

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*  
*XXIX Докучаевские молодежные чтения*

посвященной  
180-летию со дня рождения В.В. Докучаева

**«ПОЧВЫ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА»**

2–4 марта 2026 года

Санкт-Петербург  
2026

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 им. С.М. Кирова

**Материалы Международной научной конференции XXIX Докучаевские молодежные чтения «Почвы и здоровье человечества»** / Под ред. Б.Ф. Апарина. – СПб., 2026. – 240 стр.

XXIX Докучаевские молодежные чтения «Почвы и здоровье человечества» приурочены к знаменательной дате – 180-летию со дня рождения В.В. Докучаева.

В материалах рассмотрены вопросы: оценка состояния почв в целях охраны здоровья человека и окружающей среды; влияние тяжёлых металлов, радионуклидов, патогенных микроорганизмов и других загрязнителей почвы на здоровье человека и санитарную функцию почв; характеристика почвы как среды для обитания организмов и биопротекторная функция почв; введение ресурсосберегающих технологий в сельское хозяйство.

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

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

ББК 40.3

© Авторы, 2026

**ОРГКОМИТЕТ**  
Международной научной конференции  
**XXIX 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.*, к.б.н., с.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева

**Секретарь:**

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

**Члены программного оргкомитета:**

*Ганус И.Ю.*, первый зам. Председателя КНВШ

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

*Кузьмина А.А.*, м.н.с. ЦМП им. В.В. Докучаева, аспирант СПбГЛТУ им. С.М. Кирова

*Леонтьев А.А.*, аспирант кафедры почвоведения и экологии почв СПбГУ  
*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, аспирант СПбГЛТУ им. С.М. Кирова



Секция I

*Городские почвы  
и их влияние на человека*

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА  
НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Л.И. Аракелова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
arakeloval29@gmail.com

The study of physical and mechanical properties of soils in urban conditions is an urgent scientific direction. The rheological approach makes it possible to assess the stability of soil microstructure under anthropogenic stress by identifying their specific characteristics.

Важным фактором, влияющим на показатели реологического поведения почв, по мнению ряда ученых, является их гранулометрический состав (Lehrsch, 1998; Хайдапова и др., 2014): чем тяжелее почва, тем ниже значения прочности межчастичных контактов и выраженное упруго-пластичные свойства (Холопов и др., 2018). Отмечено, что почвенные агрегаты почв с большим содержанием тонких фракций менее уязвимы к механическому воздействию в сезонных процессах замораживания-оттаивания (Аракелова и др., 2023).

В работе анализируются результаты исследований гранулометрического состава и реологического поведения почв Москвы и Московской области трёх типов землепользования: дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы на покровных суглинках [Albic Retisol (Loamic)] под лесом (Московская область, с. Ельдигино), дерново-подзолистой поверхностно турбированной, маломощной, глубоко осветленной среднесуглинистой почвой на покровных суглинках [Retisols (Albic, Loamic, Turbic, Thinic)], расположенной в парковой части территории МГУ имени М.В. Ломоносова, и урбостратоземом среднемощным, глубоко слабо оглеенным, среднесуглинистым на техногенных отложениях, подстилаемым покровными суглинками [Anthrosols (Urbic, Loamic, Gleyic, Medium-thick)], расположенным на территории Метеорологической станции МГУ. Целью исследования было определить гранулометрический состав и содержание общего углерода исследуемых почв как важных структурообразующих параметров, влияющих на реологическое поведение почвы. В связи с этим были поставлены следующие задачи: 1) получить и проанализировать реологические параметры: точки максимального напряжения сдвига  $\tau_{max}$ , средние значения точек предела упругости  $\gamma_L$  (yield point), средние значения точек течения  $\gamma_F$  (Crossover,  $G'' > G'$ ) и ее координаты; 2) исследовать влияние содержания отдельных гранулометрических фракций.

Во всех горизонтах исследованных почв преобладает фракция крупной пыли. В урбостратоземе заметно больше содержание тонкого и среднего песка, что является классической чертой почв городской среды (Прокофьева и др., 2007).

Парковая слабоизмененная дерново-подзолистая почва показала наиболее высокие значения по двум основным реологическим параметрам: точка предела упругости  $\gamma_L$  (yield point), характеризующая максимальную величину упругой деформации (жесткости) и точка перехода в вязкое течение Crossover ( $\gamma_F$ ). В свою очередь урбостратозем отличился высокими значениями максимальной сдвиговой устойчивости (прочностью) в ответ на прилагаемую нагрузку.

Работа рекомендована д.б.н., проф. А.Б. Умаровой.

УДК 631.435

АНАЛИЗ ПРОФИЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ  
ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ РАЗЛИЧНЫХ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН ТЕРРИТОРИЙ  
МГУ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОSOVA

Р.Р. Ахметзянова, А.О. Тазиева, С.И. Клушина  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
riana1372@mail.ru

Urban soil properties are essential for maintaining the ecological condition of green spaces in large cities. This study analyzes the vertical distribution of selected physical soil properties in different functional zones of Lomonosov Moscow State University, revealing soil profile transformation caused by urban land use.

Здоровье населения мегаполисов во многом определяется качеством окружающей среды. Стремительность урбанизации последних десятилетий привела к кратному увеличению городских территорий и росту численности городского населения. В условиях высокой плотности застройки и ускоренного темпа жизни возрастает роль качества экологического состояния городской среды, важной составляющей которой являются озелененные территории – парки, скверы, зеленые зоны. Качество этих объектов во многом определяется состоянием растений, которое в свою очередь зависит от свойств почв.

В связи с этим интерес представляет изучение некоторых физических свойств почв рекреационных территорий. В данной работе были

исследованы почвы 5 разрезов глубиной до 80–203 см в различных частях территорий Московского университета и с различной продолжительностью вовлечения их в землепользование – (1) разрез в Аптекарском огороде на проспекте Мира (темногумусовая техногенная), разрезы на территории Ботанического сада на Ленинских горах (2) в цветнике открытой для посетителей части (серогумусовая техногенная), (3) в закрытой части под лесной (урбанозем) и (4) декоративной растительностью (урбодерново-подзолистая), а также на опытном участке почвенного стационара – (5) лесополосе (серогумусовая) [2]. Определение плотности велось методом Н.А. Качинского с использованием режущего цилиндра объемом 100 см<sup>3</sup> [3], плотности твердой фазы почв – пикнометрическим методом [3], содержания общего углерода методом сухого сжигания [1], гранулометрического состава лазерной дифрактометрией [4].

Во всех вариантах почв наблюдается закономерное увеличение плотности с глубиной (до 1.7–2.0 г/см<sup>3</sup>), согласующееся с гранулометрическим составом почв и содержанием общего углерода (0.2–1 % в нижней части профиля). Интересно отметить более высокое по сравнению со всем профилем содержание песчаных компонентов в поверхностных слоях всех исследованных почв, кроме варианта с лесополосой – 1) 29 %, 2) 23 %, 3) 18 %, 4) 22 %. Облегчение гранулометрического состава до легкого суглинка в почве Аптекарского огорода и почвы под цветником Ботанического сада на глубинах 38–45 и 24–66 см, соответственно, свидетельствует о том, что данный слой мог быть верхним горизонтом, на который был помещен слой плодородной почвы. В пользу данного предположения говорят и данные о плотности почвы, и содержание общего углерода. Резкое снижение плотности почвы цветника до 0.57 г/см<sup>3</sup> на глубине 66–97 см согласуется с резким ростом содержания углерода до значений, превышающих 11 %.

Основываясь на полученных результатах, можно сделать вывод о длительности сохранения признаков трансформации физических свойств почв рекреационных территорий в условиях городской среды.

#### Литература

1. Милановский Е.Ю., Хайдапова Д.Д. и др. Рабочая тетрадь. Практикум по физике твердой фазы почв: учебное пособие. М., Изд-во МГУ, 2011. С. 67–70.
2. Прокофьева Т.В. и др. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155–1155.
3. Шеин Е.В. и др. Теория и методы физики почв, М.: «Гриф и К», 2007, 616 с.

4. Callesen I., Keck H., Andersen T.J. Particle size distribution in soils and marine sediments by laser diffraction using Malvern Mastersizer 2000—method uncertainty including the effect of hydrogen peroxide pretreatment //Journal of Soils and Sediments. – 2018. – Т. 18. – С. 2500–2510.

Работа рекомендована д.б.н., проф. А.Б. Умаровой.

УДК 551.422

ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ  
ОСТРОВОВ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА

Ю.В. Бакаева

Волгоградский государственный университет, jljbakaeva@mail.ru

The article is devoted to the study of the impact of the regulation of the Volga River flow on the hydrological regime of the river and the formation of new islands. The mechanisms of island formation, such as the accumulation of sediment and changes in the riverbed, are considered. Special attention is paid to the study of Sarpinsky Island, the largest island on the Volga, and its planned development.

Зарегулирование стока Волги оказывает значительное воздействие на гидрологический режим реки, влияя главным образом на режим переноса и накопления наносов. Из-за замедленного течения в водохранилищах возрастает интенсивность осадконакопления, что ведет к усиленному отложению взвесей и формированию наносных образований. Это явление вызывает появление новых островов и изменение очертания существующих. Одним из примеров такого процесса служит образование Покровских песков возле Саратова, возникших при возведении моста Саратов-Энгельс. Другой пример – формирование Асафовых гор, появившихся из-за затопления песчаных дюн при заполнении Горьковского водохранилища.

Большинство образовавшихся островов становятся важными элементами биоразнообразия. Многие из них получают охранный статус памятников природы, среди которых особо выделяются Святковский Мох, Юршинский, Сарпинский, Головкинские, характеризующиеся уникальной флорой и фауной.

Возникающие острова нередко привлекают туристов и отдыхающих, становясь популярными местами отдыха и туризма. Примером служит остров Городской в Астрахани, служащий местом массового купания и прогулок горожан.

Формирующиеся острова отличаются большим разнообразием типов почв и характерных экосистем. Наиболее интересным и перспективным для дальнейших исследований является о. Сарпинский, расположенный в Волго-Ахтубинской пойме. Во-первых, остров является крупнейшим на Волге и в европейской части России. Во-вторых, на Сарпинском соседствуют уникальные природно-территориальные комплексы: многовековые реликтовые дубравы, которые являются легкими г. Волгограда, затопляемые луга (займища), комплекс 25 крупных и десятка мелких озер. В-третьих, остров характеризуется разнообразными орographicескими условиями (высокая или сарпинская, переходная и низкая пойма), а вследствие этого – многообразием почвенных комплексов.

С каждым годом острее стоит вопрос о модернизации острова. Объявлен тендер на строительство подъездной автомобильной дороги к островной системе о. Голодный – о. Сарпинский в г. о. г. Волгограда. Институтом генплана Москвы разработан проект развития системы островов. К 2045 году на их территории планируется реализовать 15 масштабных проектов, среди которых спортивный и образовательный кластеры, конгресс-центр с «Волгонариумом», кинокластер, а также 21 тематический парк. Предполагаемая площадь застройки составляет более 2.1 тыс. га.

Таким образом, масштабное развитие инфраструктуры на системе островов непременно приведет к нарушению функционирования естественных экосистем.

Работа рекомендована к.б.н. О.А. Гордиенко.

УДК 504.53

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

М.Г. Деткова, В.О. Булгакова

Санкт-Петербургский государственный университет

detkova\_m06@mail.ru, bulgakova.velina@inbox.ru

A reliable environmental assessment of the soils in St. Petersburg would require a comprehensive modernization of the monitoring system, by unifying the methodologies and standards for pollution.

Исследования экологического состояния почв за 2010–2024 гг. отражены в докладах Комитета по природопользованию Санкт Петербурга [1]. Работы в течение этого периода проводили различные организации, с разными акцентами. Отчеты за 2010–2012 гг. не отражают сте-

пень загрязнения почв и грунтов, приоритетное внимание уделено вопросам рекультивации нарушенных земель. Отчеты за 2013–2015 гг. не содержат разделов, посвящённых экологическому состоянию городских почв. В 2016 г. отчет содержит информацию о состоянии почвенных ресурсов, но не во всем городе, а лишь в отдельных его частях (например, на территориях зеленых насаждений или производств). Отчеты 2017–2018 гг. отмечают, что наименее загрязнены почвы удаленных от центра районов, средний уровень загрязнения в городе соответствует «умеренно-опасному», а селитебные территории (особенно исторического центра) относятся к «опасно загрязненным». Наиболее полные данные об экологическом состоянии почвенных ресурсов отражены в отчетах за 2019–2024 гг. [1].

Несмотря на развитие системы мониторинга почв Санкт-Петербурга, выразившееся в принятии целевой Программы и в планомерном расширении сети наблюдений, её практическая реализация демонстрирует существенные методологические недостатки, ограничивающие полноту и объективность экологической оценки. Ключевой проблемой остаётся отсутствие единых методических стандартов, усугубляемое частой сменой организаций-исполнителей, что приводит к накоплению разрозненных и мало сопоставимых данных. Оценка почв на основе сравнения с ПДК и ретроспективными данными игнорирует региональные геохимические фоновые показатели. Это создаёт «замкнутую» систему, не позволяющую разделить природные и антропогенные источники загрязнения и искажающую реальную динамику изменения качества почв. Необходима глубокая модернизация мониторинга, основанная на научном анализе основных составляющих урбозкосистемы, унификация методов исследований на всех этапах, обязательное использование фоновых значений в качестве базиса и создание централизованной верифицированной базы долгосрочных данных. Для сохранения устойчивости урбозкосистем необходимы регулярные агроэкологические обследования зеленых зон общего пользования, научное планирование хозяйственных мероприятий по уходу за почвой и растениями.

#### Литература

1. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности // Администрация Санкт-Петербурга URL: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/ecology/statistic/development/> (дата обращения: 19.01.2026).

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

АГРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ  
ТРЕНИРОВОЧНОГО ПОЛЯ «РЖД АРЕНА»

К.П. Николаева, Г.А. Кащенко

Российский государственный аграрный университет-МСХА имени  
К.А. Тимирязева, Москва, ksusha\_17112004@mail.ru

The work represents the results of the complex study related to the playing field of the «RZD Arena» stadium soil cover. The goal was to assess its agrochemical and agrophysical state to maintain the highest standards of turf.

Сегодня к футбольным полям мирового уровня, подобным стадиону «РЖД Арена», предъявляются самые высокие требования в отношении как естественного, так и искусственного покрытий, состояние которых напрямую влияет на качество игры и уровень травмоопасности. Для поддержания естественного покрытия в надлежащем состоянии необходимо проведение регулярного мониторинга почвенного покрова стадионов. Цель работы – выявить различия в неоднородном состоянии газона на основе агрохимического и агрофизического обследования почв игрового поля № 1 стадиона «РЖД Арена».

Агрохимический и агрофизический анализы 9 почвенных образцов проведены на базе испытательного центра почвенно-экологических исследований (ИЦПЭИ) РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева (табл.).

Таблица. Агрохимическая характеристика почв стадиона.

№ точки	pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>H2O</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , г/м <sup>2</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , г/м <sup>2</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , г/м <sup>2</sup>	K <sub>2</sub> O, г/м <sup>2</sup>	V, %	Физическая глина, %
1	4.83	5.16	6.3	6.6	144.0	152.3	28.7	6.0
2	4.91	5.12	6.1	7.8	54.7	123.8	22.3	7.1
3	6.25	6.49	8.3	5.6	67.5	128.7	67.9	9.7
4	5.53	5.85	9.4	4.6	128.4	168.0	44.8	4.1
5	6.76	6.93	5.4	4.8	77.1	88.9	90.4	16.7
6	4.56	5.31	2.3	8.5	62.7	51.4	55.7	3.6
7	5.91	6.09	3.9	2.6	99.2	147.4	65.1	5.9
8	6.88	7.05	2.1	5.2	78.4	23.7	91.6	3.1
9	6.43	6.77	6.1	1.1	150.7	82.7	75.3	6.7

Примечание: перед отбором навесок на анализы выполнялось квартование каждого из образцов согласно ГОСТ Р ИСО 11464-2011 [1]. Значения содержания доступных для растений форм фосфора и калия определялись с помощью метода Кирсанова в модификации ЦИНАО [2].

Гранулометрический состав на всех участках является песчано-супесчаным (содержание физической глины от 3.1 до 16.7 %), что гарантирует превосходные дренажные свойства почвенного покрова стадиона.

Реакция среды варьирует от сильнокислой (4.56 ед. рН<sub>H2O</sub>) до нейтральной (7.05 ед. рН<sub>H2O</sub>). Показатель степени насыщенности почвы основаниями (V, %) – от низких (22.3 %) до крайне высоких (91.6 %) значений.

Запасы доступных растениям элементов питания распределены крайне неравномерно. Содержание подвижных форм фосфора находится в диапазоне от 54.7 до 168.0 г/м<sup>2</sup>, калия – от 23.7 до 168.0 г/м<sup>2</sup>, минерального азота – от 8.4 до 16.1 г/м<sup>2</sup>. Такой выраженный дисбаланс, особенно в сочетании с контрастными значениями кислотности и емкости катионного обмена, напрямую обуславливает неоднородность состояния травостоя стадиона.

#### Литература

1. ГОСТ Р ИСО 11464-2011. КАЧЕСТВО ПОЧВЫ. Предварительная подготовка проб для физико-химического анализа. М.: Стандартиформ, 2012. 11 с.

2. Общее почвоведение / В.Г. Мамонтов [и др.]. М.: КолосС, 2006. 456 с.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. О.Е. Ефимовым.

УДК 631.47

### ДИАГНОСТИКА АНТРОПОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ПОЧВ СТАВРОПОЛЬСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Л.С. Покида, В.А. Костикова, В.Р. Важенский

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

Lyubov\_pokida@mail.ru

As a results of studying the anthropogenic-transformed soils of the Stavropol agglomeration, it was found that the reaction of medium varies from acidic to neutral (рН<sub>H2O</sub> 4.88–6.80), and the humus content ranges from 2.3 % to 4.74 %. The following heavy metals were found to exceed: Ni – 44.93–167 mg/kg, Co – 6.51–6.79 mg/kg, Cd – 3.13 mg/kg.

Почвенный покров урбанизированных территорий отличается разнообразием антропогенно-преобразованных почв и почвоподобных тел, большая часть которых теряет диагностические признаки зональных типов [1]. Это снижает их способность выполнять ряд экосистем-

ных услуг, что негативно сказывается как на здоровье населения, так и на устойчивости урбозкосистем [2].

Цель работы – выявить особенности диагностических признаков антропогенно-преобразованных почв Ставропольской агломерации.

Объект исследования – антропогенно-преобразованные почвы Ставропольской агломерации. В 2023–2025 гг. было заложено и описано 18 почвенных разрезов и отобрано 54 образца в городах Ставрополь и Невинномысск, а также в пгт. Солнечнодольск.

В границах агломерации на территории жилой застройки и в зонах техногенного воздействия основным типом сформированных почв являются урбаноземы. Урбаноземы различаются по своему генезису и степени трансформации: от сильно преобразованных с горизонтом урбик (U), до почв, сохраняющих исходную морфологию, у которых трансформация в основном проявляется в изменении агрохимических свойств. Профиль характеризуется сложным строением со слабой дифференциацией генетических горизонтов, включает насыпные и перемешанные слои. Горизонт урбик имеет неоднородный состав с включением антропогенного материала, в том числе карбонатосодержащих строительных отходов. Для данных типов почв характерна высокая вариабельность свойств: содержание гумуса колеблется от 2.3 % до 4.74 %, реакция среды – от кислой до нейтральной ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 4.88\text{--}6.8$ ). На урбанизированных территориях сохраняются значительные площади залежей, где трансформация затронула преимущественно верхнюю часть профиля, а нижележащие горизонты сохраняют морфологию, близкую к естественным типам.

Химический анализ показал превышение ПДК по нескольким тяжёлым металлам: Co, Cd, Ni, причем содержание никеля на отдельных территориях превышает нормативы до 4 раз. Содержание никеля варьируется в диапазоне 44.93–167 мг/кг (при ПДК 40–80 мг/кг), кобальта – 6.51–6.79 мг/кг (при ПДК 5 мг/кг), кадмия – 3.13 мг/кг (при ПДК 1 мг/кг).

Основная диагностическая особенность антропогенно-преобразованных почв Ставропольской агломерации – формирование на фоне длительного предшествующего сельскохозяйственного использования. Антропогенные горизонты наследуют материал ранее образовавшихся агрочерноземов, что создает эффект наложения современных процессов урбанизации на уже измененный почвенный покров. Для исследованных почв также характерно превышение ПДК по ряду ТМ. Такой генезис обуславливает пространственную контрастность и мозаичность почвенного покрова агломерации.

