буйловка,
Karsenii.258@gmail.com

²ИФХиБПП РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН,
г. Пущино, nkashirskaia81@gmail.com

The work is devoted to the study of the influence of *Sedum acre*, *Portulaca oleracea* and *Tortula muralis* to the phosphatase activity of the soil forming on the asphalt surface. The maximum phosphatase activity was detected in the soil on *Sedum acre* roots, and in the soil on *Portulaca oleracea* roots it was two times less. We believe that *Portulaca oleracea* made its way through the asphalt and releases a significant part of the root enzymes into the soil under the asphalt, while phosphatases from the roots of *Sedum acre* and *Tortula muralis* enter only the surface soil layer.

Ферменты фосфатазы вырабатываются бактериями, грибами и корнями растений для получения минерального фосфора из фосфорсодержащих органических соединений. Целью нашей работы было выявить влияние пионерной растительности на фосфатазную активность

почвы. В задачи входило: собрать почву с корней растений, определить ее фосфатазную активность методом Галстяна – Арутюнян по оптической плотности раствора фенолфталеина, высадить растения в чистый песок для будущего эксперимента по их влиянию на фосфатазную активность песчаного грунта. Объектом исследования была почва на участке вблизи заброшенной молочной фермы в селе Русская Буйловка, сформированная на поверхности асфальта. По классификации WRB 2007 она представляет собой линиковый технозем (Linic Technosol). Линиковые техноземы образуются при выветривании и зарастании твердых поверхностей антропогенного происхождения. В большинстве случаев они состоят из единственного горизонта Au (на асфальте, бетоне, на крышах зданий) или Ou (в водосточных трубах и желобах). Исследуемая нами почва имела горизонт Au, глубиной от 3 до 5 см, включающий песок, пыль и продукты разрушения асфальта, пронизанный корнями растений, неравномерно гумусированный. Цвет горизонта варьировал от серого до черного, структура – комковато-пылеватая. Здесь был обнаружен мощный растительный покров, включающий очиток едкий *Sedum acre*, портулак огородный *Portulaca oleracea* и мох шиферный *Tortula muralis*.

Результаты выявили максимальную фосфатазную активность в почве на корнях очитка едкого – до 3.7 мг фенолфталеина (ФФ) / г почвы час. На втором месте оказался шиферный мох тортула стенная. Здесь фосфатазная активность варьировала от 2.3 до 2.8 мг ФФ / г почвы час и была выше в более гумусированном образце. В почве на корнях портулака фосфатазная активность не превышала 1.8 мг ФФ / г почвы, несмотря на его мощную корневую систему. Мы полагаем, что корни портулака пробивались сквозь асфальт и значительную часть ферментов выделяют в почву под асфальтом, тогда как ферменты из корней очитка и мха поступают только в поверхностный слой, который мы исследовали.

В настоящее время ожидаются результаты эксперимента по выработке фосфатазы корнями пионерных растений при их росте в песчаном грунте.

Работа рекомендована Каширской Т.П., учителем химии и биологии МКОУ СОШ Русско-Буйловская.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ВЕРХНЕГО СЛОЯ ПОЧВ
В ОКРЕСТНОСТЯХ ЗАБРОШЕННЫХ МОЛОЧНО-ТОВАРНЫХ
ФЕРМ СЕЛА РУССКАЯ БУЙЛОВКА

М.Д. Кириенко¹, Н.Н. Каширская²

¹МКОУ Русско-Буйловская СОШ, с. Русская Буйловка,
drive-shares-dm-noreply@google.com

²ИФХиБПП РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН,
г. Пушкино, nkashirskaya81@gmail.com

Studies of the upper soil layer in the area of abandoned dairy farms detected low level of biological activity of the soils in most cases compared to the background areas far from farms. This indicates a violation of the soil and a depressed state of the microbial community. However, in some cases the excess of organic matter has led to the formation of lush vegetation and significantly increased biological activity of the soil.

Известно, что в культурных слоях археологических памятников сохраняются признаки древнего скотоводства: высокая численность сапротрофной микрофлоры и высокая активность гидролитических ферментов, таких как фосфатаза. Возникает вопрос – в каком виде признаки скотоводства сохраняются на ранних стадиях забрасывания поселения, в первые десятилетия после прекращения хозяйственной деятельности человека? Модельным объектом для ответа на этот вопрос могут служить заброшенные скотоводческие фермы, деятельность которых была прекращена в 90-е годы прошлого века.

Целью нашей работы было оценить биологическую активность верхнего почвенного слоя в окрестностях заброшенных молочных ферм села Русская Буйловка. В задачи входило отобрать почвенные образцы, определить фосфатазную активность колориметрическим методом, определить численность сапротрофных бактерий, растущих на глюкозо-пептонно-дрожжевой среде и численность кератинофильных грибов, растущих на стерилизованной шерстяной ткани.