## Литература

1. Апарин Б.Ф., Сухачёва Е.Ю., Булышева А.М., Лазарева М.А. Гумусовые горизонты почв урбоэкосистем // Почвоведение. 2018. № 9.
  2. O'Riordan R. et al. The ecosystem services of urban soils: A review // Geoderma. 2021. Т. 395. С. 115076.
- Работа рекомендована к.г.н., доц. К.Ю. Шкарлет.

УДК 631.41

### ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И МЕТАЛЛОИДЫ В ПОЧВАХ И ДОРОЖНОЙ ПЫЛИ г. СОЧИ: ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ С.И. Чичерин, Л.А. Безбердая, Д.В. Котов Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова chicherinsi@my.msu.ru

The Sb-Cd-Pb-Zn association accumulates in urban soils, road dust, and their PM10 fractions in Sochi. The elements accumulate more intensively in microparticles of road dust. The main anthropogenic sources of pollutants are carbonate dust and non-exhaust emissions from vehicles.

Сочи – крупнейший курортный и культурный центр черноморского побережья России. Он является важным транспортным узлом и экономическим центром. В таких городах много источников загрязнения, в том числе и автотранспорт, поставляющий тяжелые металлы и металлоиды (ТММ). В качестве индикаторов техногенного воздействия на ландшафты часто используются дорожная пыль и поверхностные горизонты почв.

Цель: эколого-геохимическая оценка почв и дорожной пыли.

Всего отобрано 49 проб поверхностных горизонтов городских почв в разных функциональных зонах города и 32 пробы дорожной пыли на разных типах дорог. Уровни накопления ТММ в дорожной пыли, почвах и их фракциях PM10 оценивалось с помощью кларка концентрации (КК):  $КК = C_i / C_b$ , где  $C_i$  – содержание элемента в дорожной пыли или почвах, мг/кг,  $C_b$  – кларк элемента в верхней части континентальной земной коры, мг/кг. Идентификация источников поступления элементов проводилась методом моделирования PCA / APCS-MLR.

В почвах и в дорожной пыли накапливаются ( $КК > 1$ ): Sb, Cd, Pb, Zn, Ag, Bi, Cu, V, Mo, Sn (рис.).

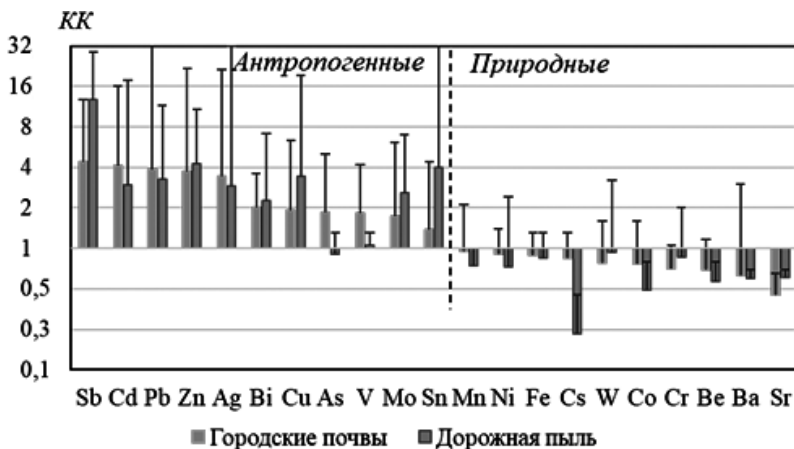


Рисунок. Кларки концентрации ТММ в почве и дорожной пыли Сочи (вертикальные линии-максимальные значения КК).

Во фракции PM10 городских почв Sb-Cd-Pb-Zn ассоциация накапливаются в 2–3 раза интенсивнее. В частицах PM10 дорожной пыли концентрация Sb в 70 раз превышает кларковые уровни, Zn – в 20 раз, а Sn – в 9. Данная ассоциация связана с интенсивным движением автотранспорта, а именно с истиранием тормозных колодок и шин.

Главными источниками поступления ТММ в городские почвы являются почвообразующие породы, карбонатная пыль и невыхлопные выбросы от транспорта. В загрязнение дорожной пыли наибольший вклад вносят загрязненные почвы, карбонатная пыль и невыхлопные выбросы от авто и железнодорожного транспорта.

Исследование выполнено в рамках проекта РГО.

Работа рекомендована д.г.н., акад. Н.С. Касимовым.

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ  
АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Ю.Д. Шаньгина

Санкт-Петербургский государственный университет  
st108206@student.spbu.ru

In this research, we assessed the distribution of heavy metal contamination in soils with varying degrees of anthropogenic transformation. Elevated levels of toxic elements were detected in the upper organogenic horizons and in horizons with a large number of anthropogenic artifacts.

Актуальность работы обусловлена тем, что почвы, являясь депонирующим компонентом ландшафта, аккумулируют поллютанты, среди которых особую опасность представляют тяжелые металлы (ТМ). Их накопление, связанное с хозяйственной деятельностью человека, приводит к устойчивому загрязнению и деградации почв. Изучение содержания ТМ в почвах разной степени антропогенной трансформации позволяет выявить закономерности их миграции и аккумуляции, что является основой для экологической оценки территорий.

Цель работы – провести оценку состояния загрязнения антропогенно-преобразованных почв тяжелыми металлами на территории Санкт-Петербурга. В качестве объектов исследования были выбраны почвы с различной степенью антропогенной трансформации: 1 – почвогрунт «молодого» (2 года) полигона свалки твердых бытовых отходов (ТБО) (пос. Янино); 2 – урбостратозем легкосуглинистый карбонатсодержащий на литориновых супесях (Васильевский остров); 3 – урбостратозем темногумусовый легкосуглинистый карбонатсодержащий на погребенной дерново-подзолистой глееватой почве (парк Сергиевка). В данных почвах изучено содержание валовых форм ТМ (Hg, Pb, Zn, Cu) по почвенному профилю, а также проведено сравнение их содержания с фоновыми значениями. Образцы фоновых почв отбирались в Приозерском и Госненском районах Ленинградской области. Определение ртути проведено на ртутном анализаторе «РА-915М», остальные элементы определены на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант-2м1».

В ходе проведенной работы установлено, что загрязнение антропогенно-преобразованных почв Санкт-Петербурга имеет полиэлементный характер. Относительно фоновых почв в почвенном профиле антропогенно-преобразованных почв содержится в несколько раз больше Pb, Zn, Cu, а превышение содержания Hg может достигать до 50 раз.

В антропогенно-преобразованных почвах максимум загрязнения не всегда приходится на верхнюю часть почвенного профиля, а может находиться на некоторой глубине и связан с вещественным составом почвенного горизонта. Так наибольшие количества содержания ртути приурочены к горизонтам с высоким содержанием органического вещества, а также к горизонтам с наибольшим количеством антропогенных включений. Самое высокое содержание ртути было зафиксировано в почвогрунте с мусороперерабатывающего полигона, что объясняется значительным содержанием твердых бытовых и промышленных отходов, содержащих ртуть (ртутные лампы, термометры, гальванические элементы, электронные компоненты).

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

## Секция II

### *Экологические функции почв*

UDK 631.4

PROPERTIES AND CHARACTERISTICS OF TYPICAL SIEROZEM  
SOILS UNDER DRYLAND CONDITIONS

Khasanova Sarvinoz

Uzbekistan, National university of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek  
sarvinoznorqoziyeva1104@gmail.com

This thesis discusses the formation and characteristics of rainfed soils in Uzbekistan and Central Asia. It analyzes their physical, chemical, and biological properties along with the water regime. The nutrient status and soil fertility were also examined.

Rainfed (dryland) farming is an agricultural system that is not irrigated and is carried out mainly using natural precipitation. In Uzbekistan and the foothill and piedmont regions of Central Asia, rainfed soils are distributed and play an important role in the cultivation of cereal crops, legumes, and forage crops [1].

Formation conditions and distribution zones of rainfed soils. Rain fed soils are primarily formed under low-precipitation climatic conditions. In such regions, the average annual rainfall ranges from 250 to 450 mm, with most of it occurring in autumn, winter, and early spring. In the rainfed regions of Uzbekistan, light sierozem, typical sierozem, and dark sierozem soils are widespread. Sloping relief enhances erosion processes, affecting soil depth and fertility. Physical properties and mechanical composition. The mechanical composition of rainfed soils is usually light or in some places, the soil is heavy and loamy. This characteristic directly affects the soil's water permeability, as well as its ability to absorb and retain moisture [2]. The bulk density of the soil is relatively high, while porosity is low. Due to moisture deficiency, the soil dries and compacts quickly. As a result, air exchange deteriorates, limiting the development of plant roots. The deterioration of physical properties also leads to the breakdown of soil structure and an increase in erosion processes.

Water regime and moisture retention characteristics. The main limiting factor of rainfed soils is water deficiency. Uneven distribution of precipitation throughout the year leads to unstable soil moisture. Moisture accumulated in spring quickly disappears during the hot summer months due to high temperatures and intense evaporation [3].

Chemical properties and nutrient availability. The chemical properties of rainfed soils are determined by the humus content and the availability of

nutrients. In most rainfed soils, the humus content ranges from about 1–3 %, which is lower compared to irrigated soils [4].

Conclusion, rainfed soils are formed under complex natural conditions and possess distinctive properties and characteristics. Their fertility mainly depends on the level of moisture availability, the condition of soil structure, and the reserve of nutrients. Effective use of rainfed soils requires the application of scientifically based agrotechnical practices, the introduction of moisture-saving technologies, and the implementation of anti-erosion measures. This, in turn, makes it possible to achieve sustainable and high productivity in rainfed farming.

#### References

1. Land resources and food security of Central Asia and Southern Caucasus, Food and agriculture organizations of the United Nations, Rome-2016.
2. Degradation of rain-fed soils, Degradation of land resources, study guide, edited by Gafurova L.A. et al. Moscow. 2026. P. 131.
3. Dobrovolskiy G.V. Osnovy pochvovedeniya. Moskva: MGU, 2008.
4. FAO. Soil management in dryland agriculture. – Rome, 2011.

The work is recommended by prof. L. Gafurova.

УДК 631.433.3

### ПОЧВЕННОЕ ДЫХАНИЕ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ГОРЕЛЬНИКОВ (СРЕДНЯЯ ТАЙГА, РЕСПУБЛИКА КОМИ)

П.А. Арзубов<sup>1,2</sup>, А.Ф. Осипов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина

<sup>2</sup>Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
arzubov-2000@mail.ru, osipov@ib.komisc.ru

The aim of the work was to evaluate the soil respiration of shrub-lichen pine forests depending on the time of pyrogenic exposure. On G2, the CO<sub>2</sub> flux rate from the soil surface decreased by 18–43 %, and on G15 by 28–55 %, depending on the month of observations.

Лесные пожары являются одной из причин трансформации экосистем, оказывая существенное влияние на динамику формирования, структуру и функционирование бореальных лесов.

Цель работы заключалась в оценке дыхания почвы на участках с разновозрастным пирогенным воздействием среднетаежного сосняка кустарничково-лишайникового Республики Коми.

Работа выполнена в Койгородском районе Республики Коми, располагающемся в Средней тайге. Исследование проводили в трех сосняках кустарничково-лишайниковых: 2-летний горельник (Г2); 15-летний горельник (Г15); условно-фоновый участок (К). Измерения проводились один раз в месяц с мая по октябрь 2025 г газоанализатором EGM-5 (США, Amesbury, Massachusetts, PPSystems).

На всех исследуемых участках наблюдаются сходные закономерности сезонной динамики почвенного дыхания (SR), которая характеризуется максимальными значениями в начале августа из-за более благоприятных погодных условий. Так, на условно-фоновом участке эта величина составила  $5.28 \pm 0.50$  гС/м<sup>2</sup> в сут., на Г2 –  $3.51 \pm 0.26$  гС/м<sup>2</sup> в сут. и  $2.66 \pm 0.14$  гС/м<sup>2</sup> в сут. на Г15. Уже в сентябре происходит заметное достоверное ( $p_t < 0.05$ ) сокращение SR на 37–47 % из почв всех сообществ из-за снижения температуры почвы. Минимальные показатели SR наблюдались в октябре.

Установлено негативное влияние лесного пожара на дыхание почвы спустя 15 лет, что выражается более низкими (на 28–55 %;  $p_t < 0.05$ ) значениями эмиссия CO<sub>2</sub> по сравнению с условно-фоновым участком. Величины SR контрольного сосняка и Г2 сопоставимы во все месяцы ( $p_t > 0.05$ ), несмотря на более высокие средние значения в условно-фоновом сосняке, за исключением сентября, когда в горельнике отмечено достоверное снижение значений эмиссия CO<sub>2</sub> на 24 % ( $p_t = 0.033$ ). Однако, выявлен отрицательный эффект лесного пожара на среднюю скорость потока CO<sub>2</sub> из почвы за весь период наблюдений, которая была ниже на 30 и 42 % ( $p_t < 0.05$ ) для Г2 и Г15, соответственно. При сравнении постпирогенных сообществ между собой отмечено, что средняя скорость SR с мая по октябрь была сопоставима ( $p_t = 0.071$ ) и составила  $1.96 \pm 0.16$  и  $1.61 \pm 0.11$  гС/м<sup>2</sup> в сут. Также наблюдались сходные величины SR в отдельные месяцы исследований ( $p_t > 0.05$ ), которые характеризуются высокой вариацией показателей, изменяющихся в пределах 26–54 % и 27–48 % соответственно на Г2 и Г15.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 25-17-00054 «Природоподобные и антропогенные технологии для аккумуляирования стабильных форм углерода в лесных почвах».

Работа рекомендована д.б.н., доц. А.А. Дымовым.

УДК 571.4

## ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВОГРУНТЕ РЕКУЛЬТИВИРОВАННОЙ НЕЛЕГАЛЬНОЙ СВАЛКИ

К.А. Артюшенко

Российский государственный гидрометеорологический университет  
kaskas2109@gmail.com

The results of a study of heavy metal content in soil on the site of a former illegal landfill after remediation activities near the village of Staroselye in the Leningrad Region are presented. A moderately hazardous level of heavy metal contamination was identified. This indicates the need for further development of appropriate measures to reduce environmental pollution.

Нелегальные свалки представляют собой значительную экологическую проблему, оказывающую негативное воздействие на окружающую среду. В частности, они способствуют аккумуляции тяжелых металлов (ТМ) в почвенном слое. Данные территории требуют комплексного подхода к восстановлению их экологического состояния, включая проведение мероприятий по рекультивации и осуществлению систематического экологического мониторинга.

Проводилось изучение содержания ТМ в верхнем слое почвы, сформированной на территории рекультивируемой нелегальной свалки, находящейся в непосредственной близости от посёлка Староселье Шапкинского сельского поселения Тосненского района Ленинградской области. Рекультивационные мероприятия, проведенные в 2024 году, включали перемещение отходов в пределы земельного участка, их уплотнение, экранирование глиной толщиной 0.5 м, землевание песчано-гумусовой смесью слоем 0.3 м на техническом этапе, и высев злаковых трав – на биологическом. Участок исследования был разделен на 5 равноценных площадок, в которых определялись такие валовые формы ТМ как цинк, свинец, кадмий, медь, марганец и никель. В рамках исследования был проанализирован гранулометрический состав почвогрунтов на каждой исследуемой площадке, измерены значения рН, что позволило провести сравнительный анализ концентраций тяжёлых металлов с ПДК, установленными нормативным документом СанПиН 1.2.3685-21 для почв и грунтов. Осуществлено сопоставление полученных данных с фоновыми концентрациями тяжёлых металлов, характерными для данной территории, что позволило определить индексы суммарного загрязнения на исследуемых участках.

Результаты проведенного исследования продемонстрировали, что верхние горизонты средних и центральной площадок характеризовались превышением фоновых концентраций кадмия и никеля в 1.4 и 2 раза соответственно. Расчет показателя суммарного загрязнения, осуществленный без учета коэффициента концентрации, не превышающего единицу, но с учетом различий в токсичности тяжелых металлов, выявил умеренно опасную степень загрязнения тяжелыми металлами. Эти данные позволяют сделать обоснованный вывод о необходимости дальнейшего мониторинга участка и разработки соответствующих мер по снижению уровня загрязнения окружающей среды территории.

Работа рекомендована к.б.н., доц. кафедры геоэкологии, природопользования и экологической безопасности РГГМУ Е.Я. Рижия.

УДК 631.417

## СПЕЦИФИКА НАКОПЛЕНИЯ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ г. РОСТОВ-НА-ДОНУ

Ю.С. Бакаева, М.О. Кравченко

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

yubakaeva@sfedu.ru

The influence of forest vegetation on the accumulation of organic carbon in the soils of Rostov-on-Don was studied. It is shown that its content is higher under forest plantations and is determined by the age of the plantations and projective coverage.

Лесные экосистемы города Ростов-на-Дону функционируют в условиях антропогенной нагрузки и играют важную роль в формировании микроклимата городской среды. Цель работы – изучить особенности влияния растительности на накопление органического углерода в черноземах под лесными формациями в черте г. Ростов-на-Дону.

Исследования проводились в парково-рекреационных зонах Ростовской агломерации на 19 мониторинговых площадках. Выполнялись геоботанические описания с оценкой видового состава, сомкнутости крон и общего проективного покрытия. В лабораторных условиях определяли содержание органического углерода в гумусово-аккумулятивном горизонте (0–10 см) и надземной фитомассе лиственных пород. Для обработки данных применялись методы описательной статистики и корреляционного анализа.

Содержание органического углерода в поверхностных горизонтах почв под древесной растительностью статистически выше, чем на за-

лежных участках. Среднее содержание Сорг. под лесными насаждениями составило  $4.24 \pm 0.85$  %, на залежных территориях –  $3.25 \pm 0.94$  %. Различий в содержании органического углерода между различными типами древесных фитоценозов не выявлено.

Корреляционный анализ показал наличие положительной связи между возрастом лесонасаждений и медианным содержанием органического углерода в почве. Выявлена сильная положительная связь между общим проективным покрытием и видовым разнообразием растительных сообществ, а также отрицательная связь между сомкнутостью крон и общим проективным покрытием. Связь между видовым разнообразием и содержанием органического углерода оказалась слабой и статистически недостоверной.

Полученные результаты показывают ведущую роль возраста лесонасаждений и общего проективного покрытия в формировании запасов органического углерода в почвах лесных экосистем города Ростова-Дону.

Исследование выполнено на базе научно-испытательной лаборатории «Биогеохимия» Академии биологии и медицины им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета («Приоритет 2030»).

Работа рекомендована д.б.н., проф. кафедры ботаники ЮФУ С.Н. Горбовым.

УДК 631.4

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ

А.А. Блудов

МАИ, Москва, aabludov@internet.ru

Spatial variability of chernozem fertility in the Tambov Region is analyzed with agrochemical indicators and GIS mapping. Humus, soil pH, available phosphorus and exchangeable potassium are interpolated and validated to delineate management zones. The resulting maps support site-specific fertilization and liming decisions.

Черноземы Тамбовской области – основной ресурс регионально-го земледелия, однако их плодородие существенно неоднородно в пространстве (как между полями, так и внутри одного поля). Учет этой из-

менчивости важен для перехода к элементам точного земледелия, оптимизации доз удобрений и профилактики деградационных процессов. Цель работы – оценить пространственную неоднородность агрохимических показателей плодородия черноземов и сформировать картографическую основу для выделения управленческих зон.

Материалом послужили результаты агрохимического обследования пахотных земель Тамбовской области, включающие точки отбора. Проанализировано содержание гумуса, рН, подвижного фосфора, обменного калия, а также нитратного и аммонийного азота и микроэлементов. Рассчитана описательная статистика и коэффициент вариации (CV) для количественной оценки неоднородности; пространственное моделирование выполнено в QGIS с использованием IDW. Для интерпретации неоднородности применяли градации CV, что позволяло сопоставлять карты показателей и формировать комплексное зонирование.

В результате формируются тематические карты распределения гумуса, рН, Р и К и выделяются зоны дефицита элементов питания и участки с неблагоприятной реакцией среды. Совмещение карт позволяет ранжировать приоритеты управления: зоны низкого содержания гумуса – для органического удобрения, сидерации и почвосберегающих приемов; зоны дефицита Р или К – для адресного внесения минеральных удобрений; участки отклонений рН – для известкования или иных корректирующих мероприятий.

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

УДК 631.417.2

## ПОСТУДОБРИТЕЛЬНАЯ ДИНАМИКА ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ ЧИСТОГО ПАРА

Л.Н. Вальков<sup>1</sup>, Н.Б. Зинякова<sup>2</sup>, Т.Н. Лебедева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, leonid05valkov3004@gmail.com

<sup>2</sup>Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения  
РАН – ФИЦ ПНЦБИ РАН, Пущино, nakhodkanbz@mail.ru,  
tanyaniko@mail.ru

Quantitative parameters characterizing biologically active organic matter in gray forest soil under bare fallow conditions after termination of the mineral and organic fertilizer systems use were obtained.

Органический углерод почвы ( $C_{org}$ ) принято рассматривать в качестве драйвера смягчения климатических рисков, а почвенное органическое вещество (ПОВ) является его динамичной формой преобразова-

ния и хранения. Определение активного ( $C_0$ ) органического вещества (ОВ), микробной биомассы ( $C_{\text{мик}}$ ), перманганат-окисляемого ОВ (РОХС), как системы диагностирующих показателей, позволяет установить качественные изменения в составе ПОВ, что не всегда возможно при измерении валового содержания  $C_{\text{орг}}$ . Целью работы было оценить динамику общего, активного и химически окисляемого углерода в почве после 5 лет с момента прекращения использования минеральной и органической систем удобрения. Возрастающие дозы минеральных (N 90–360,  $P_2O_5$  75–300 и  $K_2O$  100–400 кг/га) и органических (свежий навоз крупного рогатого скота от 25 до 100 т/га) удобрений вносили в серую лесную почву, помещенную в сосуды без дна, в течение 9 лет, начиная с 2011 года. В последующие пять лет опыта (с 2020 г) удобрения не вносились, и вместо посевов была создана модель чистого пара, ведущая к обеднению почвы органическим углеродом за счет его минерализационных потерь. Содержание в почве  $C_{\text{орг}}$  определяли с помощью CNHS анализатора (Лесо 932) методом сухого сжигания; методом СИД определяли  $C_{\text{мик}}$  [1], фракцию РОХС определяли по общепринятой методике [2]. Определение активного ( $C_0$ ) органического вещества осуществляли биокинетическим методом [3]. В течение чистого пара наметилась тенденция уменьшения  $C_{\text{орг}}$  в почве без удобрений на 0.15 % (в абсолютных значениях), в вариантах последствия минеральных и органических удобрений – на 0.09–0.15 % и 0.28–0.40 % соответственно. Между вариантами по содержанию  $C_{\text{орг}}$  сохранялась та же последовательность, что и в годы внесения удобрений: Без удобрений < NPK(1) = NPK(2) < NPK(3) < NPK(4) < Навоз 25 т/га < Навоз 50 т/га < Навоз 75 т/га < Навоз 100 т/га. За постудобрительный период потери  $C_0$  составили от 32–93 %. Снижение размеров микробного пула наблюдалось на всех вариантах. Пул биологически активного углерода был всегда больше микробного пула ( $C_0 > C_{\text{мик}}$ ). Содержание легкоокисляемой фракции РОХС в исследуемых вариантах опыта в последний год внесения минеральных удобрений и навоза составляло 38–41 и 52–63 мг/100 г. После перевода опыта в чистый пар с прекращением возделывания культур и применения удобрений в почве началось устойчивое снижение содержания РОХС. Чем продолжительнее был период чистого пара, тем отчетливее происходило обеднение почвы химически окисляемой и биологически-активной фракциями органического вещества.

#### Литература

1. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Гавриленко Е.Г. Особенности определения углерода микробной биомассы почвы методом субстрат-индуцированного дыхания // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1327–1333.

2. Прохоров А.А., Борисов Б.А., Ефимов О.Е. Пермангант-окисляемый углерод как маркер качества почв агроландшафтов // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2024. Вып. 121. С. 47–69. [https://doi.org/ 10.19047/0136-1694-2024-121-47-69](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2024-121-47-69).

3. Семенов В.М., Иванникова Л.А., Кузнецова Т.В., Семенова Н.А., Тулина А.С. Минерализуемость органического вещества и углеродсеквестрирующая емкость почв зонального ряда // Почвоведение. 2008. № 7. С. 819–832.

Работа рекомендована гл.н.с., д.б.н. В.М. Семеновым.

УДК 631.4

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ФОСФОГИПСА И КОМПОСТА НА УГЛЕРОДНЫЙ БАЛАНС ПОЧВ В МОДЕЛЬНЫХ ГАЗОННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ С УЧЕТОМ СЕЗОННОЙ И МЕЖСЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ЕГО КОМПОНЕНТОВ

П.И. Васенев, А.М. Никитенко

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (РГАУ-МСХА)  
[petervas08.08.1992@gmail.com](mailto:petervas08.08.1992@gmail.com)

Based on a micro-field experiment on lawn ecosystems in Moscow (2023–2024), the aftereffect of ameliorants (phosphogypsum, compost) on the carbon balance of disturbed soils was studied. In the second and third years after application, the effect of phosphogypsum was comparable to that of organic fertilizer, confirming its potential for the restoration of urban soils and the improvement of ecosystem services.

Исследование направлено на оценку последствий мелиорантов для стабилизации углеродного баланса (УБ) и экосистемных услуг антропогенно-нарушенных почв. Работа выполнена в микрополевым эксперименте на газонных экосистемах с деградированными дерново-подзолистыми почвами в 2023 и 2024 гг. (2-й и 3-й год последствий). В контроле регенерация гумусового горизонта проводилась торфо-песчаной смесью (1:3, слой 15 см). Варианты опыта: фосфогипс (ФГ) 150, 300 г/м<sup>2</sup>; компост (К) из помета перепелов 200 г/м<sup>2</sup>; комбинации ФГ 450 + К 200; ФГ 600 + К 200 г/м<sup>2</sup>.

Во второй год последствий (2023) наблюдалось увеличение содержания органического углерода в почве (SOC), особенно в вариантах ФГ 150, К 200 и ФГ 450 + К 200. Накопление биомассы в 4 из 5 вариан-

тов с мелиорантами превышало контроль в 4–5 раз. Эмиссия CO<sub>2</sub> была тесно связана с биомассой ( $r = 0.992$ ) и превышала контроль на 25–55 %. В результате УБ был положительным, превышая контроль на 1409–1698 г/м<sup>2</sup> за сезон (табл.).

Таблица. Результаты оценки углеродного баланса (г/м<sup>2</sup> за сезон) за период апрель – сентябрь 2023, 2024 гг.

Вариант	ΔCorg-s		ΣCorg-gr		ΣCorg-r		ΣC-CO <sub>2</sub>		Total CB	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Контроль	12	-2211	55	55	17	17	903	1019	-819	-3158
ФГ 150 г/м <sup>2</sup>	1704	-1234	227	267	68	80	1410	1166	590	-2053
ФГ 300 г/м <sup>2</sup>	321	-665	83	133	25	40	1110	1840	-680	-2333
К 200 г/м <sup>2</sup>	1434	-401	267	227	80	68	902	1754	879	-1859
ФГ 450 г/м <sup>2</sup> + К 200 г/м <sup>2</sup>	1733	-746	220	220	66	66	1289	1559	730	-2018
ФГ 600 г/м <sup>2</sup> + К 200 г/м <sup>2</sup>	4	-1083	231	226	69	68	1499	2018	-1195	-2807

В третий год (2024) SOC снизился во всех вариантах, но на вариантах с мелиорантами – на 45–80 % меньше, чем на контроле. Биомасса сохранила превышение над контролем в 4–5 раз, а УБ в оптимальных вариантах остался выше контроля на 1105–1299 г/м<sup>2</sup>.

Динамика SOC, биомассы и эмиссии CO<sub>2</sub> подтверждает высокую эффективность мелиорантов для стабилизации УБ газонных экосистем как минимум в течение 3 лет после внесения. Особенно важно, что последствие фосфогипса по эффекту сопоставимо с органическим удобрением, что подчеркивает его потенциал для регенерации городских почв.

Работа рекомендована к.б.н., доц. Д.В. Моревым.

ПОЧВЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ УГЛЕЖОГОВ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ  
РЕСПУБЛИКИ КОМИ (ОКРЕСТНОСТИ с. НЮВЧИМ)

Л.А. Вахрушев<sup>1,3</sup>, В.Н. Карманов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>СГУ им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар, l\_vakhrushev@inbox.ru

<sup>2</sup>Институт языка, литературы и истории ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,  
г. Сыктывкар, vkarman@bk.ru

<sup>3</sup>Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар  
aadyamov@gmail.com

The results of a soil study at two charcoal-burning sites located in the Syktyvdinsky District are presented. It is shown that soils with a thick, carbon-rich pyrogenic horizon develop at the charcoal-burning sites. Carbon reserves in the cores of the sites reach 68.9–82.5 kg/m<sup>2</sup>.

Промысел древесного угля с помощью углежжения в лесных регионах России был широко распространен в XVII–XX вв. Остатки таких промышленных объектов имеют высокую степень сохранности, и потенциально в них могут быть сосредоточены значительные объемы пирогенного углерода. К настоящему времени почвы таких объектов практически не исследованы.

Цель работы заключается в оценке запасов углерода, сосредоточенных в почвах углежожных производств на территории Средней тайги Республики Коми.

Объекты исследования расположены вблизи с. Нювчим, Сыктывдинского района Республики Коми. В XVIII–XIX вв. здесь был расположен завод по плавке болотной руды. Для плавки болотной руды и производства чугуна и железа были необходимы значительные объемы древесного угля. Согласно почвенно-географическому районированию, объекты расположены в Верхнелузско-Локчимском округе подзолов песчаных и супесчаных.

Было изучено два углежого диаметром около 15 метров. На углежогe № 1 (P-10) была заложена одна траншея, пересекающая объект. Углежог № 2 (P-11) изучался четырьмя траншеями, расположенными перпендикулярно друг к другу. Отбор образцов проводили из центра углежого. Плотность определяли в трехкратной повторности. Физико-химические свойства почв определяли традиционными методами.

Почвы углежогов кислые, при этом кислотность с глубиной уменьшается в среднем с  $pH_{H_2O} = 3.8$  ед. до 6 ед. Содержание обменных катионов уменьшаются с глубиной.  $Ca^{2+}$  в среднем от 15 до 0.1

ммоль/100 г п. и  $Mg^{2+}$  в среднем от 3 до 0.05 ммоль/100 г п. Значения  $Ca^{2+}$  не превышают в пирогенном слое 6, ммоль/100 г п. Содержание  $Mg^{2+}$  варьирует от 0.07 до 0.3 ммоль/100 г п. Содержание железа от 0.06 до 0.2 %, алюминия от 0.04 до 0.36 %. Гранулометрический состав представлен в основном песками. Выявлено, что запасы углерода в объёме № 1 составляют 82.5 кгС/м<sup>2</sup>, в центре углежого № 2 сосредоточено 68.9 кг С/м<sup>2</sup>.

Таким образом, выявлено, что почвы углежогов содержат значительные запасы углерода. Учитывая, пирогенное происхождение углерода, данные территории, несомненно, будут являться депозитариями углерода на длительный промежуток времени.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 25-17-00054 «Природоподобные и антропогенные технологии для аккумуляирования стабильных форм углерода в лесных почвах».

Работа рекомендована д.б.н. А.А. Дымовым.

УДК 631.421

## ВАРЬИРОВАНИЕ СВОЙСТВ АЛЬФЕГУМУСОВЫХ ПОЧВ В ВЫСОТНЫХ ЛАНДШАФТАХ

В.А. Ворончихин  
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ  
homestreete@gmail.com

An analysis of the physicochemical properties of Podzols was conducted. High variability of these properties within soil types indicates significant spatial heterogeneity in the ridge's soil cover.

Почвы являются основой для существования растительности и выполняют критически важные экологические функции.

Цель работы: определить сходство и различия в свойствах почв отдела альфегумусовые высотных ландшафтов.

Изучено 24 профиля альфегумусовых почв на высоте 932–743 м.н.у.м. Альфегумусовые почвы представлены генетическими типами почв: подбуры (ПБ), дерново-подбуры (ДПБ), подзолы (ПЗ) и дерново-подзолы (ДПЗ). Почвы сформированы в разных высотно-растительных условиях. В горной тундре (>820 м.н.у.м.) формируются преимущественно подбуры, в криволесье (740–820 м.н.у.м.) – подзолы, в переходной зоне тундра-криволесье (761–840 м.н.у.м.) – дерново-

подбуры и дерново-подзолы. Статистический анализ варьирования свойств почв выполнен в программе «STATISTICA 6».

Почвы отличаются сильнокислой реакцией среды ( $pH_{H_2O} = 4.14-2.84$ ), особенно ПБ и ПЗ, что указывает на интенсивный режим выщелачивания. В ДПБ и ДПЗ отмечена тенденция снижения кислотности с 2.89 до 4.16 ед., что вероятно, связано со смягчающим влиянием дернового процесса. Показатель  $\Delta pH$  варьирует от 0.13 до 1.12, что свидетельствует о значительном запасе обменной кислотности в этих почвах. Почвы отличаются высокой гидролитической кислотностью, что является характерной особенностью горных почв, независимо от типа. Максимальные значения гидролитической кислотности характерны для ДПБ и ДПЗ (58.90 мг-экв/100 г). Наибольшие средние значения гидролитической кислотности в дерново- и сухоторфяно-подзолах (40 мг-экв/100 г) и коррелируют с показателем  $\Delta pH$ . Крайне низкое содержание обменного водорода ( $H^+$ ) наблюдается во всех типах почв кроме ПЗ (менее 1 мг-экв/100 г). Наибольшая подвижность алюминия характерна для ПЗ (в среднем, 16 мг-экв/100 г), с высоким размахом изменчивости. В подбурах содержание  $Al^{3+}$  существенно ниже (5.6–6.7 мг-экв/100 г).

Содержание обменных оснований ( $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ ) ожидаемо низкое во всех типах почв (ПД – 0.2–8, ДПЗ – 0.3–10.6, ПЗ – 0.2–39, ДПЗ – 0.2–46.8 мг-экв/100 г). Емкость катионного обмена максимальна в ПБ (24–25 мг-экв/100 г) и минимальна в ДПЗ (12.5 мг-экв/100 г). Степень насыщенности основаниями низкая (менее 20 %), что типично для кислых альфегумусовых почв.

Содержание углерода в альфегумусовых и подзолистых горизонтах почв относительно невысокое (2.1–3.1 %), что характерно для маломощных грубогумусных почв в высотных условиях гор.

Типы почв отдела альфегумусовые близки по кислотности, основным агентом является алюминий при различном его содержании. Результаты могут быть основой для оценки экологических функций почв, их устойчивости к внешним воздействиям и разработки мер по охране почвенно-растительных комплексов.

Работа рекомендована д.б.н., проф. И.А. Самофаловой.

УДК 633.853.492«324»:632.7:581.54(476)

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ВРЕДИТЕЛЕЙ В ПОСЕВАХ ОЗИМОЙ  
СУРЕПИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ  
УСЛОВИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

С.А. Гайдарова, А.М. Яковенко, Д.В. Агейко

РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский р-н,  
Республика Беларусь, svetlanagaidarova@yandex.ru

The article presents data on the prevalence of pests in winter cress crops during the autumn period depending on the soil and climatic conditions of the Republic of Belarus.

В Республике Беларусь в последние годы особое внимание стали уделять озимой сурепице (*Brassica campestris* var. *oleifera*). Культура менее требовательна к плодородию почвы, но более устойчива к неблагоприятным условиям перезимовки, чем озимый рапс. Сведения о фауне вредного энтомоценоза в посевах крестоцветных культур в Республике Беларусь свидетельствуют о постепенном изменении его видовых и количественных характеристик, а также перераспределении хозяйственного значения популяций на фоне влияния биотических, абиотических и антропогенных факторов. Основопологающей причиной такой трансформации является происходящее в последнее десятилетие изменение агроклиматических условий.

Исследования по определению видового состава и распространенности фитофагов в посевах озимой сурепицы выполняли в осенний период 2023–2024 гг. в производственных условиях, а также на опытном поле РУП «Институт защиты растений». Маршрутные обследования проводились в период листообразования (ВВСН 11–19) на дерново-подзолистой суглинистой (Центральная и Южная агроклиматические зоны), супесчаной и песчаной (Южная и Новая) почвах.

В ходе проведения маршрутных обследований озимой сурепицы в осенний период вегетации выявлено, что в почвенно-климатических условиях Центральной агроклиматической зоны, где преобладают дерново-подзолистые суглинистые почвы, встречались ложногусеницы рапсового пилильщика с численностью 0.1–0.3 экз./растение, гусеницы капустной моли 0.1–0.3 экз./растение, гусеницы капустной белянки – 0.4 экз./растение, капустной совки – 0.4 экз./растение.

В Новой агроклиматической зоне (в основном дерново-подзолистые песчаные почвы) были выявлены ложногусеницы рапсового пилильщика с численностью 1.0 экз./растение и гусеницы капустной моли 0.1–0.3 экз./растение.

В Южной агроклиматической зоне (в основном дерново-подзолистые супесчаные почвы) встречались ложногусеницы рапсового пилильщика с численностью 0.3 экз./растение, гусеницы капустной моли 0.1–0.5 экз./растение, гусеницы капустной белянки 0.2 экз./растение, гусеницы капустной совки 0.09–0.4 экз./растение, капустная тля 1.0–2.5 колонии/растение.

Основными фитофагами, которые наносят вред посевам озимой сурепицы в осенний период являются: рапсовый пилильщик, капустная моль, капустная белянка, капустная совка, капустная тля. По видовому составу и численности фитофагов более высокие показатели отмечены на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах.

Работа рекомендована д.с.-х.н., доц., директором РУП «Институт защиты растений» А.А. Запрудским.

УДК 631.4

## АНАЛИЗ ДИНАМИКИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В РОССИИ

С.М. Горохова, В.И. Мухаметзянов

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, gorohova.s@hotmail.com

This paper examines the problem of anthropogenic soil transformation. Over the past five years, the area of disturbed soils and lands in Russia has increased by 6 %. The main causes of disturbed lands are industrial production, transport activities, energy, and urbanization.

Растущий антропогенный прессинг на основные компоненты окружающей среды, в том числе почвы, представляет собой глобальную проблему. В мире площадь деградированных земель составляет 15 млн км<sup>2</sup> [1], что сопоставимо с площадью целого континента – Антарктиды.

Согласно российскому законодательству нарушение земель принято относить к деградации почв и земель, наряду с эрозией, засолением и заболачиванием [2].

По данным ЕМИСС [3] в России площадь нарушенных земель с 2020 г. по 2024 г. увеличилась на 6 % и достигла 1146.7 тыс. га. Наиболее высокие темпы роста нарушенных земель 37.9 и 17.3 тыс. га отмечаются в Дальневосточном и Сибирском федеральных округах (рис.), что обусловлено деятельностью промышленности, транспорта, энергетики и урбанизацией.

В целом, по стране площадь нарушенных земель сельскохозяйственного назначения увеличилась на 1.7 тыс. га, земель запаса и лесного фонда сократились соответственно на 0.7 и 0.8 тыс. га, водного фонда осталась без изменений.

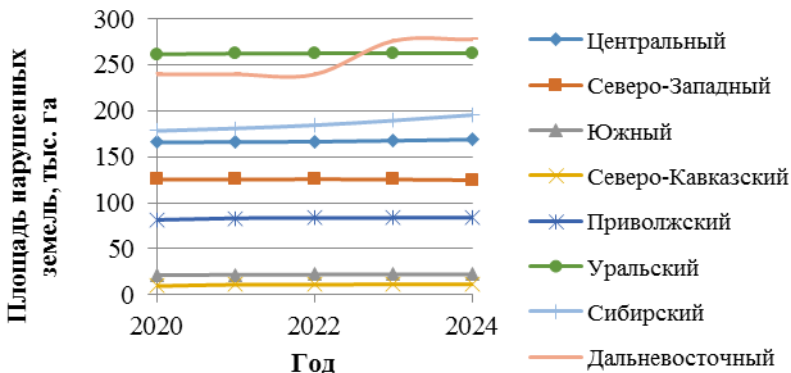


Рисунок. Динамика нарушенных земель по федеральным округам Российской Федерации по данным ЕМИСС [3].

Антропогенная трансформация почв и земель представляет собой сложную многоаспектную проблему, решение которой возможно лишь путём объединения усилий науки, бизнеса и властей. Нужны активные действия по совершенствованию правовых норм, введению прогрессивных технологий по восстановлению почв. Успех в этом направлении обеспечит надежную основу для устойчивого развития и сохранения уникального природного наследия.

#### Литература

1. Tomalka J. [et al.] Stepping back from the precipice: Transforming land management to stay within planetary boundaries. Potsdam: Potsdam Institute for Climate Impact Research, 2024. 120 p.
2. Деградация земельных ресурсов / ред. Л.А. Гафурова, О.А. Макаров, С.А. Шоба. М.: НИА «Природные ресурсы», 2025. 186 с.
3. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 14.01.2026).

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА НА ВОДОЭКСТРАГИРУЕМОЕ  
ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И ИОННЫЙ СОСТАВ ПОЧВЕННОГО  
РАСТВОРА В УСЛОВИЯХ ВЕГЕТАЦИОННОГО ОПЫТА

И.И. Григорьева, И.В. Данилин

ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Москва  
ira.grigoreva.01@bk.ru

In a vegetation experiment, we investigated the effects of soil water regime on water-extractable organic matter (WEOM). Plant presence strongly altered WEOM composition, promoting fresh, low-aromatic, microbially derived compounds in the rhizosphere. In contrast, bulk soil was dominated by humified organic matter.