Образцы отбирались из почвенного слоя 0–5 см на двадцати участках, расположенных на территории бывших открытых загонов для скота в окрестностях четырех заброшенных ферм и на двух контрольных фоновых участках вдали от ферм.

Превышение уровня фосфатазной активности над уровнем фона было отмечено только в трех вариантах из двадцати опытных образцов, а превышение численности сапротрофных бактерий и кератинофильных

грибов – в четырех и двух вариантах соответственно. Таким образом, в настоящее время верхний слой почвы в окрестностях молочных ферм в большей части случаев обладает невысокой биологической активностью, по сравнению с фоновыми участками, что свидетельствует о нарушении почвы и угнетенном состоянии микробного сообщества. После забрасывания ферм поступление навоза в почву прекратилось, в летнее время здесь происходило выгорание верхнего почвенного слоя, разрушенного в результате вытаптывания животными и обогащенного агрессивными соединениями навоза. Микробное сообщество переживало неблагоприятные условия. Однако избыток органического вещества в ряде случаев уже привел к формированию пышной растительности и заметному росту биологической активности почвы, которая, как мы полагаем, в будущем будет поддерживаться на стабильно высоком уровне, как это характерно для большинства скотных загонов на археологических объектах.

Работа рекомендована Каширской Т.П., учителем химии и биологии МКОУ СОШ Русско-Буйловская.

УДК 504.062

СОСТАВ БИОДЕСТРУКТОРОВ ПРИ ОБРАСТАНИИ ГРАНИТНЫХ СУБСТРАТОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (ПАМЯТНИКИ АРХИТЕКТУРЫ И ПРИРОДНЫЕ ГРАНИТЫ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА)

В.А. Лукницкий, Х.Т. Киркинбаев, С.А. Погорельская,

Т.А. Иудина, С.С. Рябова, Е.В. Дмитриева

ГБОУ «Академическая гимназия № 56»

ГБУ ДО ДД(Ю)Т Московского района, eco_ddut@mail.ru

The article is devoted to the problem of stone destruction in the urban environment, which is of great interest due to the need to increase the durability of buildings and structures, as well as the preservation of cultural heritage sites. The purpose of the study was to study biodestructors during fouling of granite substrates. During the study, the main biodegraders of granite were identified and led to biodestruction processes.

Гранит является почвообразующей породой для почв севера Ленинградской области. Также эта горная порода широко применяется в городской среде для отделки зданий и монументов. Проблема разрушения камня в городе вызывает большой интерес в связи с необходимостью повышения долговечности зданий и сооружений, а также сохране-

ние объектов культурного наследия. Настоящая работа посвящена биологическому фактору выветривания гранита, способствующему усилению разрушительного воздействия на природный камень.

Целью исследования стало изучение биодеструкторов при обрастании гранитных субстратов.

В результате обследования гранитных субстратов памятников архитектуры обнаружено и определено 33 вида высших сосудистых растений. Среди покрытосеменных растений преобладают представители класса двудольные (91 %), ведущую роль в обрастании играет семейство сложноцветных и мятликовые (23 %). Основная жизненная форма среди обрастателей – поликарпическая трава (63 %). Большинство этих растений имеют хорошие адаптивные свойства к экстремальным условиям существования (устойчивость к изменчивости температурного и водного режима, олиго и мезотрофность и пр.). Из животного населения добавляются одноклеточные животные, круглые, кольчатые черви и членистоногие (клещи, пауки, насекомые и их личинки), живущие в мелкоземле трещин в стыках плит.

Обрастание гранитных валунов. Обследованы замшелые валуны в заказниках Санкт-Петербурга. В результате исследования выявлены виды из 14 распространенных родов литофильных и эвритопных лишайников. Из мхов, обнаруженных на гранитных валунах отметим представителей 15 родов зеленых мхов. Цветковые растения встречались на замшелых валунах в начальной стадии своего развития с низким жизненным потенциалом. Всего определено 2 вида высших споровых растений и 9 видов цветковых. Среди животного населения встречены те же виды, но численность их популяций заметно выше.

Выделены доминирующие группы биодеструкторов при колонизации разных гранитных поверхностей. Установленные организмы, участвующие в биодеструкции гранитов, известны как представители верхних слоев почвы под подстилкой опада, луговых сообществ, лесных сообществ, рудерального травяного покрова, приречных растительных сообществ характерных для нашего региона.

Строение этих сообществ может быть использовано в целях биоиндикации состояния городских систем.

Работа рекомендована к.б.н. И.В. Панкратовой.

ЗАПАСЫ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ СЕЛИТЕБНОЙ ЗОНЫ

Д.Ю. Козина^{1,2}, Д.И. Майсейкова^{1,2},

А.Б. Александрова^{1,3}, И.Г. Кайнова²

¹МБУДО ЦДТ «Танкодром», ²МБОУ «СОШ № 144»,

³ИПЭН АН РТ, Казань, adabl@mail.ru

The soil cover of the residential area of the typical project is represented by screenozems, urbanozems and replantozems. The average content of carbon reserves in the soils of the residential area was 34.8 t/ha, which is 73 % higher compared to the background soils of the region.