Водозэкстрагируемое органическое вещество (ВЭОВ) представляет собой наиболее мобильную и биологически активную часть органического вещества почв и быстро реагирует на изменения условий среды. Целью работы было оценить влияние различных режимов увлажнения на состав и свойства ВЭОВ и ионный состав почвенного раствора дерново-подзолистой почвы при наличии и отсутствии растений.

Вегетационный эксперимент проводили с использованием овса посевного (*Avena sativa* L.) при контролируемой температуре и влажности воздуха. Моделировали оптимальную влажность, дефицит влаги и переувлажнение, а также восстановление оптимальных условий после абиотического стресса. Исследования выполняли отдельно для ризосферы и вмещающей почвы.

Свойства ВЭОВ оценивали по содержанию водозэкстрагируемого органического углерода (WEOC) и азота (WEN), полученному на анализаторе Shimadzu TOC-L CSN (ISO 8245:1999), оптическим индексам (SUVA<sub>254</sub>, SR, HIX, BIX, FI), полученными на основе спектров поглощения и обработанных ЕЕМ и результатам PARAFAC-моделирования [1, 2]. Дополнительно анализировали ионный состав почвенного раствора методом капиллярного электрофореза; валовое содержание углерода и азота в почве на элементном анализаторе Vario MACRO Cube (Elementar Analysensysteme GmbH); проводили анализ методом ИК-спектроскопии на приборе ФТ-801 с приставкой ПРИЗ (Симэкс, Россия), для обработки спектров диффузного отражения инфракрасного излучения применяли сглаживание, коррекцию базовой линии, коррекцию мультипликативного рассеяния [3].

Было показано, что присутствие растений является ключевым фактором трансформации ВЭОВ. В отсутствие ризосферного эффекта доминируют процессы гумификации и стабилизации органического вещества (наблюдается увеличение индексов HIX и SUVA<sub>254</sub>, уменьшение S<sub>R</sub>), тогда как в ризосфере наблюдается накопление свежих, менее ароматичных соединений, увеличивается вклад соединений микробного происхождения (повышение S<sub>R</sub>, FI, BIX, снижение SUVA<sub>254</sub>). В ризосфере варьирование изучаемых показателей меньше по сравнению с вмещающей почвой, что может свидетельствовать о формировании более стабильных условий.

Анализ ионного состава почвенного раствора методом главных компонент показал выраженную кластеризацию образцов по условиям эксперимента и фазам отбора проб. Недостаточная влажность во вмещающей почве приводит к увеличению концентрации нитратов, хлоридов, сульфатов и калия, тогда как присутствие растений приводит к обратным закономерностям. Переувлажнение ризосферы приводит к накоплению формиатов, ацетатов, оксалатов и аммония.

#### Литература

1. Helms J.R., Stubbins A., Ritchie J.D., Minor E.C., Kieber D.J., Mopper K. Absorption spectral slopes and slope ratios as indicators of molecular weight, source, and photobleaching of chromophoric dissolved organic matter // *Limnology and Oceanography*. 2008. Vol. 53 (3). P. 955–969.
2. Murphy K.R., Stedmon C.A., Graeber D., Bro R. Fluorescence spectroscopy and multi-way techniques. PARAFAC // *Anal. Methods*. 2013. Vol. 5 (23). P. 6557–6566
3. Wadoux, A.M.J.-C., Malone, B., Minasny, B., Fajardo, M., McBratney, A.B., 2021. *Soil Spectral Inference with R*. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-64896-1>.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. РАН, зав. лаб. органического вещества и биохимии почв В.А. Холодовым.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ПОЧВ И НАПОЧВЕННОЙ  
РАСТИТЕЛЬНОСТИ В СУКЦЕССИОННОМ РЯДУ  
ЦЕНТРАЛЬНО-ЛЕСНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Е.М. Илюшкова

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва

e.ilyushkova@rgau-msha.ru

The article is devoted to the study of ecological functions of soils and understory vegetation in the successional series of the Central Forest State Nature Biosphere Reserve (CFSNBR). The research results (2024) demonstrate a regular decrease in plant species diversity accompanied by a corresponding shift in floristic composition from heliophytic to sciaphytic species.

Почва выполняет ключевые функции для биосферы. Живой напочвенный покров регулирует температурный и водный режимы, формирует органогенный горизонт и аккумулирует питательные вещества, определяя круговорот углерода, азота и фосфора. Комплексное изучение экологических функций почв в сукцессионном ряду лесных экосистем с учетом напочвенной растительности актуально для выявления закономерностей их совместного развития и сохранения биоразнообразия.

Материалы и методы. Исследования проводились на территории Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника, расположенного в Тверской области. Природный комплекс заповедника является эталонным участком южной тайги Европейской России и представляет собой первичный биогеоценотический покров центральной части Русской равнины. Объекты исследования расположены в урочище «Красное» (в 3 км от поселка Заповедный) и представляют собой пять разновозрастных участков залежей, находящихся на различных стадиях восстановления растительного покрова:

1. Залежь с луговым разнотравьем;
2. Залежь, заросшая березняком возрастом 50–65 лет;
3. Залежь, заросшая березняком возрастом 60–75 лет;
4. Залежь, заросшая березняком возрастом 60–80 лет;
5. Залежь, заросшая ельником неморальный возрастом старше

125 лет.

Для характеристики видового состава напочвенной растительности на пробных площадях определяли частоту встречаемости видов и их постоянство согласно шкале Ж. Браун-Бланке. Основными почвами вы-

ступают дерново-подзолистые, сформировавшиеся на различных почвообразующих породах.

Результаты. Полученные данные за вегетационный период 2024 года демонстрируют снижение видового разнообразия с 20 видов на залежи с луговым разнотравьем до 8 видов в старовозрастном ельнике. Отмечена закономерная смена флористического состава: от луговых видов (мятлик луговой, клевер средний) на начальных стадиях через теневыносливые виды (щитовники, фиалка болотная) к лесным многолетникам в ельнике. Ветреница дубравная присутствует на всех стадиях сукцессии, выступая индикатором восстановления естественного таежного биогеоценоза.

Работа рекомендована к.б.н., доц. кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева М.В. Тихоновой.

УДК 631.433.3

## ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВЫХ УДОБРЕНИЙ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ АГРОЧЕРНОЗЕМА

Л.Ф. Казюлин

Красноярский государственный аграрный университет  
levkrsk.99@mail.ru

The study examined the effect of humic fertilizers on CO<sub>2</sub> emissions in agrochernozeem soils under spring wheat crops. It was shown that tillering of crops during the tillering stage leads to CO<sub>2</sub> emissions from the soil surface. The lowest cumulative emissions over the season were observed with a combination of humic fertilizers and a dose of nitrogen (N30).

В контексте снижения концентрации углекислого газа в атмосфере, с содержанием которого связывают глобальные изменения климата, почва занимает особое положение как природное тело, обладающее большим потенциалом депонирования углерода. Баланс углерода складывается из двух основных процессов: синтеза органического вещества и его минерализации. Гуминовые удобрения здесь могут рассматриваться, с одной стороны как стимуляторы роста растений, что увеличивает поступление растительных остатков в почву, с другой стороны гуминовые удобрения усиливают процессы гумификации, а также могут снижать интенсивность дыхания за счет качеств антистрессора. Отсюда цель исследования – оценить возможность регулирования эмиссии углекислого газа с поверхности почвы с помощью применения гуминовых удобрений.

Исследования проведены в 2025 году на базе опытного стационара в учхозе «Миндерлинское» расположенного в Красноярской лесостепи. Объекты исследования – агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный, агроценоз яровой пшеницы сорта Новосибирская 31, гуминовые удобрения Лигногумат АМ и Гумат калия Суфлер, минеральное удобрение аммиачная селитра. Полевой опыт был проведен по схеме: 1. Контроль; 2. N30; 3. N60; 4. Лигногумат АМ; 5. Лигногумат АМ + N30; 6. Лигногумат АМ + N60; 7. Гумат К; 8. Гумат К + N30; 9. Гумат К + N60. Эмиссию С-СО<sub>2</sub> определяли абсорбционным методом Шаркова, также были проведены сопутствующие определения влажности и температуры почвы. Полученные результаты обрабатывали методами описательной статистики и дисперсионного анализа при помощи программы MS Excel.

В результате проведенного исследования установлено, что применяемые гуминовые удобрения обуславливают снижение эмиссии углекислого газа из почвы на 2.46–3.61 С-СО<sub>2</sub> г·м<sup>-2</sup>сут<sup>-1</sup> при первой фолиарной обработке посевов в фазу кущения, когда наблюдается рост эмиссии на контрольном варианте опыта (5.12 г·м<sup>-2</sup>·сут<sup>-1</sup>). Далее характер динамики дыхания агрочернозема не зависит от применяемых удобрений. Кумулятивная эмиссия С-СО<sub>2</sub> составила для контрольного варианта 283 г·м<sup>-2</sup> за 119 суток полевого опыта. Сравнимое количество углерода углекислого газа (292 С-СО<sub>2</sub> г·м<sup>-2</sup>) наблюдалось в варианте совместного применения Гумата К и аммиачной селитры в дозе N60. Наименьшее количество выделившегося С-СО<sub>2</sub> в пределах 230–233 г·м<sup>-2</sup> было отмечено в вариантах с применением азотного удобрения в дозе N30 как совместно с гуминовыми удобрениями, так и без, а также в варианте с применением Гумата калия по неудобренному фону.

Работа рекомендована д.б.н., проф. Н.Л. Кураченко.

УДК 631.432:631.466.1

## ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ГРИБНЫХ СПОР ПОТОКАМИ ВЛАГИ НА ПРИМЕРЕ ПЕСЧАНЫХ КОЛОНОК

Н.А. Константинов

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, mnrnikons831@yandex.ru

Subsoil moisture flows play an important role in the movement of fungal spores through the complex pore space of soils. The aim of the research was to evaluate the possibility of migration of *Cladosporium* sp. spores via moisture flows in sandy soils using laboratory column filtration experiments.

Актуальность. Внутрипочвенные потоки влаги играют важную роль в перемещении грибных структур в сложном поровом пространстве почв. Однако масштабы данного процесса остаются практически неизвестными.

Цель. Оценить возможность миграции спор *Cladosporium* sp. с потоками влаги в песчаном субстрате – на примере серии лабораторных колоночных фильтрационных экспериментов.

Объекты. Поскольку количество публикаций по данному направлению ограничено, нами был проведен первичный модельный лабораторный эксперимент на более гомогенной, нежели почва, среде – выбран чистый кварцевый песок с размером зерна 0.5–1 мм. В качестве агента миграции выбран *Cladosporium* sp. КБП-F-46 с меланизированными спорами размером 3.5–4.5×6–10 мкм. Представители рода типично встречаются в филлосфере растений, растительном опаде и подстилке.

Методы. Предварительно простерилизованный кварцевый песок при гигроскопической влажности внесли в пластиковую колонку диаметром 4.6 см и длиной 10 см. Затем субстрат медленно насыщали до полной влагоемкости во избежание образования заземленного в поровом пространстве воздуха. В ходе эксперимента колонку с песком сначала промывали дистиллированной водой, затем незамедлительно начали подавать приготовленный раствор. В качестве промывающего раствора использовали 0.9 % раствор KCl – физраствор, в 300 мл которого было внесено  $1.3 \cdot 10^6$  спор (или же  $3.8 \cdot 10^5$  КОЕ) 7-дневной культуры *Cladosporium* sp. При этом поддерживался постоянный напор 1 см, а с нижней части колонки отбирали фильтраты по 20 мл. Коэффициент фильтрации составил приблизительно 100 см/сут. После окончания фильтрации песчаная колонка была разобрана, из песка приготовили вытяжку. Фильтраты и вытяжку культивировали на среде Чапека в течение 7 дней. Потенциалы  $K^+$  и  $Cl^-$  фильтратов измеряли электродным методом. Далее построены выходные кривые ионов и КОЕ грибов относительно тактов. Эксперимент проведен в 3 повторностях.

Результаты. Выходные кривые ионов  $K^+$  и  $Cl^-$  имеют классический вид, характерный для песчаных субстратов. Анализ миграции спор при оценке методом подсчета колоний свидетельствует, что КОЕ появляются в фильтратах между 1–2 тактами, одновременно с ионами. Концентрация КОЕ в фильтратах достигает 30–50 % от исходной. Анализ вытяжки выявил депонирование в толще колонки еще 11–23 % КОЕ. Но 30–60 % КОЕ не удается учесть – возможно, из-за потери жизнеспособности после прохождения 10 см слоя песка.

Выводы. Показана возможность вертикальной миграции спор *Cladosporium* sp. с потоками влаги в песчаном субстрате. Требуются дополнительные методы анализа для понимания причин недоучета грибных КОЕ.

Работа рекомендована д.б.н., проф. А.Б. Умаровой; к.б.н., в.н.с. А.Е. Ивановой.

УДК 631.432

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОЙ ВЛАГОЕМКОСТИ ПОЧВ  
УОП БОТАНИЧЕСКОГО САДА ТУВГУ

Д-Х.А. Кудерек

Тувинский государственный университет, г. Кызыл

kuderekd0901@gmail.com

This article investigates the total moisture capacity of soils at the experimental training plot of the Tuvan State University Botanical Garden. The study results indicate that the soils received unsatisfactory and satisfactory ratings.

Учебно-опытное поле (УОП) Ботанического сада ТувГУ расположено на центральной части Республики Тыва в Кызылском районе, предназначено для прохождения практик студентов: проведения опытов, для выращивания разных культур.

На УОП Ботанического сада ТувГУ (г. Кызыл) была определена полная влагоемкость почв на двух разных полях: 1 – где выращивали горох сорта Руслан; 2 – поле с многолетними травами.

Поле № 1 с предшественником горох имеет светло-каштановые супесчаные маломощные почвы, поле № 2 имеет светло-каштановые песчаные маломощные почвы.

В результате исследования было установлено: поле № 1 имеет 20 % влагоемкости, что напрямую зависит от гранулометрического состава почвы и характеризуется как неудовлетворительное, чего нельзя сказать о поле № 2 которое имеет 25 % полной влагоемкости, которая характеризуется как удовлетворительной.

На разных районах Республики Тыва Полная влагоемкость отличается, на агропочвах многолетних трав с. Кара-Хаак Кызылского и Пий-Хемского района полная влагоемкость составила 45 %, а в Тандинском 60 % (по данным Канзываа С.О. и Хуурак А.В., 2025).

При сравнении полной влагоемкости почв УОП Ботанического сада ТувГУ и других районов республики выявлено, что разница составила на 25–20 % меньше, чем с. Кара-Хаак Кызылского и Пий-Хемского района. А полная влагоемкость Тандинского района больше на 40–35 %.

Таким образом, можно утверждать, что полная влагоемкость почвы зависит от гранулометрического состава (содержания глины, песка), структуры, содержания гумуса (органического вещества); чем больше в почве мелких частиц, тем больше воды она способна удерживать.

Светло каштановые песчаные, супесчаные почвы и маломощные почвы УОП Ботанического сада ТувГУ обладают наименьшей влагоемкостью, чем почвы других районов с светло-каштановыми супесчаными и суглинистыми почвами.

Адаптивная технология, разработка которой ведётся в рамках указанного госзадания, – это комплекс агроприёмов, приспособленных к этим конкретным почвенно-климатическим условиям с целью компенсации выявленных недостатков (низкой влагоёмкости) и устойчивого получения урожая

Работа выполнена в рамках госзадания № 075-03-2025-399/4 по теме «Разработка адаптивной технологии возделывания зернобобовых кормовых культур в условиях Республики Тыва».

Работа рекомендована ст. преп. кафедры агрономии Б.В. Санчай-оол.

УДК 631.42

## ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ЭМИССИИ CO<sub>2</sub> В ПОЧВАХ ТУНДРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ ЯНАО

И.Д. Кушнов, Е.А. Артюхов, А.А. Швецова,

Е.И. Походня, Т.И. Низамутдинов

Санкт-Петербургский государственный университет

st084838@student.spbu.ru

The study demonstrates enhanced CO<sub>2</sub> emissions from Yamalo-Nenets Autonomous Okrug soils with high organic matter content as air temperature increases, highlighting the potential activation of a positive feedback loop in the permafrost carbon cycle.

В связи с увеличением температур атмосферного воздуха в арктической зоне РФ, оценка особенностей минерализации органического

вещества и эмиссии углерода из почв криолитозоны необходима для понимания обратных связей в климатической и биогеохимической системах. В связи с вышесказанным, целью данной работы является исследование влияния температурного режима на параметры минерализации органического вещества (ОВ) и интенсивность базального дыхания в различных почвах тундровой зоны. Территория исследования включает участки, расположенные в южной гипоарктической тундре (п-ов Ямал), горных тундрах (Полярный Урал) и лесотундре (Нижнее Приобье). Почвы представлены подзолами глеевыми, подзолами иллювиально-железистыми, криоземами типичными, торфяно-криоземами, литоземами, торфяными и органо-аккумулятивными почвами. Определяли содержание потенциально минерализуемого углерода (ПМУ) методом биокинетического фракционирования [1] с инкубацией при температурах 25 °С и 10 °С, интенсивность минерализации [2], скорость базального дыхания [3] и коэффициент температурной чувствительности  $Q_{10}$  [4].

Содержание ПМУ варьировало в широких пределах: от 279.50 до 37254.15 мг/кг при 25 °С и от 369.65 до 12849.02 мг/кг при 10 °С. Максимальные значения зафиксированы в верхних органогенных горизонтах торфяных почв. Инкубация при 25 °С приводила к статистически значимому увеличению большинства параметров минерализации по сравнению с температурным режимом 10 °С из-за более высокой микробиологической активности. Однако данный отклик неоднороден: минеральные и криотурбированные горизонты показали слабую зависимость или даже более высокую скорость дыхания при 10 °С, а наибольшую чувствительность к температуре продемонстрировали органогенные горизонты с высоким содержанием ОВ. Установлена положительная корреляция между значением  $Q_{10}$  (для совокупной эмиссии  $CO_2$  за 90 дней) и содержанием углерода органических соединений в почве, что также указывает на высокую уязвимость почв с высоким содержанием ОВ. В настоящее время в реальных условиях региона среднегодовая температура воздуха приближена к 10 °С, однако изменение климата способно увеличить как температуры воздуха, что приведет к дополнительной эмиссии  $CO_2$ , преимущественно из органогенных горизонтов.

#### Литература

1. Семенов В.М., Лебедева Т.Н., Лопес Д.Г. и др. Пулы и фракции органического углерода в почве: структура, функции и методы определения // Почвы и окружающая среда. 2023. № 1. С. 4–19.
2. Cheng B., Dai H., Liu T. et al. Mineralization characteristics of soil organic carbon under different herbaceous plant mosaics in semi-arid grasslands // Scientific Reports. 2024. № 1. С. 22196.

3. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Гавриленко Е.Г. Особенности определения углерода микробной биомассы почвы методом субстрат-индуцированного дыхания // Почвоведение. 2011. № 11. С. 1327–1333.

4. Meyer N., Welp G., Amelung W. The temperature sensitivity (Q<sub>10</sub>) of soil respiration: controlling factors and spatial prediction at regional scale based on environmental soil classes // Global Biogeochemical Cycles. 2018. № 2. С. 306–323.

Работа выполнена в рамках проекта РФФ № 24-44-00006 «Сравнительное метагеномное исследование микробиома углеродного цикла в регионах вечной мерзлоты на полуострове Ямал и Цинхай-Тибетском нагорье».

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

УДК 631.435

## СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗУЧЕНИЯ КАМЕНИСТОСТИ ПОЧВ

Д.О. Лагуткина

Санкт-Петербургский государственный университет  
st097734@student.spbu.ru

Traditional methods of soil research often overlook rocky inclusions, despite occupying significant areas and influencing key soil properties. This study compares various methods for assessing stoniness using profiles from the Leningrad region. The results indicated a weak consistency among these methods.

Общепринятые методики изучения почв нацелены на исследование их мелкозема, который играет ведущую роль в процессах формирования и функционирования почв. Между тем, природные и антропогенные каменистые почвы занимают значительные площади. Каменистые включения влияют на физические и химические характеристики почвы и на точность оценки запасов углерода, азота и др. химических элементов. При этом нет единого подхода к определению размерных границ каменистых включений и недостаточно количественных данных по их содержанию в почвах. Так, согласно принятой в России (и в СССР) классификации [1, 2] граничным значением, отделяющим мелкозем от крупнозема, является диаметр частиц, составляющий 1 мм, а в зарубежных классификациях и в геологии – 2 мм. В «Классификации и диагностике почв СССР» каменистость почв оценивается по содержанию камней ( $\geq 5$  см) на поверхности почвы и в верхнем 30-сантиметровом слое.

В верхних горизонтах почвы содержание каменистых включений можно оценивать: 1) по покрытию ими поверхности; 2) по объемной доле включений на единицу площади почвы; 3) по массовой доле включений.

Для сравнения разных методов определения содержания каменистых включений мы провели исследование трех разрезов, заложенных на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области: 1. Подбур оподзоленный супесчаный на элюво-делювии гранита с примесью морены, подстилаемый плитой гранита; 2. Урбостратозем темногумусовый легкосуглинистый; 3. Стратозем урбостратифицированный, подстилаемый моренным суглинком. Определение каменистости проводилось следующими методами: 1) вейвлет-анализ цифровых снимков профилей в программах CWT1d и Fragstat; 2) сухое просеивание всего объема каждого горизонта (в рамке 50×50 см) через стандартную колонку сит (10, 7, 5, 3, 2 и 1 мм) с последующим взвешиванием и расчетом массовой доли каждой фракции (%); 3) пересчет результатов сухого просеивания в объемные %, с учетом удельной плотности каменистых включений [3, 4].

Показано, что результаты использования разных методик недостаточно согласуются друг с другом. Выявлено несколько причин разброса оценок каменистости: 1) слабо контрастные включения не диагностируются при анализе цифровых изображений; 2) отмечается высокая вариабельность содержания камней даже в пределах исследованного небольшого объема почвы, в результате чего лицевая стенка не полностью отражает содержание камней в толще горизонта; 3) методика сухого просеивания дает наиболее точные результаты, но отличается очень большой трудоемкостью, что ограничивает возможность широко ее применения на практике.

#### Литература

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

2. Классификация и диагностика почв СССР. М., Изд-во «Колос», 1977. 225 с.

3. Моисеев К.Г., Зинчук Е.Г. Вейвлет-мультифрактальный анализ: оценка состояния агроэкосистем по фотоизображениям // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сб. докл. науч.-практич. конф. Курск, 2015. С. 130–134.

4. Растворова О.Г. Физика почв (практическое руководство), Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1983. 196 с.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 25-24-00375.

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

## ХАРАКТЕРИСТИКА ФИТОГЕННОГО ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА (НА ПРИМЕРЕ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ 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

Phytogenic pores of Haplic Chernozems in the Volgograd region were investigated. The criteria for assessing phytogenic pores are their size, isotropicity, irregularity, and their percentage content. Indicators of phytogenic pores include their shape, spatial orientation, maintenance of root length with changes in depth, and the presence of plant debris in the pore.

Поровое пространство является почвенным объемом, в котором растут корни растений. Фитогенное поровое пространство важно для: обеспечения растений питательными веществами, формирования гидрофизических свойств почвы, механической функции закрепления растения в субстрате. Корни стимулируют рост и активность микроорганизмов и, как результат, влияют на регуляцию разложения органического вещества почвы, улучшают агрегированность почвы [4]. Общее количество пор, распределение пор по размерам и их извилистость влияют на фильтрацию [5].

Целью исследования являлось изучение фитогенного порового пространства.

Задачи исследования состояли в том, чтобы:

1. Выявить индикаторы фитогенных пор для разных уровней: макро (почвенный индивидуум), мезо (почвенный монолит), микро (почвенный микромонолит).
2. Определить критерии оценки фитогенных пор.
3. Разработать методику диагностики фитогенных пор.

Объектом исследования послужили фитогенные поры, рассмотренные на примере чернозема обыкновенного (р. 2.22, лесонасаждение) полигона почвенно-экологического мониторинга (ППЭМ) Козловский Волгоградской области. Опорный разрез 2.22 заложен в середине лесного массива. Растительность представлена мертвопокровным кленовым лесом с примесью вяза. Полог деревьев I яруса (10Кл+Дуб), II яруса (10В+Кл). Травяной покров представлен единичными экземплярами подмаренника *Galium* sp. и ландыша *Convallaria majalis*.

Проводилось томографическое исследование порового пространства. Для изучения фитогенных пор в томографии на макро- и мезоуровнях использовался монолит – почва, отобранная в рентген-прозрачную трубу (ПВХ-труба) цилиндрической формы высотой 25 и 15 см, диаметром 10 см. На микроуровне – микромонолит – уменьшенная версия монолита (шприц), диаметром 1.5 см, высотой 2.5 см [1–3].

Критериями оценки фитогенных пор служат их размеры, изометричность и изрезанность, процентное содержание. Индикаторами фитогенных пор служат их формы, ориентация в пространстве, сохранение протяженности длины корня при изменении глубины, наличие растительных остатков в поре.

Диагностическим признаком фитогенных пор на мезоуровне («почвенный монолит», горизонтальный срез почвы) служат их достаточно большие размеры ( $d = 2\text{--}17$  мм,  $L = 21\text{--}92$  мм) и наличие растительных остатков в порах, которые выделяются по серому цвету и волокнистой структуре. Характерно сохранение протяженности поры по мере изменения глубины. Также показателем диагностики фитогенных пор служит их ветвистость, которая может наблюдаться по ходу движения корня. Крупные поры ориентированы в одном направлении, а мелкие – в разных направлениях (прямо, перпендикулярно, по диагонали). Ветви отходят от основной оси (от простых каналов). Их протяженность сохраняется по мере изменения глубины.

Диагностическим признаком фитогенных пор на микроуровне («почвенный микромонолит») служат их большие размеры ( $d = 0.3\text{--}4$  мм;  $L = 2\text{--}14$  мм), вытянутая цилиндрическая форма каналов у наиболее крупных фитогенных пор и форма ветвящихся каналов у более мелких фитогенных пор. Фитогенные поры, идущие по трещинам, в отличие от пор-каналов, имеют четкие ровные границы. В простых фитогенных порах-каналах, в отличие от зоогенных, отсутствует минеральный материал и экскременты.

#### Литература

1. Абросимов К.Н., Герке К.М., Фомин Д.С., Романенко К.А., Корост Д.В. Томография в почвоведении: от первых опытов к современным методам (обзор) // Почвоведение. 2021. № 9. С. 1097–1112.

2. Отчет о научно-исследовательской работе FGUR-2024-0001 Определение закономерностей долгосрочного изменения агроэкологического и природоресурсного потенциала почв сельскохозяйственных и лесных экосистем таежной, степной и лесостепной природных зон на основе использования почвенных коллекций (промежуточный). М., 2024.

3. Скворцова Е.Б. Строение макро- и мезопор в целинных суглинистых почвах на европейской территории России // Почвоведение: аспекты, проблемы, решения. М.: Изд-во Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева, 2003. С. 397–425.

4. Суздалева А.В. Структура порового пространства в системе «почва – растение – микроорганизмы» (модельные эксперименты) / автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. М., 2022.

5. Шейн Е.В. Курс физики почв: Учебник. М: Изд-во Моск. ун-та, 2005. 432 с.

УДК 631.487

## ПОЧВЫ НА БЕЗВАЛУННЫХ ПЫЛЕВАТЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЛЕДНИКОВОЙ ЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)

А.А. Леонтьев<sup>1</sup>, Н.В. Мокиевский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>СПбГУ, Санкт-Петербург, festuka2@yandex.ru

<sup>2</sup>Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва, n.mokievskiy@bk.ru

Large-scale soil mapping in the Leningrad Region revealed sporadic texturally differentiated soils on atypical for glacial region, silt-rich parent material (>30 % coarse silt). Morphological and textural characteristics suggest a loess-like, aeolian origin, likely from Late Glacial deglaciation periglacial activity. These deposits, previously misclassified, form two-layered profiles and revise regional paleogeography.

Ленинградская область расположена в ледниковой зоне последнего (Валдайского) оледенения. На её территории доминируют почвы, сформированные на породах ледникового генезиса, включающие в себя флювиогляциальные, озёрно-ледниковые и моренные отложения, часто залегающие в форме двучленных наносов. Кроме того, встречаются аллювиальные отложения и торфяники.

При проведении крупномасштабного почвенного картографирования залежных территорий (Волосовский, Лужский, Бокситогорский районы Ленинградской области) были выявлены спорадические ареалы текстурно-дифференцированных почв, сформированных на нетипичных для ледниковой зоны отложениях, значительно отличающихся от прочих наносов по морфологическим свойствам и гранулометрическому составу. Среди свойств стоит выделить преобладание фракции крупной пыли (более 30 %), пористость, слабую дифференциацию морфологиче-

ских свойств в пределах толщи наноса, суглинистый гранулометрический состав. Совокупность данных признаков характерна для лёссового класса четвертичных пород и позволяет определить их как лёссоиды.

Данные отложения занимают различные положения в рельефе, плащеобразно перекрывая наносы ледникового генезиса (как правило, моренные или озёрно-ледниковые суглинки), формируя двучленные почвообразующие породы. Общая мощность крупнопылеватой толщи, как правило, не превышает 100 см. Описанные особенности залегания могут свидетельствовать об их эоловом происхождении. Обнаруженные нами отложения не отмечались исследователями ранее и классифицировались как озёрно-ледниковые суглинки, не смотря на морфологические отличия, а профиль почв не рассматривался как сформированный на двучленах.

Текстурно-дифференцированные почвы на описанных отложениях морфологически отличаются от их аналогов, сформированных в отложениях ледникового генезиса. Встречаются случаи, когда элювиальный горизонт сформирован в толще маломощных пылеватых отложений, а текстурный в толще подстилающих моренных или озёрно-ледниковых отложений. Наши наблюдения и литературные данные [1] дают повод предположить, что исследуемые наносы сформировались в период наибольшей эоловой активности в микропрогляциальных зонах при дегляциации 14 тыс. лет назад.

Таким образом, изученные пылеватые отложения позднеледниковья уточняют палеогеографию региона и требуют дальнейшего изучения с использованием методов абсолютного датирования.

#### Литература

1. Anna Hedeving, Fanny Ekström, Mark D. Johnson, Helena Alexanderson, Yunus Baykal & Thomas Stevens (04 Apr 2024): Thin loess in Southwestern Sweden, GFF, DOI: 10.1080/11035897.2024.2326208.

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

ПЛОТНОСТЬ ПОЧВ КАК ФАКТОР НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ  
В ОЦЕНКЕ УГЛЕРОД-ДЕПОНИРУЮЩЕЙ ФУНКЦИИ  
БИОГЕОЦЕНОЗОВ НА ПРИМЕРЕ УО ПЭЦ «ЧАШНИКОВО»

О.И. Манакова

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова  
oliamanakova@yandex.ru

Soil organic carbon (SOC) stocks are calculated using bulk density, which is a key source of uncertainty when assessing soil carbon sequestration. This paper analyses the influence of how bulk density values are obtained – either through field surveys or by deriving them from pedotransfer functions (PTFs) – on the resulting estimates of SOC stocks.

Изменение климата напрямую влияет на физические свойства почвы, и как следствие на углерод-депонирующую функцию почв. Однако плотность может вносить значительный вклад в общую неопределенность из-за своей изменчивости, обусловленной пространственной неоднородностью, сезонной динамикой и типом землепользования. Отсутствие полевых данных о плотности является распространенной проблемой, информация о ее естественной изменчивости необходима для точной оценки секвестрации углерода.

Для оценки недостающих значений плотности при расчете запасов гумуса часто используются педотрансферные функции (ПТФ). В работе были обследованы почвы УО ПЭЦ МГУ «Чашниково», где встречаются как естественные, так и антропогенно измененные ландшафты.

Цель исследования – сравнить оценки запасов гумуса (ЗГ) в почве (слой 0–30 см), основанные на полевых измерениях плотности почвы на 11 участках различных биогеоценозов, включая лесные массивы и сельскохозяйственные поля, с оценками, полученными с использованием ПТФ.

Было показано, что средние значений запасов гумуса, полученные при использовании полевых данных и данных, рассчитанных по ПТФ, значительно не отличаются для глубин 0–10, 10–20 и 20–30 см, даже при некотором завышении значений плотности во втором случае (рис.).

Таким образом, использование ПТФ при отсутствии данных о плотности почв допустимо, так как не приводит к значимым отклонениям в оценке запасов гумуса и позволяет проводить мониторинг без потери данных, в которых отсутствуют значения плотности.

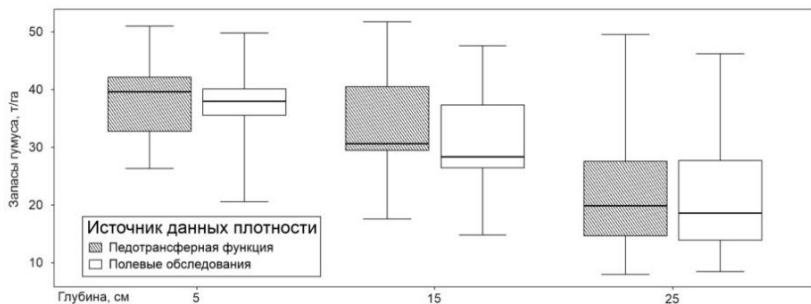


Рисунок. Средние запасы гумуса на 11 участках.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект № 25-46-10013.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. Ю.Л. Мешалкиной.

УДК 631.445.2

## МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОЛИГОНА ТВЁРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ г. ПЕРМИ

Н.С. Мерзляков

ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, nikita.merzliakov2007@yandex.ru

The paper presents a morphological description of sod-podzolic soils in the vicinity of the municipal solid waste landfill in Perm City. Information on soil morphology can significantly influence the planning of reclamation technologies.

Полигон твёрдых коммунальных отходов (ТКО) г. Перми занимает площадь 3800 м<sup>2</sup> и располагается в 3.3 км на северо-восток от ближайшего к нему населённого пункта (д. Софроны Пермского муниципального округа). Количество накопленных отходов на полигоне – свыше 6038 тыс. т (4 и 5 классов опасности), а расчётный срок эксплуатации – до 2029 года. Соответственно в ближайшем времени возникнет вопрос разработки технологии рекультивации нарушенных земель на полигоне и в его окрестностях. Для проведения рекультивационных мероприятий необходимо иметь представление о почвенном покрове в окрестностях полигона.

Цель исследования – провести морфологическую характеристику почв в окрестностях полигона ТКО.

Основание полигона составляют эллювиально-делювиальные грунты до 2 м, а также аргиллиты, алевролиты, песчаники. В пределах полигона развиты воды шешминского водоносного горизонта. Плотность водовмещающих грунтов в аргиллитах, алевролитах и песчаниках составляет до 36 м. Полигон расположен на возвышенной платообразной поверхности и имеет уклоны по всем экспозициям, с более пологим уклоном в юго-западном направлении. Преобладающими ветрами являются ветра юго-западного направления. На основании вышеперечисленного, заложено 2 разреза: на склоне северо-восточной экспозиции от полигона и в качестве фона – разрез на склоне западной экспозиции.

В окрестностях полигона произрастает смешанный лес – хвойно-мелколиственный. Состав древесной растительности образуют ель, пихта, береза, осина, рябина, черемуха, присутствуют папоротники, хвощ. Напочвенный покров различается. В северо-восточной части от полигона преобладают осока, лютик едкий, зеленые мхи; на склоне межбалочного водораздела в напочвенном покрове появляются кислица, звездчатка. Напочвенный покров фоновой почвы представлен растениями: щитовник, копытень, овсяница.

Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми почвами. Фоновая почва представлена дерново-неглубокоподзолистой тяжелосуглинистой на элювии коренных пород. Почвы в северо-восточной окрестности полигона по морфологическому описанию являются дерново-глубокоподзолистыми, сформированными на покровных суглинках. Они характеризуются легко- и тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. Мощность элювиальной части профилей почв варьирует в пределах 22–26 см. Профили изучаемых почв различаются по мощности их иллювиальной части. В фоновой дерново-подзолистой она составляет 44 см, а в почвах в северо-восточной окрестности от полигона – 51–69 см. Различается и мощность профиля в целом: фоновая – 106 см, в окрестностях полигона – 115–130 см.

Работа рекомендована д.б.н., проф. И.А. Самофаловой.

## МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ НОВОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТУРНЫХ КЛАССОВ ПОЧВ НА ОСНОВЕ ПЛАСТИЧНОСТИ

Д.Е. Митичкин

ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, Москва  
mitichkin\_de@soil.ru

Manual soil analysis methods were evaluated using plasticity characteristics as the main reference. Comparison with laboratory plasticity data shows that manual methods reproduce major texture classes but systematically mix adjacent ones. A revised plasticity-based classification with new threshold values improves the consistency of soil texture classification.

Полевые методы определения гранулометрического класса почв основаны на проявлении пластичных свойств, которые в первую очередь зависят от гранулометрического состава. При этом на пластичность почвы также влияют влажность образца в момент анализа, наличие включений, соотношение ионов натрия и кальция, содержание различных форм органического вещества и минералогический состав.

В существующем ГОСТе по определению пластичности почв существует несогласованность по текстурным классам почв, принятым в классификации Н.А. Качинского. В рамках работы была предпринята попытка решения этой несогласованности путём введения подклассов для суглинков как в классификации Н.А. Качинского (рис.).

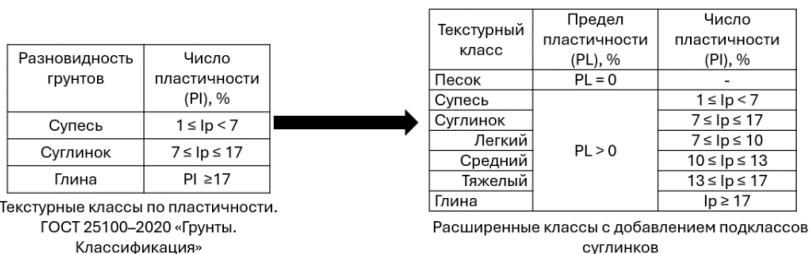


Рисунок. Адаптация классификации текстурных классов по пластичности (ГОСТ 25100–2020) к гранулометрическим классам по Н.А. Качинскому.

Этот подход показал неэффективность, так как результат классификации почв по параметру F1 показал низкую точность такой классификации по отношению к текстурным классам. Поэтому был применён метод поиска новых градаций классификации с использованием деревь-

ев решений и корректировки границы по значениям F1, такой подход позволил значительно улучшить результаты определения текстурных классов на основе пластичности.

Финансирование: НИР FGUR-2025-0005.

Работа рекомендована к.б.н., заведующим лабораторией цифровых двойников агроландшафтов ФИЦ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Д.С. Фоминым.

УДК 631.423.6:631.82

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ  
КАК КОМПЕНСАЦИОННЫХ МЕР ПО УВЕЛИЧЕНИЮ  
ПОГЛОЩЕНИЯ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АГРОЭКОСИСТЕМАХ  
КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА «ЧАШНИКОВО»

Е.Д. Морозова, Е.Н. Деревенец

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
katemorozova0519@gmail.com

The potential of agroecosystems in the Chashnikovo carbon polygon to enhance CO<sub>2</sub> absorption through perennial crop cultivation was assessed. The results indicate that *Miscanthus giganteus* combines high biomass productivity with relatively low CO<sub>2</sub> emissions, underscoring its suitability for soil recarbonization initiatives.

В условиях глобальных климатических изменений возрастает роль адаптивных агротехнологий, направленных на секвестрацию атмосферного углерода и снижение выбросов парниковых газов. Агроэкосистемы обладают значительным потенциалом накопления углерода, в том числе за счёт внедрения многолетних высокопродуктивных культур. Одним из перспективных направлений является интродукция многолетних высокопродуктивных травянистых культур, в частности мискантуса гигантского (*Miscanthus x giganteus* JM Greef & Deuter ex Hodk. & Renvoize), отличающегося высокой продуктивностью, адаптивностью и способностью более эффективно поглощать углерод из атмосферы и депонировать его в биомассе и корневой системе. В рамках данного исследования проводится сравнительная оценка потенциала накопления углерода мискантуса гигантского и многолетних злаковых трав.

Целью данной работы является исследование потоков углерода в агроэкосистемах карбонового полигона «Чашниково» при возделывании многолетних травянистых культур.

В вегетационный период 2024–2025 гг. исследована эмиссия  $\text{CO}_2$  агродерново-подзолистыми почвами карбонового полигона «Чашниково» (Московская область) под многолетними травами и мискантусом. Измерения проводились статистическим камерным методом с использованием ЦКП «Карбоновая долина» с одновременной регистрацией гидротермических показателей. Интенсивность дыхания почвы и содержание  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе зависят от температуры и влажности почвы, уровня почвенно-грунтовых вод, от роста надземной и корневой массы растений.