Селитебная зона – это земельные участки в городах и сельских поселениях, застроенные или предназначенные для размещения жилого фонда. Почвы служат источниками питательных элементов для растений и играют важную роль в депонировании углерода, закрепляя его на длительное время. Поэтому изучение накопления углерода в условиях города является актуальной задачей. Кроме того, в сравнении с исследованиями запасов углерода в естественных почвах, городские почвы изучены недостаточно.

Цель исследования: изучить запасы углерода в почвах селитебной зоны типового проекта постройки 1980-х годов г. Казани.

Задачи: 1) исследовать пространственное распределение почв селитебной зоны; 2) изучить физико-химические свойства почв; 3) построить карту запасов углерода.

На первом этапе исследования спутниковый снимок селитебной зоны был оцифрован в программе QGIS. Согласно полученной карте был выделен 21 объект, для отбора смешанных почвенных образцов, а также образцов ненарушенного сложения для определения плотности сложения почв. На втором этапе проводился физико-химический анализ почв общепринятыми в почвоведении методами в лаборатории Института проблем экологии и недропользования АН РТ. Содержание углерода определялось согласно методическим указаниям 2017.

Выводы:

1. Почвы селитебной зоны представлены экраноземами, урбано-земами и реплантоземами. Площадь открытых почв (урбаноземов и ре-платоземов) типового проекта селитебной зоны составила 49 %, что близко к норме озеленения городских территорий в современном градостроительстве.

2. Оптимальной плотностью сложения характеризовались 38 % исследованных почв. Содержание гумуса в почвах селитебной зоны

оказалось выше на 43 % в сравнении с почвами южных регионов РФ. Среднее содержание запасов углерода в почвах селитебной зоны составило 34.8 т/га, что на 73 % выше фоновых почв региона. Запасы углерода почв селитебной зоны типового проекта площадью 43.7 га составили 694.1 т, что показывает большой потенциал городских почв в депонирование углерода.

Составлена карта пространственного распределения запасов углерода в почвах селитебной зоны с использованием программы QGIS. Выделены почвы с низким (менее 20 т/га) и высоким (более 40 т/га) содержанием запасов углерода.

Работа рекомендована к.б.н. А.Б. Александровой.

УДК 631.4

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ПОЧВЫ СКВЕРА НА УЛИЦЕ СЧАСТЛИВОЙ

Н.Е. Корнеев, М.И. Баранова

ГБОУ гимназия № 248 Санкт-Петербург, nikihalk@yandex.ru

The study is focused on examining the soil morphology in a square on Schastlivaya street in the Kirovsky District of Saint Petersburg. The aim of the work is to identify the morphological characteristics of the soil.

Введение. Интенсивная деятельность человека в пределах крупных городов обуславливает образование специфических городских экосистем и почв. Городские почвы имеют существенные отличия от естественных почв.

В качестве объекта исследования была выбрана почва сквера на улице Счастливой Кировского района, который выступает в роли рекреационной зоны на территории города с высокой степенью антропогенной нагрузки.

Предметом исследования является: определение морфологических особенностей почвенного профиля.

Цель работы. Определить морфологические признаки почвы рекреационной зоны в месте заложения почвенного разреза.

Задачи. 1) сделать обзор литературы по выше названной теме; 2) определить место для заложения почвенного разреза; 3) описать морфологические характеристики почвенного разреза (цвет, структуру, наличие новообразований и характер включений в исследуемом почвенном разрезе по генетическим горизонтам).

Проведение работ (заложение почвенного разреза и изъятие почвенных образцов) проводилось в октябре 2024 года.

Результат.

Установлено, что почва сквера относится к стратозему сероглинистому легкосуглинистому на погребенной серогумусовой среднесуглинистой почве. Определение окраски почвы проводили по треугольнику почвенных окрасок С.А. Захарова. Выявлено, что различные горизонты имеют окраску от коричневого-серого до желтовато-бурого. Установление желтоватой окраски связываем с процессами оглеения.

Признаками антропогенной нагрузки на почву могут служить найденные включения различного генезиса: кусочки пластика, предохранители, обломки кирпича.

При описании почвенного профиля отмечена равномерность окрашивания горизонтов, переход окраски в нижележащий горизонт – ровный, реже – волнистый.

Состав почвы определяли органолептическим методом в сухом состоянии и во влажном.

Вывод. Особенности почвообразовательных процессов в стратоземах во многом обусловлены антропогенными факторами. На глубине 44 см обнаруживается естественная погребенная серогумусовая почва.

Работа рекомендована учителем биологии ГБОУ Гимназии № 248, к.п.н. М.И. Афанасьевой.

УДК 631.45

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ
МЕТАЛЛАМИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ
АКТИВНОСТЬ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

М.Ю. Красников, Д.А. Чернова, Т.Ю. Кольчева
ГБОУ Лицей № 281 Адмиралтейского района
Санкт-Петербурга, mikrasnikov100@gmail.com

Researches of microbiological activity of soil with the method Tea bag index were done in the soil in Admiralteysky district of St. Petersburg. The binding of microbiological activity and the degree soil pollution was detected.

Проблема: изучение поглощения почвами и растениями ионов тяжелых металлов, в частности ионов свинца, является важной актуальной проблемой, так как наблюдается увеличение антропогенной нагруз-

ки на окружающую среду, что может привести к необратимым изменениям ее экологического состояния.

Актуальность: крупные автомобильные дороги являются источником загрязняющих веществ, проникающих в почвы. Попадая в почву, тяжелые металлы отрицательно влияют на состояние биоты, в частности – на состояние микроорганизмов. Высокое негативное влияние на почвенную микробиоту оказывают соли свинца. Свинец способен оказывать токсическое воздействие на почву; ухудшает свойства почвы, угнетает почвенную биоту.

Гипотеза: биологическая активность городских почв напрямую зависит от степени загрязнения почв тяжелыми металлами.

Целью исследовательской работы являлось выявление взаимосвязи биологической активности почв Адмиралтейского района с динамикой распространения загрязняющих веществ от Советского переулка до Измайловского проспекта.

Задачи проекта:

1) Провести исследования биологической активности почв методом Tea bag index (ТБИ).

2) Определить наличие ионов свинца (Pb) в отобранных почвенных пробах.

Методы анализа почвы: метод ТБИ, качественная реакция на определение ионов свинца (Pb) в почвенных экстрактах.

Объект исследования: почва.

Предмет исследования: наличие свинца в почве.

Материалы, инструменты: чайные пакетики двух сортов: зеленый чай «Berton Green Leaf» в пирамидках и чай ройбуш; весы, лопата/садовый совок, сантиметр, линейка, полиэтиленовые пакеты для почвенных проб, фотокамера.

Результаты исследования: наибольшая биологическая активность почв была отмечена на участке № 1, 2, 4 (Советский переулок, сад В. Пикуля), на этих же участках свинец в почвенных пробах обнаружен не был. Наименьшая биологическая активность почв была отмечена на участке № 3 (Измайловский проспект), в пробе, отобранной на этом же участке, был обнаружен свинец.

Выводы исследования: биологическая активность почв зависит от наличия загрязнения почв свинцом. Наибольшей активностью отличаются микроорганизмы из почвы, отобранной на территории парка и школы, наименьшей – из почвы, отобранной у автомагистрали.

Работа рекомендована м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева А.А. Кузьминой.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ
В ПОЧВАХ ПРИМОРСКОГО ПАРКА ПОБЕДЫ
И ТЕПЛИЦЫ ЭБЦ КРЕСТОВСКОГО ОСТРОВА

М.Ю. Красников

ГБОУ Лицей № 281 Адмиралтейского района
Санкт-Петербурга, mikrasnikov100@gmail.com

The researches were done in connection with the wide application of fertilizer both in the conditions of urban service and in the conditions of the greenhouses. The dependence of the growth and development of the plants on concentration of the fertilizer in the soil was detected

Актуальность данной работы обусловлена широким применением удобрений для улучшения плодородия почв, как в условиях городского хозяйства, так и в условиях теплиц.

Целью исследовательской работы является изучение влияния удобрений на рост и развития растений в образцах почвы из Приморского парка Победы и почв теплицы ЭБЦ Крестовский остров.

Задачи: 1) исследовать физические свойства и химический состав почв Приморского парка Победы; 2) вырастить рассаду и черенки для проведения опыта; 3) изучить механизм влияния удобрений на рост и развитие растений; 4) определить наличие в почве азота, фосфора и калия.

Материалы и методы исследования: лабораторная посуда, горшки для рассады, различные виды удобрений, лейки для полива, лопаты.

Лабораторные методы: определение кислотности почвы и содержания азота, фосфора и калия при помощи экспресс набора. Агрономические методы: определение всхожести семян, черенкование и высадка черенков.

Объектом исследования являются удобрения, а предметом – влияние удобрений на рост и развитие растений.

Результаты исследовательской работы:

1. В парковой почве фосфор и калий содержатся в низких концентрациях,

2. В почве из теплицы фосфор и калий содержится в больших концентрациях.

3. В обоих образцах почв отсутствует аммонийный азот.

4. Выявлена зависимость между ростом и развитием растений и концентрацией удобрений в почве.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы: почва из теплицы ЭБЦ Крестовский остров более насыщена минеральными соединениями, так как ее систематически удобряют, в отличие от почв Приморского парка победы. А внесение удобрений, в свою очередь, оказывает огромное влияние на рост и развитие растений.