В 2024 г. суммарная почвенная эмиссия  $\text{CO}_2$  под многолетними травами составила  $927.6 \text{ г С м}^{-2}$ , под мискантусом –  $835.9 \text{ г С м}^{-2}$ ; в 2025 г. под многолетними травами она увеличилась в 1.1 раза, тогда как под мискантусом снизилась в 1.3 раза. Пики эмиссии под мискантусом отмечались в июне–июле 2024 г. и в июле 2025 г., под многолетними травами – в июне и июле–августе. Мискантус гигантский накапливает углерода в 2.6–3 раза больше, чем выделяется из почвы, в то время как у многолетних трав почвенная эмиссия преобладает над фиксацией углерода в растениях в 1.3 раза.

Таким образом, мискантус способен давать значительный прирост биомассы, но в то же время вносить относительно небольшой вклад в эмиссию  $\text{CO}_2$  почвами по сравнению с многолетними травами. Такие свойства мискантуса делают его перспективной культурой для реализации мер по увеличению поглощения парниковых газов в агроэкосистемах.

Работа рекомендована к.б.н., с.н.с. А.С. Сорокиным.

УДК 631.4

## ЭКОСИСТЕМНЫЕ ФУНКЦИИ БОЛОТНЫХ ПОЧВ

А.В. Нарьжная

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
anastacianaryzhnaya@yandex.ru

The work summarizes the ecosystem functions of peat soils – a key component of the biosphere. Based on the classification by Dobrovolsky and Nikitin, lithospheric, hydrospheric, atmospheric, and general biospheric functions are distinguished. Peat soils regulate the climate through the carbon cycle, shape the water balance, and serve as a geochemical barrier.

В работе представлен комплексный анализ экосистемных функций болотных почв – уникального компонента биосферы, играющего критически важную роль в глобальных процессах. На основе классификации Г.В. Добровольского и Е.Д. Никитина проведена систематизация функций почв по четырём ключевым направлениям (рис.).

Выделены и детально охарактеризованы литосферные (защитная и стабилизирующая роль торфяной толщи, процессы оглеения, формирование полезных ископаемых), гидросферные (регуляция водного баланса, трансформация состава вод, сорбционная очистка), атмосферные (регуляция газового состава через циклы углерода и других парниковых газов, влияние на тепло- и влагооборот) и общебиосферные функции (формирование уникальной среды обитания, аккумуляция вещества и энергии, роль связующего звена в круговоротах веществ).

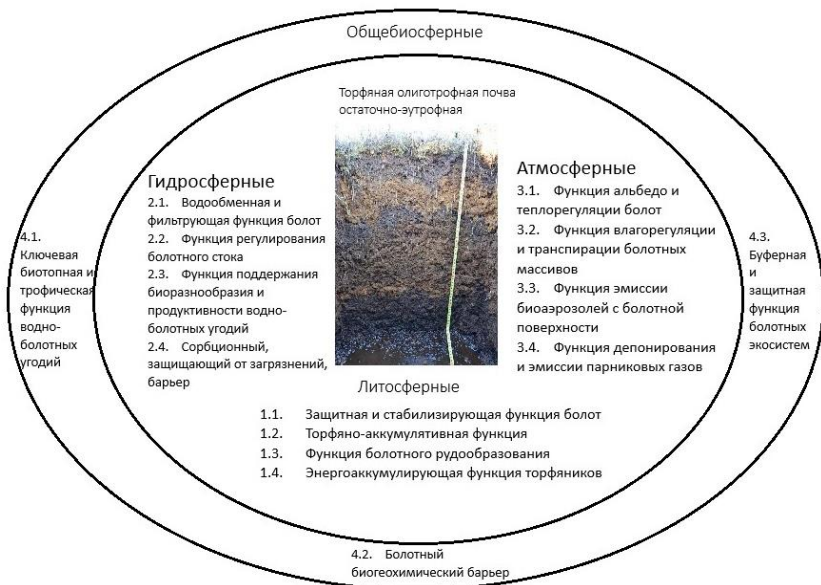


Рисунок. Схема функций болотных почв по Г.В. Добровольскому и Е.Д. Никитину (автор фото – С.В. Лойко).

Исследование демонстрирует, что, несмотря на ограниченную площадь распространения, болотные почвы выполняют незаменимую роль в поддержании устойчивости биосферы, регуляции климата и сохранении биоразнообразия.

Работа рекомендована к.г.н., доц. М.А. Смирновой.

УДК 631.4

## ЭРОЗИЯ И САМОВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАХОТНЫХ ЧЕРНОЗЁМОВ В БАССЕЙНЕ р. ОЛЫМ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

А.Д. Нестеров

ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Москва  
Nesterovad@my.msu.ru

Water erosion and self-restoration of arable Chernozems in the Olym River basin, Kursk region. The study, based on magnetic tracer and WaTEM/SEDEM modeling, shows that erosion rates reach 9.6 t/ha/yr on steep slopes, but are compensated by soil self-restoration at a rate of  $0.4 \pm 0.1$  mm/yr, maintaining soil stability.

Целью исследования была количественная оценка темпов эрозии почв и способности чернозёмов к самовосстановлению в лесостепной зоне на восточном макросклоне Среднерусской возвышенности. Изучены склоны северной и южной экспозиций с длительностью распашки около 150 и 250 лет. Возраст освоения определён на основе анализа архивных картографических материалов: Плана генерального межевания (конец XVIII в.) и трёхверстной карты Шуберта (середина XIX в.).

Для оценки эрозии применены два независимых метода: математическое моделирование (WaTEM/SEDEM) [2] и метод магнитного трассера на основе учета сферических магнитных частиц (СМЧ) [1].

Результаты, полученные обоими методами, согласуются между собой. Средние темпы эрозии почв на склонах составили 5.0–9.6 т/га·год. Оба метода выявили четкую зависимость интенсивности эрозии от морфологии склонов. На водоразделах с минимальными уклонами темпы смыва были наименьшими. В нижних частях склонов с максимальной крутизной они достигали 9.6 т/га·год. Возраст распашки и экспозиция склона не оказали статистически значимого влияния; решающими факторами стали морфометрические параметры склонов. На основе усредненных темпов эрозии была реконструирована ожидаемая мощность гумусово-аккумулятивных горизонтов (A1+A1B). Сравнение с полевыми измерениями выявило систематическое превышение наблюдаемых значений над смоделированными на 9 см. Это расхождение объясняется процессами почвенного самовосстановления. Расчетная скорость самовосстановления составила  $0.4 \pm 0.1$  мм/год.

Таким образом, несмотря на значительные темпы эрозии, почвенный покров не проявляет признаков существенной деградации. Ба-

ланс между эрозионным выносом и скоростью самовосстановления поддерживает стабильность почвенных свойств.

#### Литература

1. Жидкин А.П., Геннадиев А.Н., Кошовский Т.С., Чендев Ю.Г. Пространственно-временные параметры латеральной миграции твердофазного вещества почв (Белгородская область) // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2016. № 3. С. 9–17.

2. Van Rompay, A., Verstraeten, G., Van Oost, K., Govers, G., Poesen, J. Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach // Earth Surface Processes and Landforms. 2001. V. 26. No. 11. P. 1221–1236.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-17-00071-П.

Работа рекомендована в.н.с., к.г.н. А.П. Жидкиным.

УДК 631.417

### ЗАВИСИМОСТЬ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ВЫХОДА И ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛОК ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ ОТ ПРОЦЕДУРЫ ВЫДЕЛЕНИЯ

С.А. Огородняя<sup>1</sup>, Н.М. Горбач<sup>2</sup>, И.И. Григорьева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва,

<sup>2</sup>Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар  
ogorodniaia\_sa@esoil.ru

The research is dedicated to studying of optimal conditions for dissolved organic matter extraction from forest litter samples for further optical properties investigation. Ratio litter: water equal to 1:25 and shaking of mixture during 8 hours are revealed as the best way for dissolved organic matter extraction.

Растворенное органическое вещество (РОВ) является наиболее динамичной составляющей почвенного органического вещества. Оно играет ключевую роль в лесных экосистемах, где основным источником органического вещества являются лесные подстилки, из которых оно мигрирует в нижележащие горизонты. Таким образом, изучение РОВ лесных подстилок актуально при исследовании процессов миграции, трансформации и накопления почвенного органического вещества в

бореальных ландшафтах. Однако нет единой схемы выделения РОВ из подстилочного материала, не стандартизованы такие параметры как соотношение «подстилка: вода», время экстракции, условия фильтрации и т.д., что затрудняет сопоставление результатов, получаемых разными исследовательскими группами. В связи с этим актуально установление зависимости состава и строения РОВ от соотношения «подстилка: вода» и времени экстракции.

В данной работе исследовалось влияния разных соотношений «подстилка: вода» (1:10, 1:25, 1:50 и 1:100) и разного времени экстракции (1, 2, 4, 8, 16, 24 и 48 ч) для подгоризонтов подстилок L, F и H подзолистых почв, сформированных в ельнике черничном на территории Республики Коми, на содержание и оптические свойства РОВ. Спектры поглощения получены на спектрофотометре Shimadzu UV-1800, матрицы флуоресценции – на спектрофлуориметре Shimadzu RF-6000. Для оценки содержания растворенного органического углерода сравнивались величины поглощения при длине волны 254 нм ( $a_{254}$ ), качественный состав описан по пикам Coble, рассчитанным по матрицам флуоресценции [1].

Через 8 часов количество экстрагируемого РОВ не изменялось, при этом спустя 16 часов доля протеиноподобных флуоресцирующих компонентов РОВ начала снижаться, что может быть результатом процессов микробного разложения.

Согласно полученным результатам, оптимальное выделение РОВ обеспечивается при соотношении «подстилка: вода» 1:25 и времени взаимодействия 4–8 часов. При предложенном подходе в вытяжку экстрагируется наибольшее количество органического вещества, а его качественный состав наиболее разнообразен.

#### Литература

1. Pucher M., Wunsch U., Weigelhofer G., Murphy K., Hein T., Graeber D. staRdom: Versatile Software for Analyzing Spectroscopic Data of Dissolved Organic Matter in R // Water. 2019. Vol. 11, No 11. P. 2366.

Работа рекомендована зав. лаб. органического вещества и биохимии почв Почвенного институт им. В.В. Докучаева, д.с.-х.н., проф. РАН, В.А. Холодовым.

The respiration rate in residential soils depends on the organic matter content and varies significantly across different types of urban soils.

Целью нашей работы было определение интенсивности почвенного дыхания в разных типах почв жилых районов г. Перми. Исследовали наиболее часто встречающиеся в жилых районах поверхностные горизонты почв и техногенные поверхностные образования (ТПО). Обозначения и названия горизонтов даны в соответствии с современными российскими подходами к классификации городских почв [3, 6, 7]. Все исследованные поверхностные горизонты объединили в группы: минеральные природные горизонты урбопочв (в основном парков и скверов); АУ – серогумусовые горизонты природных серогумусовых почв (долины малых рек города); АУ<sub>ur</sub> – серогумусовые горизонты урбостратоземов и урбопочв, сформированные за 60–70 лет в относительно не подверженных антропогенному воздействию местах, типа пришкольных участков или пустырей за отдаленно стоящими домами, на почвогрунтах без дополнительного внесения органики; RT и RAT – рекультивационные органогенные горизонты газонов (преимущественно квазиземов торфяных); ТСН – техногенные почвогрунты с площадок после сноса старых домов и чистые привозные рекультивационные почвогрунты, преимущественно суглинистые; W – слабо развитые гумусовые горизонты, сформированные на поверхности литостратов при самозаращении почвогрунтов рудеральной растительностью после сноса домов за 6–8 лет. В образцах почв определили: рН<sub>Н2О</sub> – потенциметрически; содержание органического углерода – мокрым сжиганием по Тюрину [4]; базальное почвенное дыхание – по Галстяну, титрованием не прореагировавшей с СО<sub>2</sub> щелочи кислотой [5]; субстрат индуцированное дыхание – по методу Галстяна после инкубирования с глюкозой из расчета 10 мг глюкозы на 1 г почвы [1, 2].

Реакция среды была, преимущественно, нейтральной в горизонтах RT, АУ, АУ<sub>ur</sub> и минеральных, слабощелочной в ТСН и W. Содержание органического углерода варьировало от очень высокого (RT, до 17 %) до очень низкого (минеральные горизонты погребённых почв и техногенные почвогрунты, 1–2 %). В горизонтах АУ<sub>ur</sub> содержание Сор<sub>г</sub> было в среднем около 4 %.

Максимальная интенсивность базального и субстрат-индуцированного дыхания зафиксирована в рекультивационных торфяных горизонтах RT (в среднем 1.4/7.8 мг CO<sub>2</sub>/100 г почвы за 24 ч., соответственно), минимальная – в техногенных горизонтах ТСН и минеральных горизонтах естественных почв (0.7/4.5 мг CO<sub>2</sub>/100 г за 24 ч., соответственно). В техногенных горизонтах ТСН интенсивность дыхания несколько ниже, чем в минеральных горизонтах естественных зональных почв. Интенсивность дыхания в молодых слаборазвитых гумусовых горизонтах W и серогумусовых горизонтах AYur, сформировавшихся в городе в течение 60–70 лет без дополнительного внесения рекультивационных смесей, сопоставимы с интенсивностью эмиссии CO<sub>2</sub> серогумусовыми горизонтами природных почв (базальное дыхание (БД) – в среднем около 1 мг CO<sub>2</sub>/100 г почвы за 24 ч). Интенсивность почвенного дыхания в рекультивационных органогенных горизонтах RT достоверно превышает показатели, характерные для зональных почв (1.43/0.99 мг CO<sub>2</sub>/100 г за 24 ч., соответственно). В этом есть как плюсы, так и минусы для экологии города. С одной стороны, быстрая минерализация органики в аэробных городских условиях служит дополнительным источником эмиссии CO<sub>2</sub> в атмосферу. С другой стороны, высокая биологическая активность будет способствовать деградации разнообразных загрязнителей, попадающих в почву в городе.

#### Литература

1. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв // Рос. акад. наук. Ин-т физ.-хим. и биол. пробл. почвоведения. – Москва: Наука, 2003. – 222 с.
2. Каменщикова В.И., Еремченко О.З., Шестаков И.Е. Биохимическая активность почв г. Перми // Вестник ПГУ. Биология. 2011. № 2.
3. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
4. Минеев В. Г., Сычев В. Г., Амелянчик Т. Н. [и др.] Практикум по агрохимии // Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. Под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
5. Почвоведение. Теория и практика лабораторных работ. учеб. пособие / сост. О.З. Еремченко, Р.В. Кайгородов, И.Е. Шестаков, Л.А. Чудинова; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2014. 95 с.
6. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С., Бахматова К.А., Гольева А.А., Горбов С.Н., Жарикова Е.А., Матинян Н.Н., Наквасина Е.Н., Сивцева Н.Е. Введение почв и почвоподобных образований

городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение, 2014. № 10. С. 1155–1164.

7. Хитров Н.Б., Герасимова М.И. Диагностические горизонты в классификации почв России: версия 2021 г. // Почвоведение. 2021. № 8. С. 899–910.

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

УДК 633.358:631.95:632.51(476)

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ  
НА СТРУКТУРУ СОРНЫХ ЦЕНОЗОВ ГОРОХА ПОСЕВНОГО  
В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Е.В. Пенязь, Е.О. Сеньковский

РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский р-н,  
Республика Беларусь, peniaz.k1986@mail.ru

The article presents the results of research on the species composition of weeds in pea crops depending on the type of soil in the conditions of the Republic of Belarus.

В Республике Беларусь горох посевной *Pisum sativum* L. spp. *sativa* является широко распространенной зернобобовой культурой. Величина потерь зерна гороха и снижения вегетативной массы при засорении посевов может достигать 75–80 % и более.

Исследования по определению видового состава сорных растений на разных типах почв в посевах гороха посевного выполняли в период 2024–2025 гг. в производственных условиях, а также на опытном поле РУП «Институт защиты растений».

Важную роль в засорении посевов культуры имеет обработка почвы, тип почвы и предшественник. В условиях опытного поля РУП «Институт защиты растений» при возделывании гороха на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, предшественник – озимая пшеница. Обработка почвы включала зяблевую вспашку и предпосевную культивацию. В условиях ОАО «Смолевичи Бройлер» Смолевичского района при возделывании культуры на торфяно-болотной почве, предшественник – озимая пшеница. Обработка почвы минимальная безотвальная, включающая дискование (табл.).

Таблица. Засоренность посевов гороха посевного  
(с. Презент, 2024–2025 гг.).

Группа сорных растений	Количество сорняков по типам почв, шт./м <sup>2</sup>			
	дерново-подзолистая		торфяно-болотная	
	2024 г.	2025 г.	2024 г.	2025 г.
Всего:	100	100	100	100
Однолетних	100	100	53.9	51.1
в т.ч. двудольных	84.1	93.6	43.1	13.1
Злаковых	15.9	6.4	10.8	38.0
Многолетних	–	–	46.1	48.9
в т.ч. двудольных	–	–	32.2	9.1
Злаковых	–	–	13.9	39.8

При изучении структуры доминирования сорных растений на разных типах почв было установлено, что на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве видовой состав сорных растений в посевах гороха посевного представлен однолетними двудольными и злаковыми сорными растениями. На торфяно-болотной почве видовой состав сорных растений в посевах гороха состоял из однолетних и многолетних двудольных, однолетних и многолетних злаковых.

Работа рекомендована д.с.-х.н., доц., директором РУП «Институт защиты растений» А.А. Запрудским.

УДК 631.46

СВЯЗЬ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВЫ И ПОЧВЕННЫХ ВОД  
С БАЗАЛЬНЫМ ДЫХАНИЕМ МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ  
В УСЛОВИЯХ ОСУШЕННОГО ТОРФЯНИКА  
(НА ПРИМЕРЕ ТАРМАНСКОГО БОЛОТНОГО МАССИВА)

Е.С. Плотникова

Институт лесоведения РАН, с. Успенское, Россия

baikalogin@gmail.com

Peatland drainage affects soil microbial communities, thereby influencing organic matter mineralization and soil productivity. This study examines basal respiration ( $V_{BR}$ ) in drained peatland sites under different land-use types and its relationship with edaphic and hydrochemical factors.

Осушение торфяников приводит к существенным изменениям углеродного цикла и гидрохимических условий почв, что существенно

влияет на микробное сообщество. Цель работы – оценить взаимосвязь характеристик почвы и почвенных вод с базальным дыханием на осушенных участках эвтрофного торфяного болота с разными типами землепользования.

Почвенные образцы отбирали на пяти участках Тарманского болотного массива (Тюменская область), осушенного в 1960–1970-е гг.: (1) вторично-заболоченный луг, *Sapric Drainic Histosol*; (2) сухой луг, *Sapric Drainic Histosol*; (3) сенокосный луг, *Drainic Histosol*, *Drainic Gleysol*; (4) участок зарастания березовым лесом, *Sapric Drainic Histosol*; (5) луг с ненарушенной торфяной залежью, *Sapric Drainic Histosol*. На участках 1, 2, 4 после осушения велась добыча торфа. Запасы торфа на участке 3 изначально были забалансовыми, и он использовался в сельскохозяйственных целях. Участок 5 был осушен, но хозяйственная деятельность после осушения не велась. Остаточная мощность органогенных горизонтов на участках 2, 3  $\leq 20$  см, на участке 1 порядка 50 см, на участке 4 – 70–110 см, на участке 5 – порядка 100 см. Пробы отбирали с горизонтов 0–10, 10–20 и 20–30 см.  $V_{BR}$  определяли по эмиссии  $CO_2$  после 7-дневной инкубации образцов, увлажненных до 90 % НВ при 20 °С. Дополнительно определяли  $pH_{H_2O}$  (ГОСТ 26423-85 [1]), содержание азота (TN), содержание общего углерода (ТС, высокотемпературное каталитическое окисление vario TOC cube (Elementar, Германия), доли органического (SOC) и неорганического (SIC) углерода (пересчет данных LOI (потерь при прокаливании) [4]), а также ряд гидрохимических параметров почвенных вод (общий растворенный азот (TNb), растворенный неорганический (DIC) и органический (DOC) углерод (высокотемпературное каталитическое окисление [3]),  $HCO_3^-$  (потенциометрическое титрование [2]). Содержание SOC определяли по разнице между общим содержанием элемента и его содержанием в виде неорганических соединений.

По результатам лабораторных инкубаций на всех участках  $V_{BR}$  снижалось с глубиной. Минимальные значения наблюдались на сухом лугу (1.85–28.39 мкг С- $CO_2$ /г·сут), на сенокосных лугах микробная активность занимала промежуточные значения (2.91–71.87 мкг С- $CO_2$ /г·сут) и снижалась с глубиной слабее. На вторично-заболоченном лугу диапазон  $V_{BR}$  был шире (6.4–142.56 мкг С- $CO_2$ /г·сут), а в лесных почвах микробная активность оставалась высокой во всем исследуемом слое (76.6–224.66 мкг С- $CO_2$ /г·сут). На участке (5) наблюдалось немонотонное профильное распределение  $V_{BR}$ , включая стабилизацию или небольшое увеличение активности в нижних горизонтах (68.12–236.39 мкг С- $CO_2$ /г·сут).