Работа рекомендована учителем биологии ГБОУ Лицей № 281 Т.Ю. Кольчевой.

УДК 641.46

СООБЩЕСТВА ПИЩЕВЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ
В ПОЧВЕ: ИССЛЕДОВАНИЯ ПОГРЕБАЛЬНЫХ СОСУДОВ
И МОДЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

А.В. Кузнецова¹, Е.В. Чернышева², Н.Н. Каширская²

¹МБУДО ЦДО «Развитие» ООП «Био Тех-Пушино», г. Пушино,
kuznecovagela8@gmail.com

²ИФХиБПП РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН,
г. Пушино, nkashirskaya81@gmail.com

A biotechnologically significant strain of *Heyndrickxia coagulans* and a new strain of *Bacillus sp.*, close to the typical strains of *B. paranthracis* and *B. Toyonensis*, were isolated from the soil of medieval burial vessels.

Ритуальные сосуды из погребений содержат в грунте заполнения покоящиеся клетки полезных бактерий, которые могут быть выделены в чистые культуры для нужд современной пищевой промышленности и фармацевтики. Эти микроорганизмы являются частью разнообразного почвенно-пищевого сообщества, разлагавшего исходную пищу в сосуде. Целями нашей работы были выделение перспективных бактериальных штаммов из грунта погребальных сосудов, а также оценка трофических групп микроорганизмов, связанных с разложением пищи, в модельном эксперименте по обогащению современной почвы полисахаридными, белковыми и жировыми субстратами. Для модельного эксперимента брали 1 кг верхнего слоя черноземной почвы Ростовской области, увлажняли, добавляя 200 мл воды. В варианты опыта вносили крахмал, мясо (фарш), животные жиры – бараний, говяжий, свиной, сливочное масло и растительный жир – оливковое масло. Для посева микроорганизмов готовили агар с добавлением твин-80 для липолитических бактерий, мясопептонный агар для протеолитических бактерий и крахмалоаммиачный агар для амилолитических бактерий. В контрольном варианте без внесения субстратов численность липолитических микроор-

ганизмов на протяжении трех лет модельного эксперимента была низкой и стабильной. В конце третьего года эксперимента стабилизация возрастающей численности липолитических бактерий была отмечена в вариантах с мясом, сливочным маслом и бараньим жиром, а продолжение роста их численности – в вариантах с говяжьим жиром, свиным жиром и особенно – с оливковым маслом, где была отмечена максимальная численность всех остальных трофических групп.

Вторая часть работы была посвящена выделению чистых культур микроорганизмов, способных к молочнокислому брожению, из грунта средневековых погребальных сосудов. Грунт помещали в питательный бульон Elliker и спустя двое суток роста при 38 °С высевали на томатно-соковый агар для выращивания колоний в присутствии CO₂. Анализ последовательности гена, кодирующего 16s р-РНК, выявил среди выделенных нами штаммов биотехнологически значимые: *Heyndrickxia coagulans* (пробиотические микроорганизмы, способные к молочнокислому брожению) и *Bacillus sp.*, близкий к типовым штаммам *B. paranthracis* и *B. Toyonensis* (микроорганизмы, используемые в производстве безопасных инсектицидов).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ, грант 22-68-00010.

Работа рекомендована Е.О. Видягиной, к.б.н., педагогом дополнительного образования МБУДО ЦДО «Развитие», г. Пушкино, городского округа Серпухов, ООП «Био Тех-Пушино», н.с. ФИБХ РАН, группы лесной биотехнологии.

УДК 631.3

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АГРО- И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Н.А. Панкин¹, И.А. Панкина²

¹ГБОУ Лицей № 150, Санкт-Петербург

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, pankina_ilona@mail.ru

Currently, due to the deteriorating environmental situation, studies of the ecological state of soils are relevant. The development of robotic systems for solving problems related to soil monitoring is promising. In this paper, an analysis of modern developments is carried out and a mock-up of a robot for use in agricultural technologies is proposed.

В последние десятилетия во всем мире одной из самых развивающихся областей высоких технологий является робототехника [1]. Актуальной является разработка и использование робототехники для решения многих современных экологических задач, а также для развития умного сельского хозяйства [2].

Целью данной работы является разработка робота, оснащенного механизмом для захвата с целью отбора проб почвы. Разработанная модель робота позволит осуществлять автоматизированный отбор и мониторинг таких важнейших показателей почвы, как влажность, кислотность, минеральный состав и др. Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи: провести анализ научно-технической литературы, разработать роботизированного помощника для экспресс-мониторинга состава почв и изготовить его опытный образец.

Результаты и их обсуждение. На основе анализа литературы выявлено, что тема, связанная с разработкой роботизированных помощников для исследования экологического состояния почв, является актуальной.

Роботизированный помощник разработан и реализован на платформе Arduino под управлением Android [3]. Робот способен отбирать пробы образцов почв, в том числе и неблагоприятных условиях. Пробы почвы доставляются в лабораторию, где проводится анализ основных физико-химических показателей образцов.

Выводы. В настоящем проекте разработана модель роботизированного помощника на платформе Arduino под управлением Android. В дальнейшем планируется совершенствование разработанной модели с целью выполнения более обширного спектра выполняемых задач.

В подобных разработках могут быть заинтересованы организации по охране природы и фермерские хозяйства и предприятия агропромышленного комплекса.

Литература

1. Шевченко А.В. и др. Обзор состояния мирового рынка робототехники для сельского хозяйства. Ч. 1. Беспилотная агротехника // Проблемы управления. – 2019. – № 5. – С. 3–18.
2. Развеева И.Ф., Прянишникова Л.И. Роботы в экологии // Современное программирование: Матер. I МНПК. Нижневартовск: Нижневартровский государственный университет, 2018. – С. 171–173.
3. Arduino для начинающих [Электронный ресурс] / Сайт All-Arduino – режим доступа: <https://all-arduino.ru/> (Дата обращения 15.11.24 г.).

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ
С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА «TEA BAG INDEX» НА ТЕРРИТОРИИ
ФРУНЗЕНСКОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

И.А. Филаретов

ГБУ ДО ДДИОТ Фрунзенского района Санкт-Петербурга,
iliafill456@gmail.com

An assessment of soil biological activity was conducted using the «Tea Bag Index» method. The tea bags were buried in May 2024 and excavated in August 2024. Drying and weighing were carried out in September 2024. According to the results of the study, the most biologically active soil was on the south side of the building, while the least biologically active soil was on the north side of the building.

Почва является важной частью большинства экосистем, выполняющая множество экологических функций. Почвенные микроорганизмы вносят существенный вклад в круговорот углерода в природе, осуществляя процессы минерализации и гумификации органических остатков, поступающих в почву с опадом. Поэтому оценка активности почвенных микроорганизмов важна для понимания процессов, происходящих в почве. Одним из простых и доступных методов оценки биологической активности почв является метод Tea bag index (ТБИ).

Целью работы была оценка биологической активности почвы на четырёх участках, расположенных на территории Фрунзенского района города Санкт-Петербурга. Оценка проводилась международным методом ТБИ (метод «чайного пакетика»).

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Сравнить привлекательность разных сортов чая для микроорганизмов.

2. Сравнить биологическую активность разных почв.

На основании полученных данных можно сказать, что, почва с наибольшей биологической активностью оказалась не в парке, а на южной стороне здания внутри микрорайона. Для почвенных микроорганизмов наиболее привлекательным оказался зеленый чай «Berton Green Leaf». Биологическая активность зависит не только от свойств почвы участка, но и от других факторов, таких как влажность и растительный покров.

Работа является частью первого пилотного проекта волонтерской науки по исследованию микробиологической активности почв г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области с применением метода чайного пакетика, организованным Центральным музеем почвоведения имени В.В. Докучаева.

Работа рекомендована педагогом ГБУ ДО ДДЮТ Фрунзенского района Н.Н. Александровой и м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева А.А. Кузьминой.

УДК 641.46

ШКОЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
СЕЛЬСКИХ ПОЧВ: РЕЗУЛЬТАТЫ ПРАКТИКИ
ЮНОГО ПОЧВОВЕДА 2024 ГОДА

П.Г. Шевченко¹, Н.Н. Каширская²

¹МКОУ Русско-Буйловская СОШ, с. Русская Буйловка,
petrsevchenko241@gmail.ru

²ИФХиБПП РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН,
г. Пущино, nkashirskaya81@gmail.com

Studies of meadow soils in the Don floodplain in 2024 revealed low biological activity of the upper layer of drying areas flooded with water last year. Restoration of biological activity in the area with disturbed soil cover was noted. A study of the soil of an abandoned cattle pen revealed a high abundance of keratinophilic fungi – 7.8 times higher than the control level.

В августе 2024 года были проведены летние школьные исследования луговых почв левобережной поймы Дона и антропогенно преобразованных почв заброшенных и действующих домохозяйств села Русская Буйловка. Мониторинг пойменного луга включал оценку растительного покрова зарастающих озер и сухих луговых участков с различной степенью нарушения, отбор почвенных образцов из верхнего слоя, получение воздушно-сухих образцов, просеивание, определение фосфатной активности колориметрическим методом, определение численности микроорганизмов методом посева на твердые питательные среды. При изучении почв заброшенных усадеб в местах содержания скота впервые применялась оценка численности кератинофильных грибов, растущих на стерильной шерстяной ткани. Этот показатель используется как маркер скотоводства в археологических исследованиях культурных слоев древних поселений.