Корреляционный анализ показал сильную положительную связь  $V_{BR}$  с содержанием SOC ( $r_s = 0.91$ ) и TN ( $r_s = 0.90$ ), а также отрицательную – с  $pH_{H_2O}$  ( $r_s = -0.75$ ) и SIC ( $r_s = -0.77$ ). Помимо эдафических характеристик, значимую роль играют гидрохимические показатели почвенных вод:  $V_{BR}$  положительно коррелировал с TNb ( $r_s = 0.83$ ), DOC ( $r_s = 0.82$ ) и  $P_{CO_2}$  ( $r_s = 0.72$ ), и отрицательно – с DIC ( $r_s = -0.66$ ) и  $HCO_3^-$  ( $r_s = -0.65$ ).

Таким образом, гидрохимические характеристики почвенных вод, как и эдафические факторы тесно связаны с интенсивностью базального дыхания в осушенных торфяниках, что свидетельствует об их информативности для оценки микробной активности.

#### Литература

1. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартиформ, 2011. – 6 с.

2. ГОСТ 31957-2012. Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов. М.: Стандартиформ, 2013. 24 с.

3. ПНДФ 14.1:2:3:4.279-14. Количественный химический анализ вод. Методика определения органического углерода и общего азота в питьевых, природных и сточных водах методом высокотемпературного окисления с использованием анализаторов углерода и азота. М., 2014. 19 с.

4. Heiri O., Lotter A. F., Lemcke G. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results // *Journal of Paleolimnology*. 2001.; Vol. 25. P. 101–110.

Исследование выполнено при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-77-10012.

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

УДК 614.84:631.4

### ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ФОТОСИНТЕЗА И МИНИМИЗАЦИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ

Т.В. Проценко, Г.Х. Самигуллин

Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной  
службы МЧС России, 89236213028@mail.ru

Large-scale landscape fires cause carbon dioxide emissions and reduce ecosystem carbon sequestration. Ecosystem recovery is controlled by

soil water regime affecting photosynthetic activity. Buffer aqueous solutions promote soil functionality restoration and carbon balance stabilization.

Крупномасштабные ландшафтные пожары формируют значительный углеродный след, обусловленный прямыми выбросами диоксида углерода при горении и снижением способности экосистем к его последующему поглощению [1]. В результате пожаров нарушается структура почв, изменяется водно-воздушный режим и снижается биологическая продуктивность, что приводит к утрате экосистемами функции естественного регулятора углеродного баланса [2].

В период восстановления экосистем после пожаров определяющим фактором возобновления их функций является водный режим. Доступность воды в почвенном профиле определяет темпы восстановления растительного покрова, интенсивность фотосинтеза и способность растений к связыванию атмосферного углерода, выступая ключевым лимитирующим фактором устойчивого функционирования экосистем.

Фотосинтез рассматривается как базовый природный механизм компенсации углеродных выбросов, обеспечивающий переход экосистемы от состояния источника углерода к состоянию его поглотителя [3]. При благоприятном водном режиме наблюдается возобновление фотосинтетической активности и ускоренное накопление биомассы в условиях восстановления экосистем после пожаров.

Эффективность восстановления растительного покрова определяется состоянием почв, прежде всего порозностью, отражающей соотношение твердой, жидкой и газовой фаз. После пожаров изменения порозности носят неоднородный характер и зависят от типа почвы, формируя условия водо- и газообмена в корнеобитаемом слое [4].

Существенное влияние на восстановление экосистем оказывает характер применяемых огнетушащих средств. Использование поверхностно-активных веществ может приводить к нарушению структуры почвенного порового пространства и ухудшению водно-воздушного режима.

Применение буферных водных растворов является экологически более предпочтительным, поскольку обеспечивает стабилизацию pH почвенного раствора без нарушения фазового соотношения в почве и токсического воздействия на почвенную биоту. Это способствует ускоренному восстановлению фотосинтетической активности и снижению суммарного углеродного следа территорий, подвергшихся воздействию пожаров.

#### Литература

1. Werf G.R., Randerson J.T., Giglio L., Collatz G.J., Mu M., Kasibhatla P.S., Morton D.C., DeFries R.S., Jin Y., van Leeuwen T.T. Global fire

emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires // *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2010. Vol. 10. P. 11707–11735.

2. Certini G. Effects of fire on properties of forest soils: a review // *Oecologia*. 2005. Vol. 143. P. 1–10.

3. Amiro B.D., Barr A.G., Black T.A., Iwashita H., Kljun N., McCaughey J.H., Morgenstern K., Murayama S., Nesic Z., Orchansky A.L., Saigusa N. Fire carbon emissions, carbon uptake, and net ecosystem carbon balance after wildfire in the Canadian boreal forest // *Global Change Biology*. 2010. Vol. 16. P. 1152–1170.

4. Максимова Е.Ю., Быкова Г.С., Абакумов Е.В. Характеристика физических свойств послепожарных почв // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2014. Т. 16, № 5. С. 51–56.

Работа рекомендована д.х.н., проф. Г.К. Ивахнюком.

УДК 631.437

## ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КАМЕНИСТЫХ ПОЧВ

М.Р. Романчук

Санкт-Петербургский государственный университет,  
st098056@student.spbu.ru

The study is devoted to assessing the applicability of geophysical methods for detecting anthropogenic inclusions in urban soils. The electro-physical properties of highly rocky soil were studied on a natural analogue of urban soil. A layer with a high content of stony inclusions is clearly detected both on radar images and by measuring electrical resistivity.

Городские почвы (урбостратоземы) по определению содержат значительное (не менее 10 %) количество антропогенных включений, представленных в основном строительным мусором (обломки кирпича, бетона, гвозди и т.д.). Эти компоненты могут залегать в профиле разрозненно или сплошным слоем, создавая барьер для корневых систем. В городской среде важно выявлять такие прослои, по возможности, используя неинвазивные методы. Работа посвящена оценке применимости геофизических методов для выявления антропогенных включений в городских почвах. Для отработки методики была использована природная почва (карболитозем темногумусовый), близкая по ряду характеристик к городской почве: с высоким содержанием каменистых включений и близким (на глубине 40–60 см) подстилением плотным слоем из-

вестняка. Разрез был заложен в Ленинградской области на территории учебно-научной базы СПбГУ «Саблинская». Профильные измерения удельного электрического сопротивления проведены с использованием прибора LandMapper ERM-01. Георадиолокационная съемка производилась георадаром ОКО-3 (ООО «Логические системы», Россия) с экранированной антенной с частотой зондирующих импульсов 900 МГц.

Полученные результаты свидетельствуют, что при близком залегании плотного слоя к поверхности оба использованных метода позволяют четко определить его местоположение. На радарограммах гумусовый горизонт, имеющий мощность 15–18 см, плохо различим. Ниже, до отметки 30–40 см идет слой, характеризующийся более «разбитой» волновой картиной, с обилием дифракций, что может соответствовать элювию известковой плиты. В районе отметки 30–40 см появляется первое яркое отражение от субгоризонтальной границы, которое, по-видимому, формируется от кровли плитчатого известняка. Ниже, до отметки 60 см появляется несколько ярких субгоризонтальных границ. Последнее яркое отражение фиксируется на глубине 60 см, ниже отражающих горизонтов не прослеживается, что может свидетельствовать о массивной текстуре нижележащей породы (известняка). По результатам измерения прибором LandMapper, нижние горизонты с высоким содержанием каменных включений выделяются увеличением электрического сопротивления в 2–3 раза относительно гумусовых горизонтов.

Таким образом методы измерения электрического сопротивления почвы и георадиолокации применимы для выявления плотного слоя в почве при условии его близкого залегания к поверхности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 25-24-00375.

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

УДК 631.432

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАПАСОВ ВЛАГИ В ПОЧВЕ ПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ РЕСПУБЛИКИ ТЫВА

О.Б. Салчак, С.О. Шалык

Тувинский государственный университет город Кызыл  
sonzagay99@99mail.ru, sajkatsalyk083@gmail.com

The paper presents an analysis of moisture reserves in the soils of pasture land in the Republic of Tuva. The highest amount of moisture reserves was found in the pastures of Tes-Khem District, followed by Piy-Khem District, and the lowest amount was found in Erzin District.

Запасы влаги в почве на пастбищах являются ключевым фактором продуктивности и устойчивости травяного покрова, влияющим на кормовую базу сельскохозяйственных животных. Целью работы – сравнительный анализ запасов почвенной влаги на пастбищных угодьях Республики Тыва.

В начале июня в пастбищных угодьях Эрзинского, Пий-Хемского и Тес-Хемского районах были взяты образцы почвы с помощью бура. Образцы извлекались послойно, с шагом 10 см по глубине почвенного профиля. Влажность почвы определяли в НИЛ «Агромониторинг».

Таблица. Влажность почвы и запасы влаги в почвах пастбищ.

Горизонт	Влажность почвы, %			Запасы влаги, м <sup>3</sup> /га		
	Тес-Хемский	Эрзинский	Пий-Хемский	Тес-Хемский	Эрзинский	Пий-Хемский
0–10	32.04	1.10	10.86	356	13	121
10–20	18.29	1.89	12.12	421	45	269
20–30	10.36	85.41	11.27	373	35	406
30–40	7.95	3.07	7.19	398	160	354
40–50	12.10	2.22	4.49	756	150	276

Результаты исследований показали, что запасы влаги с глубиной почвенного профиля в Тес-Хемском районе увеличиваются с 356 м<sup>3</sup>/га в 10 см слое до 756 м<sup>3</sup>/га в 50 см слое. Такая же тенденция отмечается в почвах пастбищ Эрзинского района. В Пий-Хемском районе несколько другая картина. В верхнем до 10 см слое почвенного профиля запасы влаги составляли 121 м<sup>3</sup>/га, в слое 20–30 см запасы влаги увеличиваются до 406 м<sup>3</sup>/га, при достижении глубины до 40–50 см запасы влаги уменьшаются до 276 м<sup>3</sup>/га. Если сравнить запасы влаги почв пастбищ 3 районов, то в Эрзинском районе отмечаются самые низкие показатели влажности почвы.

Таким образом, наибольшие запасы влаги в почвах пастбищ отмечаются в Тес-Хемском районе 356–756 м<sup>3</sup>/га, наименьшие 13–150 м<sup>3</sup>/га – в Эрзинском районе Республики Тыва.

Работа рекомендована к.б.н. С.О. Канзываа.

This article studies the change in temperature at different depths in soybean and lathyrus crops. The study found that the surface layers of the soil show the greatest temperature fluctuations, which depend on the type of crop and soil.

На учебно-опытном поле (УОП) Ботанического сада ТувГУ (г. Кызыл) и учебно-опытных полях с. Балгазын (99 км. от г. Кызыла) были изучены изменения температуры почвы на разной глубине.

Исследования изменения температуры почв проводились на 3 разных глубинах: 5, 10 и 15 см.

Почвы исследуемых участков: УОП Ботанического сада ТувГУ имеет светло-каштановые супесчаные, маломощные почвы, у УОП с. Балгазын темно-каштановые суглинистые почвы, предназначены для выращивания сои *Glycine max* и для выращивания чины *Lathyrus*. Результаты исследования представлены в таблице.

Таблица. Изменение температуры почвы.

Глубина, см	Температура почвы, °С			
	УОП Ботанического сада ТувГУ		УОП с. Балгазын	
	Соя	Чина	Соя	Чина
5	41.8	33.7	20.5	22.0
10	27.4	28.9	17.0	18.4
15	22.7	24.1	12.3	13.5

По мере увеличения глубины почвенного горизонта наблюдается постепенное снижение температуры в исследуемых зонах. Однако разница между культурами становится менее выраженной на больших глубинах (10 и 15 см), что свидетельствует о выравнивании температурных показателей на значительных глубинах независимо от типа почвы.

Среднемесячные метеорологические показатели за август на УОП Ботанического сада ТувГУ составили: температура воздуха +24.5 °С и сумма атмосферных осадков 10.7 мм. Данные значения достоверно превышают климатические нормы, зафиксированные на УОП в с. Балгазын, где средняя температура за аналогичный период достигла +22.7 °С, а количество осадков – 7.7 мм.

Таким образом, поверхностные слои почвы показывать наибольшие колебания температуры, зависящие от разновидности культур и почв. На глубоких слоях (от 10 до 15 см) температура почв становится более стабильной и близкой друг другу вне зависимости от типа культуры и почвы.

Выводы: 1) Различия в средних показателях температуры почв в УОП Ботанического сада ТувГУ и УОП с. Балгазын обусловлены географическими и климатическими факторами. 2) На поверхностный режим влияют также влажность, структура и цвет покрова (почв).

Работа выполнена в рамках госзадания № 075-03-2025-399/4 по теме «Разработка адаптивной технологии возделывания зернобобовых кормовых культур в условиях Республики Тыва»

Работа рекомендована ст. преп. кафедры агрономии Б.В. Санчай-оол.

УДК 631.47

## ПОЧВЫ ОКОЛО ОЗЕРА ДУС-ХОЛ

Б.В. Санчай-оол

Тувинский государственный университет, bele.san@mail.ru

Abstract: Soils in the coastal zone of Lake Dus-Khol (Tyva Republic) were investigated and identified as highly saline chloride solonchaks. To enhance the state of these natural pastures, the implementation of reclamation measures for desalinization is recommended.

В 45 км южнее г. Кызыла в Тандинском районе Республики Тыва располагается оз. Дус-Хол (Сватиково). Озеро расположено в бессточной котловине, приподнятой на 100–110 м над базисом дренажа (р. Енисей). Котловина площадью около 300 км<sup>2</sup> вмещает 11 солёных озёр и обрамлена низкогорьями: на юге – расчленённые отроги хр. Восточный Танну-Ола (до 1278 м), на севере – сглаженные холмы с развитыми песчаными массивами (до 1088 м).

Климатические условия характеризуются господством северо-западных и западных ветров. Ветровой режим отличается высокой сезонной контрастностью: весенний период сопровождается пыльными бурями со скоростью ветра до 34 м/с, тогда как среднемноголетний показатель составляет 1.7 м/с. Гидрологическая сеть крайне слаба. Питание оз. Дус-Хол (площадь 0.82 км<sup>2</sup>, глубина до 3 м) обеспечивается двумя родниками с дебитом 2.0–2.8 л/с и минерализацией до 3.6 г/л.

Вода озера – соленасыщенный раствор (86–266 г/л) хлоридно-натриево-магниевый состава.

$$M 192.8 = \frac{Cl 95 SO_4 5}{(Na + K) 57 Mg 42 Ca 1}$$

Почвенно-растительный покров бассейна мозаичен: на возвышенностях – злаково-полынные степи, на песках – фрагментарная пустынная растительность, у озера – галофитные сообщества.

Для исследования процессов засоления почв были заложены почвенные разрезы отдаленностью в 5 и 20 м от озера. В 5 м от озера. Почвы 1 почвенного разреза относятся к хлоридным солончакам, растительность отсутствует, на поверхности кристаллы солей, поверхность ровная, отмечается запах сероводорода. Почвы 2 разреза относятся к хлоридным светло-каштановым, растительность представлена в основном чием блестящим, сведой. Тип засоления хлоридно-натриево-магниевый состава. Содержание органического вещества достигает 2.0 % гранулометрический состав изменяется от легкосуглинистого до супесчаного, рН от 9.2 до 10.26.

Почвы используются в качестве естественных пастбищ, для животноводческих хозяйств. Рекомендуется проводить мелиоративные мероприятия по рассолению почв, подсев многолетних трав по периметру озера.

Работа выполнена в рамках госзадания № 075-03-2025-399/4 по теме «Разработка адаптивной технологии возделывания зернобобовых кормовых культур в условиях Республики Тыва».

Работа рекомендована д.б.н., проф. О.Г. Лопатовской.

УДК 631.487

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЛИК И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ КУРГАННОГО КОМПЛЕКСА ЧИНГЕ-ТЕЙ I

Е.И. Сдвижкова, В.А. Тюнькин

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Elizaveta.sdvizhkova@yandex.ru

Курганно-погребальный комплекс Чинге-Тей I представляет собой крупный археологический памятник эпохи раннескифской культуры VII–VI вв. до н.э., расположенный в континентальной аридной Турано-Уюкской котловине. По своим размерам (диаметр насыпи ~75 м, высота 2–2.3 м, окружён рвом 100 м) и архитектурной сложности комплекс сопоставим с памятниками раннего железного века, таким как курган Аржан-2.

Целью исследования является комплексное изучение морфологического строения и физико-химических свойств современных и погребённых почв курганного комплекса Чинге-Тей I на основе морфологического и химического анализа профилей почв для реконструкции эволюции почв в позднем голоцене и выявления связи с историей формирования археологического памятника.

Палеопочвы, погребённые под насыпью Чинге-Тей I, демонстрируют многофазность почвообразовательных процессов: помимо элювиально-пропиточных микритовых форм, широко распространены спаритовые и многослойные кутаны, а также их обломки. Такая комплексность карбонатного профиля отражает неоднократные циклы формирования почвы при изменяющихся гидротермических условиях позднего голоцена, включая периоды сравнительно более высокого увлажнения, предшествовавшие аридизации ландшафта.

Связь морфологии почв с археологическими стратами подтверждает, что строительство кургана Чинге-Тей I происходило многостадийно, с последовательным накоплением и трансформацией почвенных горизонтов. Это согласуется с данными археологических раскопок, указывающими на сложное устройство могильных камер, фасадные кладки и периферийные погребения, характерные для элитных памятников раннескифского периода.

Полученные результаты подчёркивают важность почвоведческо-археологического подхода для реконструкции палеосреды и процессов культурно-ландшафтной эволюции на объектах древних курганных комплексов.

Работа рекомендована д.б.н., в.н.с. А.О. Макеевым.

УДК 528.8:631.4

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ В ЗАСУШЛИВЫХ РЕГИОНАХ

М.А. Сердюкова

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

The capabilities of aerospace remote sensing for monitoring soil degradation in arid regions are examined using multi-temporal optical, thermal, and radar data. Analysis of spectral and radar diagnostic indicators enables assessment of salinization, erosion, and desertification dynamics under limited ground-based information.

Деградация почв в засушливых регионах является одним из ключевых факторов опустынивания и снижения продуктивности земель. Наземные обследования обеспечивают высокую точность, однако часто ограничены по площади и периодичности, поэтому актуальна разработка подходов, основанных на данных ДЗЗ.

Цель работы: оценить возможности аэрокосмических методов для обнаружения и мониторинга основных форм деградации почв в аридных условиях и определить, какие показатели спутниковых данных наиболее информативны для практического применения.

В рамках работы рассматриваются типичные для засушливых территорий процессы: дефляция и водная эрозия, вторичное засоление, уплотнение и коркообразование, а также сокращение растительного покрова, являющегося индикатором ухудшения состояния почвенного покрова.

Показано, что наибольшую эффективность даёт сочетание оптических, тепловых и радиолокационных данных, позволяющее учитывать как состояние растительности и наличие оголённой почвы, так и особенности поверхностного слоя, связанные с влажностью и микрорельефом. Особое значение имеют многовременные ряды спутниковых наблюдений, которые позволяют отличать сезонные колебания от устойчивых деградационных тенденций и выделять зоны ускоренного ухудшения состояния почв.

Аэрокосмический мониторинг обеспечивает оперативную оценку больших территорий и формирование карт деградации и «горячих точек» риска. На основе таких материалов возможно обоснование приоритетов противозрозионных и мелиоративных мероприятий, а также контроль их эффективности во времени при обязательной проверке результатов по выборочным наземным данным.

Аэрокосмический мониторинг обеспечивает оперативное выявление деградации почв и её распространения в засушливых регионах. Наиболее результативен подход, основанный на временных рядах спутниковых данных. Это позволяет выделять зоны риска и оценивать эффективность мер восстановления.

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

ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕРНОВО-ЭЛЮВОЗЕМОВ  
СРЕДНЕЙ ТАЙГИ РЕСПУБЛИКИ КОМИЕ.А. Скребенков<sup>1,2</sup>, Ю.В. Холопов<sup>2</sup>, С.В. Денева<sup>2</sup>, И.А. Лиханова<sup>2</sup><sup>1</sup>СГУ им. Питирима Сорокина, evgeniigskrebenkov@mail.ru<sup>2</sup>ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, vegalyn@mail.ru

This study characterizes sod-eluvozems formed on binary deposits in the middle taiga zone of the Republic of Komi, based on data from the «Lyalsky» test site.

В Республике Коми (РК) почвы, формирующиеся на двучленных почвообразующих породах, занимают примерно 22 % ее площади [1]. Цель данного исследования – охарактеризовать дерново-элювоземы, сформированные на двучленных отложениях в подзоне средней тайги РК.