По результатам трехлетнего мониторинга можно заключить, что луговые озера-блюдца левобережной поймы Дона, в зависимости от количества летних осадков, периодически высыхают и вновь заполняются водой. В августе 2024 года наблюдалась начальная стадия высыхания луговых озер. Фосфатазная активность верхнего слоя донных отложений варьировала от 0.3 до 1.4 мг фенолфталеина / г почвы час и увеличивалась с уменьшением влажности почвы. На косимом лугу под кормовыми злаками и в нарушенной почве противопожарной полосы под ястребинкой фосфатазная активность не различалась и достигала 3.1 мг фенолфталеина / г почвы час, что свидетельствует о восстановлении нарушенной почвы. Динамика численности микробного сообщества в ряду луговых почв была сходна с динамикой фосфатазной активности. Таким образом, в 2024 году мы выявили низкую активность аэробного микробного сообщества в верхнем слое донных отложений луговых озер после прошлогоднего затопления этих участков, а также отметили восстановление нарушенной почвы под ястребинкой, где биологическая активность в прошлые годы была низкой.

Исследование почвы скотного загона заброшенного сельского домовладения, на территории которого крупный рогатый скот содержался около 40 лет назад, выявило высокую численность кератинофильных грибов – 4.7 тыс. КОЕ / г почвы – в 7.8 раза выше контрольного уровня, отмеченного на участке, где животные никогда не содержались. При этом наибольшая численность кератинофильных грибов – 5.8 тыс. КОЕ / г почвы – была отмечена в почве действующего птичника.

Работа рекомендована учителем химии и биологии МКОУ СОШ Русско-Буйловская Т.П. Каширской.

Алфавитный список авторов

Anupriya Asok Kumar Sreekala	142	Березанина Ю.В.	79
Knežević Milan	6	Березовский А.С.	145
Košanin Olivera	6	Бондаренко Л.С.	45
Kovačević R.	143	Буланова А.А.	178
Lazarević K.	143	Буланова Е.А.	186
Ljubičić Janko	6	Бурова П.А.	15
Nikolić Jakanović V.	143	Бурукина Е.А.	16
Todosijević M.	143	Бутова В.В.	18
Vulević T.	143	Васильев П.В.	130
Абдужалилова О.Х.	7	Волкова В.Д.	101
Абдуллина М.А.	148	Волкова Т.Ю.	103
Абрамова К.А.	206	Гаджиев И.Р.	180
Абросимов К.Н.	8	Гаршин М.В.	106
Авдеева А.Е.	207	Горбунов И.Ю.	109
Агурова И.В.	145	Горохов В.Ю.	81
Азиева Д.С.	10, 26	Горохова С.М.	81
Александрова А.Б.	219	Гостинцева Е.В.	146
Алимова О.Д.	12	Государева Е.А.	131
Багдасаров И.Е.	176	Гранкина С.И.	211
Бадмаев М.А.	177	Грицай М.А.	18
Бадьжык Ч.М.	100	Грошева А.И.	148
Баранова М.И.	220	Давыдова А.А.	20
Барахов А.В.	116, 126	Дагбето Э.	21
Бархатов К.А.	78	Данченко И.А.	23
Бархатова О.А.	13	Дедова К.С.	210
Басаргина А.А.	143	Деткова М.Г.	24
Батаков А.Д.	63, 171	Дзеранов А.А.	45
Бауэр Т.В.	18, 116	Дибирова Р.З.	10, 26
Белимова С.А.	208	Дмитриева Е.В.	217
Белянская О.В.	89	Дудин Д.А.	211
		Дудина К.А.	207, 211
		Дурягин А.В.	148
		Душанова К.С.	27

Евдокименко А.Д.	213	Комкова Д.С.	183
Елумеева Т.Г.	165	Константинов Е.А.	186
Ефимова Д.Р.	28	Корнеев Н.Е.	220
Живов Д.А.	30	Коробейников И.А.	34
Жолобова О.О.	31	Кортунков Э.А.	113
Журавлева А.Д.	82	Корыгина М.А.	84
Журавлева В.И.	199	Кравцова Т.В.	64
Захаров А.Л.	186	Красников М.Ю.	221, 223
Зотов Е.С.	31	Кривенко Л.А.	39
Иванов Е.Д.	107	Крючков Г.Э.	34
Иванова В.Д.	149	Кубасова М.С.	115
Иванова Т.С.	151	Кузина А.А.	75
Игнатова С.А.	116	Кузнецова А.В.	224
Иудина Т.А.	217	Кузьмина А.А.	28
Каверин Д.А.	202	Куйдина С.А.	36
Кавунбаева К.М.	152	Куракулова А.Н.	155
Кажукало Г.А.	176	Кутузова Е.А.	37
Казанцев В.С.	39	Кучерова А.Н.	23
Кайнова И.Г.	219	Лагуткина Д.О.	184
Калеро В.К.	101	Лазарева М.А.	86
Карпов А.Д.	109	Лазарева М.Н.	186
Касьянов А.А.	214	Ларина А.В.	39
Каширская Н.Н. 20, 210, 214, 216, 224, 228		Лацынник Е.С.	116
Кашенко Г.А.	182	Лебедев И.И.	88
Кивович Д.П.	110	Лебедева Н.В.	206
Киракосян М.А.	133	Лебедева Т.Н.	103
Кириенко М.Д.	216	Леонов Д.А.	40
Киричков М.В.	154	Лихуа Хуан	119
Киркинбаев Х.Т.	217	Лобзенко И.П.	187
Кирюшина А.П.	171	Ломоносов М.С.	171
Кирюшкина Е.И.	197	Лукницкий В.А.	217
Клушина С.И.	33	Майбах К.Н.	89
Козина Д.Ю.	219	Майсейкова Д.И.	219
Колобов А.П.	112	Маркин Ф.В.	189
Кольчева Т.Ю.	221	Мартынова П.Н.	42
		Маханцева В.А.	103
		Мингареева Е.В.	190
		Митракова Н.В.	43

Митрохина Е.С.	103	Савченко Н.Н.	75
Могилевская И.В.	31	Сайранова П.Ш.	122
Мокиевский Н.В.	193	Сальник Н.В.	187
Московченко М.Д.	134	Самохина Н.С.	72
Мулюкина С.М.	45	Сапцын Р.В.	58
		Сверчкова А.Э.	196
Надымова П.К.	47	Сергеева Ю.Д.	148
Назарова Ё.Н.	48	Сердюкова М.А.	61
Низамутдинов Т.И.	157	Серигов К.П.	63
Николаева К.П.	182	Скороспехова Т.В.	82
Новак К.Н.	117	Смехунов А.Е.	126
		Смольский Е.Ю.	164
Огородников С.С.	90	Софронов Ю.В.	165
Огородникова С.В.	92	Спасенков Э.В.	166
Онищенко В.С.	194	Стадник Е.П.	199
Орехова О.А.	75	Станилевич И.С.	95
Очередной А.К.	186	Старовойтова В.Д.	64
		Сухарев А.И.	65
Павлова В.А.	158	Сухоруков В.В.	123
Панкин Н.А.	225	Сушенцова М.В.	68
Панкина И.А.	225	Сушко К.С.	197
Пахрадинова Н.С.	7, 160		
Первушина А.Н.	51	Тамразова А.Р.	125
Пинской В.Н.	161	Тарасенко Д.А.	65
Плахов Г.А.	187	Тимофеев Е.П.	69
Погорелова О.Е.	135	Титова М.И.	137
Погорельская С.А.	217	Ткачева А.А.	168
Полетаев А.О.	119	Толстоусова С.А.	199
Поляков В.А.	18	Топорков И.Н.	169
Попова Т.Н.	52	Тосхопоран А.К.	171
Потапова А.В.	20	Тюпаева А.Е.	200
Походня Е.И.	120		
Почёмин Н.М.	93	Усманова Ю.	172
		Уткина А.Д.	71
Раздайводин А.Н.	109		
Репина И.А.	39	Фаррахова Г.Р.	148
Рогалёва В.П.	162, 173	Фахретдинова К.Р.	45
Романчук М.Р.	55	Федоренко А.Н.	162, 173
Рыжиков И.С.	57	Филаретов И.А.	227
Рябова С.С.	217		

Хайруллаева С.....	172
Харыбина А.С.	72
Хасанова А.Х.....	21, 74
Хлопцова Д.Д.	202
Хорошаев Д.А.	103
Хохлова О.С.	196
Храпай Е.С.....	75
Цвелев И.Д.....	138
Чаплыгин В.А.....	126
Черненко П.А.	200
Чернова Д.А.....	221
Чернышева Е.В.....	20, 161, 224
Шабельская Н.П.	154
Шевченко М.В.....	47
Шевченко П.Г.....	228
Шехтер К.П.....	96
Шихалиев А.З.....	203
Шмакова К.А.	42, 64
Шулаков А.Ю.....	63
Щуренко Н.М.	127
Эшназаров Ш.....	160
Ямщикова Ю.Ф.	213

Научное издание

**Материалы Международной научной конференции
XXVIII Докучаевские молодежные чтения**

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЕМКОСТЬ ЗНАНИЙ О ПОЧВЕ

Печатается без издательского редактирования
Компьютерная верстка – А.Г. Рюмин
Дизайн и подготовка обложки – М.Е. Федорова

Подписано в печать с оригинал-макета заказчика 01.03.2025 г.
Формат бумаги 60х90/16.
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 13,30. Тираж 55 экз. Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «Издательство “ЛЕМА”»
199004, Россия, Санкт-Петербург, 1-я линия В.О., д. 28
Тел.: (812) 323-30-50, тел./факс: (812) 323-67-74
e-mail: izd_lemma@mail.ru
<https://lemaprint.ru>