Объектами исследования послужили 9 профилей дерново-элювоземов (ДЭп), описанных в границах тестового полигона «Ляльский» [2]. Содержание  $C_{\text{общ}}$  и  $N_{\text{общ}}$  в почвах определяли на анализаторе EA 1110 (CHNS-O), карбонатов – кальциметром (Eijkel kamp Agrisearch Equipment). Величину  $C_{\text{орг}}$  рассчитывали по разности между  $C_{\text{общ}}$  и содержанием углерода карбонатов ( $C_{\text{неорг}}$ ). Величину  $pH_{H_2O}$  оценивали потенциометрически.

ДЭп развиты под пологом ельников кустарничково-сфагновых, травяно-зеленомошных, и мелколиственных лесов, приуроченных к выравненным или с небольшим уклоном ( $1-3^\circ$ ) поверхностям. ДЭп диагностируют по наличию в профиле серогумусового (AY) и элювиального горизонтов (EL), залегающих на подстилающей породе (D) тяжелосуглинистого (7 разрезов) или песчаного (2 разреза) гранулометрического состава. Формула строения профиля: OL-OF-ОН-AY(el)-EL(ELg)-D(Dg). В профилях среднетаежных ДЭп процессы оглеения развиты преимущественно в ландшафтах, приуроченных к выравненным поверхностям, где подстилающие тяжелые суглинки создают условия для застоя влаги в профиле ДЭп.

Мощность гор. O в рассмотренных ДЭп  $7.3 \pm 0.7$  см, гор. AY –  $9.0 \pm 1.1$  см, гор. EL –  $13.9 \pm 2.4$  см. Почвы кислые, с глубиной кислотность снижается за счет присутствия карбонатов (табл.). Особенностью ДЭп средней тайги является очень низкая обогащенность органического вещества азотом – величина соотношения C:N в гор. O и AY соответственно 22.4 и 21.8

Таблица. Химические показатели дерново-элювеземов

Горизонт	pH	C <sub>орг</sub> , %	N <sub>общ</sub> , %
О	5.4±0.2	35.6±2.1	1.59±0.11
АУ	5.0±0.1	2.4±0.3	0.11±0.01
ЕL	5.5±0.2	0.7±0.0	0.04±0.00
D	6.0±0.2	0.3±0.0	0.01±0.00

#### Литература

1. Атлас почв Республики Коми / под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар, 2010. 356 с.

2. Загирова С.В. Реализация важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» в Республике Коми // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: Киров, 2023. С. 14–17.

Работа выполнена в рамках проекта ВИП ГЗ и темы госзадания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (Пер. № НИОКТР 125021201993-3).

Работа рекомендована к.б.н., доц., заведующей лабораторией ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН Е.М. Лаптевой.

УДК 631.10

### ДИНАМИКА МОНОКРЕМНИЕВОЙ КИСЛОТЫ И ЕЕ ОЛИГОМЕРОВ В АГРОТЕМНО-СЕРОЙ ПОЧВЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ МЕЛИОРАНТОВ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ОПЫТА

П.Д. Скурихина

Казанский государственный аграрный университет, sfagnium@mail.ru

Application of silicon and organsilicon amendments as source of monosilicic acid in soil. Degradation of organsilicon compound in soil under the conditions of a model experiment.

В настоящей работе рассматривается применение кремниевых и кремнийорганических почвенных мелиорантов.

Широко известно применение силиката калия в качестве кремниевого удобрения, однако влияние растворов силиката калия на содержание монокремниевой кислоты и ее олигомеров в почве изучено недостаточно.

Полиметилсилоксан ( $\text{CH}_3[\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{O}]_n\text{Si}(\text{CH}_3)_3$ ) – жидкое кремнийорганическое соединение, часто используемое в качестве адъювантов для некоторых видов пестицидов, мигрирующее вместе с атмосферными осадками в почву. Известно применение силоксанов в качестве мелиорантов, вносимых для увеличения числа агрономически ценных почвенных агрегатов. Разложение кремнийорганических соединений в почве изучено крайне слабо, предположительно подобные соединения разлагаются до  $\text{SiO}_2$  и  $\text{CO}_2$ .

Смоделировано внесение растворов силиката калия ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ , ПК «Промстеклоцентр», г. Екатеринбург) и эмульсий полиметилсилоксана, ПМС-5, ООО «Сырьевая компания Химлогистик», г. Москва) в пахотный горизонт агротемно-серой тяжелосуглинистой почвы. Отобранные образцы почв были просеяны через сито 5 мм, удалены крупные корешки. Навеска почвы 300 граммов помещалась в вегетационные полиэтиленовые ёмкости. Дозировки и объем растворов и эмульсий подбирались экспериментально в 3-х различных концентрациях: 0, 1.2 и 2.4 г на 300 граммов почвы. Повторность каждого варианта была 3-х кратной. Растворы и эмульсии вносились опрыскиванием проб с последующим перемешиванием. Пробы инкубировали в течение 1 месяца при средней температуре воздуха 23 °С, относительной влажности 53 %, атмосферном давлении 100 кПа. Каждые 7 дней проводилось определение: влажности,  $\text{pH}_{\text{водн}}$ , содержания монокремниевой кислоты и ее олигомеров в водной вытяжке по методу В.В. Матыченкова.

Пахотный горизонт агротемно-серой тяжелосуглинистой почвы на делювиальных отложениях (Елабужский район Республики Татарстан) характеризовался высокодефицитным балансом доступного кремния, содержание актуальных форм кремния составило:  $10.72 \pm 2.62$  мг/кг, концентрация монокремниевой кислоты –  $8.2 \pm 3.49$ , ее олигомеров –  $2.52 \pm 1.05$ . Применение кремнийсодержащих мелиорантов на таких почвах может обеспечить снижение скорости деградации почв, оптимизацию кремниевого питания растений.

Работа рекомендована к.б.н., доц. кафедры агрохимии и почвоведения КГАУ Л.Г. Гаффаровой.

УДК 574.42

ФИТОЛИТНЫЕ СПЕКТРЫ ФИТОЦЕНОЗОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПАЛЕОРЕКОНСТРУКЦИЯХ

М.Ю. Соломонова

Алтайский государственный университет, m\_solomonova@list.ru

The presented study is based on the investigation of phytolith spectra from surface soils in specific areas of the southern part of Western Siberia: the north and west of the Altai Mountains and the Kulunda Plain. Based on the analysis of over 300 spectra, data were obtained on the relationship between climate, vegetation, and soil phytolith spectra.

Почвы являются важными биогенными архивами, хранящими информацию о свойствах палеосреды. Различный биологический материал имеет высокую степень сохранности в почвах, в том числе фитолиты – кремниевые копии растительных структур. Фитолитный анализ – важный метод палеопочвоведения и палеоэкологии. Имеет высокий потенциал реконструкций локальных условий.

Для юга Западной Сибири (Кулундинская низменность и Алтайская горная страна) было исследовано 300 поверхностных образцов почвенного грунта порядка 100 различных фитоценозов. Полученные данные сопоставлены с климатическими параметрами мест исследования и геоботаническими характеристиками территории отбора почвенных образцов. На территории исследования представлены следующие типы почв: дерново-подзолистые, серые и темно-серые почвы, буроземы, черноземы глинисто-иллювиальные, черноземы, черноземы текстурно-карбонатные, каштановые почвы, солонцы темные, темногумусовые, криоаридные и другие типы почв среднегорий и высокогорий Алтая.

В результате было выявлено, что фитолитные спектры степных и лугово-степных фитоценозов как горных, так и равнинных территорий характеризуются близким составом морфотипов (Ronlel, Crenate, Acute Bulbosus, Bulliform Flabillate, Bilobate, Elongate Enttre, Blocky, Pappilate). Фитолитные спектры лесных и луговых горных фитоценозов имеют более мезофитный состав морфотипов фитолитов по сравнению со спектрами поверхностных почв лугов и лесов Кулундинской степи. Наиболее специфичные черты выявлены в фитолитных спектрах петрофитной растительности: увеличение числа Crenate sinuate морфотипов.

Заключительным этапом исследования являлось сопоставления полученных данных с результатами изучения проб грунта из археологических объектов энеолита, неолита и бронзового и железного веков. Получены данные о локальном влиянии деятельности древних людей на растительный покров в сторону его ксерофитизации. Было выявлено, что образцы грунта из культурных слоев археологических объектов Новоильинка-III и Новоильинка-6 (Энеолит), Новоильинка-4 (Эпоха Брон-

зы), Нижняя Каянча (скифо-сакское время) характеризуются ксеро-морфными фитолитными комплексами. В них наблюдается увеличение числа RONDEL по сравнению с фоновыми образцами и частью исследуемых профилей, идентифицируемых как древняя поверхность. Еще одним признаком является увеличение числа Elongate entire и Elongate dentate, которое связано с увеличением вклада полыней в фитолитный комплекс.

УДК 631.4

УГЛЕРОД ПОЧВ УГЛЕЖОГНЫХ ПРОИЗВОДСТВ  
(СРЕДНЯЯ ТАЙГА РЕСПУБЛИКИ КОМИ)

В.В. Старцев<sup>1</sup>, В.Н. Карманов<sup>2</sup>, Л.А. Вахрушев<sup>1</sup>,  
И.Н. Кутявин<sup>1</sup>, А.А. Дымов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
<sup>2</sup>ИЯЛИ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар  
vik.startsev@gmail.com

The soils of coal-burning production in the middle taiga of the Komi Republic have been studied. It has been established that they contain large stocks of pyrogenic carbon (23.8–78.3 kg/m<sup>2</sup>).

Пирогенное воздействие на бореальные лесные экосистемы является распространенным и масштабным явлением. Помимо природных лесных пожаров, значимо антропогенное воздействие в местах обитания человека с древности до наших дней. Одной из наиболее широко применяемых технологий производства древесного угля пиролизом является углежогное производство, которое практиковалось активно в таёжной зоне в XVII – начале XX вв.

Цель работы – характеристика почв и оценка запасов углерода после углежогного промысла.

Объектами исследования были почвы промышленных углежогов в Койгородском районе Республики Коми, формирующиеся в сосновом приспевающем фитоценозе со средним возрастом деревьев 102 года. На исследуемом участке заложено четыре основных разреза с несколькими прикопками для каждого. Физико-химические свойства почв определяли общепринятыми в почвоведении методами.

По морфологическим свойствам представленные почвы углежогов близки к типичным подзолам иллювиально-железистым, но с формированием мощного пирогенного горизонта (PYR), как результат уг-

лежогного промысла, с преобладанием углистых частиц и продуктов пиролиза древесины.

Почвы углежогов кислые, значения рН водной вытяжки варьируют от 3.9 до 6.2 ед. рН. Распределение обменных катионов кальция и магния регрессивно-аккумулятивное. Ключевой особенностью является высокое содержание катионов кальция и магния в пирогенных горизонтах (PYR).

Содержание углерода в подстилках почв составляет 37.7–50.0 %, азота – 0.67–1.56 %. В минеральных горизонтах содержалось от 0.1 до 33.8 % общего углерода и от 0.03 до 0.36 % азота. Максимальные концентрации углерода в минеральных горизонтах выявлены для верхних пирогенных горизонтов (7.7–33.8 %).

В почвах исследованных углежогов запасы углерода составляют 23.8–78.3 кг/м<sup>2</sup>, а запасы азота варьируют от 0.34 до 0.97 кг/м<sup>2</sup>. Вклад пирогенных горизонтов в общие запасы углерода исследованных почв углежогов варьирует от 79 до 88 % (84±4 %).

Таким образом, впервые исследованы уникальные почвы после углежогного промысла и получены важные данные о запасах углерода в почвах ранее не исследованных депозитариев углерода пирогенного происхождения.

Работа выполнена при поддержке проекта РНФ № 25-17-00054 «Природоподобные и антропогенные технологии для аккумуляирования стабильных форм углерода в лесных почвах».

УДК 631.414

## МЕТОД ВЫДЕЛЕНИЯ ГЕЛЕЙ ИЗ ПОЧВ

А.И. Сухарев

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

Traditional methods are inadequate for isolating colloids in their original form because they involve soil dispersion that destroys gels. A new high-performance method has been developed for extracting organomineral gels from soils. The extracted gels were confirmed to be organomineral in nature and shown to enhance soil water retention capacity.

Почвенные коллоиды являются наиболее активным в физико-химическом отношении компонентом почв, который определяет их связь с сопредельными средами. Для изучения процессов миграции коллоидов необходимы методы их выделения.

В почвоведении выделение из почвы коллоидов означает выделение частиц определённого размера (1–1000 нм). Между тем, коллоиды существуют в почвах в том числе и в виде гелей, фрагменты которых сами по себе являются коллоидными системами и могут иметь размер, превышающий 1000 нм. Для изучения влияния коллоидных систем на почвенные параметры необходим количественный метод извлечения, опирающийся на общие свойства коллоидных систем.

Можно предположить, что выделять коллоиды из почв и измерять их содержание позволяют методы определения гранулометрического состава почв. Однако обязательным этапом в общепринятых методах является диспергирование почв, то есть отделение почвенных частиц друг от друга. В результате этого процесса гели загрязняются и разрушаются. Таким образом, выделить коллоиды в исходной, незагрязнённой форме из почв, пользуясь известными методами определения гранулометрического состава, затруднительно.

Из литературы известно, что гели можно отделить от поверхности минеральных частиц при помощи обработки суспензии почвы ультразвуком (УЗ). При этом особенно эффективно использовать УЗ для очистки поверхностей, если применять растворы, ослабляющие связь гелей с минеральными поверхностями. Поскольку УЗ и щелочные растворы используются в определении гранулометрического состава почв, считается, что они не разрушают элементарные почвенные частицы. Кроме того, при центрифугировании минеральные частицы оседают в водных растворах быстрее гелей, имеющих более низкую плотность. Эти данные привели нас к созданию высокопроизводительного метода выделения почвенных гелей.

Предложен метод выделения из почв органоминеральных гелей, основанный на ультразвуковой обработке почвенной суспензии в 0.2 н растворе аммиака с последующим выделением из суспензии минеральных частиц центрифугированием и удалением воды из суспензии фрагментов гелей. Проведенная проверка свойств надосадочной жидкости, отделенной от неколлоидных минеральных частиц, выявила наличие в ней свойств гелей: низкой плотности, способности к коагуляции и твердообразности коагулирующих структур. При помощи рентгенолокального микроанализа показано, что выделяемые почвенные гели представляют собой органоминеральные образования. Показана взаимосвязь между водоудерживающей способностью почвы и содержанием гелей в почве.

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

ИЗМЕНЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ  
УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ПОЛЯ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ТУВГУ

Д.Р. Тоглакпан

Тувинский государственный университет город Кызыл  
toglakpan00@mail.ru

The work is devoted to the study of the dynamics and factors of changes in the acidity of Kastanozems in the experimental field of the TuvGU Botanical Garden. It was revealed that the alkalinity of Kastanozems decreased from strongly alkaline to slightly alkaline due to the application of acidifying nitrogen fertilizers.

Реакция среды в почве – один из основных показателей уровня плодородия почв для сельскохозяйственных культур. Ее изучение позволяет управлять плодородием, экономить на удобрениях и выращивать экологически чистую продукцию.

Целью работы являлось изучение изменения кислотности каштановых почв в учебно-опытном поле Ботанического сада ТувГУ

Для выполнения работы были поставлены задачи: разбить поле на производственные участки, определить уровень кислотности каштановой почвы в солевой и водной вытяжках, проанализировать динамику изменения кислотности почвы.

Объектами исследования служили каштановые почвы учебно-опытного поля Ботанического сада ТувГУ (УОП), расположенного в Кызылском районе Республики Тыва. Территория УОП была разделена на 4 функциональных участка (табл.). Почвенные образцы отбирались с глубины 0–20 см. Кислотность почв (рН солевой вытяжки по методу ЦИНАО) [1] определяли в лаборатории ГСАС «Тувинская» в почвенных образцах, отобранных в 2021, 2023 и 2025 гг.

По климатическим условиям территория Кызылского района Республики Тыва относится к сухостепной зоне с резкоконтинентальным климатом. Максимальная температура воздуха летом достигает 33–35 °С, а минимальная температура зимой –46 °С. Лето сухое, с недостаточным увлажнением.

Результаты анализов свидетельствуют об изменении реакции среды почв учебно-опытного поля со временем. Если в 2021 году она была сильнощелочной ( $pH_{KCl} = 8.4–8.8$  ед.), то в 2023 году стала щелочной, а к 2025 году на двух участках достигла слабощелочных значений.

Таблица. Изменение содержания органического углерода и кислотности почв учебно-опытного поля Ботанического сада ТувГУ (2021–2025 гг.).

Наименование участка	Сорг., %			pH <sub>KCl</sub>		
	2021	2023	2025	2021	2023	2025
Декоративный	2.24	2.69	2.45	8.4	8.6	7.4
Овощной	1.70	1.35	1.36	8.8	8.1	8.1
Полевой	1.70	1.99	1.54	8.5	8.0	7.5
Садовый	3.42	4.53	4.37	8.6	8.5	8.1

За последние четыре года на каштановых почвах учебно-опытного поля Ботанического сада ТувГУ наблюдается тенденция к снижению щелочности. На участке с декоративными культурами это, вероятно, обусловлено ростом содержания органического углерода (Сорг.). В то же время на территориях, занятых овощными культурами и полевыми опытами, снижение щелочности связано с применением подкисляющих минеральных удобрений, в частности сульфата аммония.

#### Литература

1. ГОСТ 26483-85, ГОСТ 26490-85. Определение pH солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО. М.: Государственный комитет СССР по стандартам. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 26 марта 1985 г. № 820 срок действия установлен с 01.07.86 до 01.07.96.

Работа рекомендована к.б.н., доц. С.О. Канзываа.

УДК 631.4

### ОСОБЕННОСТИ МЕЗОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПОЗДНЕНЕОПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ И ГОЛОЦЕНОВЫХ ПОЧВ РАЗРЕЗА НИКОЛАЕВЩИНА (ЮГО-ВОСТОЧНОЕ ПРИЛАДОЖЬЕ)

А.Е. Тюпаева

Санкт-Петербургский государственный университет  
 tupaevanastya@gmail.com

The study focuses on the «Nikolayevshchina» soil section in south-eastern Ladoga region. A mesomorphological analysis of paleosols and deposits linked to the Baltic Ice Lake regression and transgression was conducted. The obtained data allows to reconstruct Late Pleistocene and Holocene paleoenvironmental conditions in the area.

Объект исследования – разрез, находящийся на правом берегу р. Паши (приток р. Свирь) близ деревни Николаевщина, расположенной в Волховском районе Ленинградской области (N60°18'40"; E33°13'11") к юго-востоку от Ладожского озера.

Разрез «Николаевщина» уникален: здесь продемонстрированы два принципиальных рубежа – первый спуск Балтийского ледникового озера и начало трансгрессивной фазы его второй стадии. Этот разрез является ключом к пониманию региональной истории приледниковых озер юго-восточного Приладожья, важен для реконструкции палеогеографических обстановок на границе позднего неоплейстоцена и голоцена на северо-западе России. В имеющихся исследованиях палеопочвы разреза «Николаевщина» фиксировались лишь как компонент отложений, без изучения и анализа их важнейших характеристик, одной из которых является мезоморфологическое строение.

В общей сложности было проанализировано 22 образца почв и отложений (пород) с высокой частотой отбора (2 см) в отдельных частях разреза. Было проведено определение окраски этих образцов по международной колориметрической шкале Манселла, а также составлено их мезоморфологическое описание.

Формирование нижней палеопочвы происходило последний теплый интерстадиал Валдайского оледенения – аллерёд (ок. 11.5–10.6 тыс. л. н.). Образцы характеризуются достаточно высокой степенью агрегированности, полимиктовым составом (кварц, полевые шпаты, встречается слюда), а также выраженной субгоризонтальной слоистостью – чередованием светло-серых полос с отбеленными зернами кварца и темных прогумусированных слоев. Мелко- и среднезернистый песок, степень его окатанности низкая. Встречаются растительные остатки. Наблюдается криогенная сепарация неокатанных зерен кварца. Формирование и развитие данной почвы происходило в условиях холодного климата позднеледниковья, о чем свидетельствуют как особенности строения профиля (криогенные структуры в виде «язычков»), так и мезоморфологические особенности (криогенная сепарация зерен, слабая степень окатанности и т.д.).

Перекрывающие отложения. Погребение аллерёдской палеопочвы и появление здесь перекрывающих ее отложений связано со второй трансгрессией Ладожского озера в период раннего голоцена (ок. 10.6 тыс. л. н.). Материал неагрегирован. Это крупнозернистый окатанный и полуокатанный песок. Состав менее сортированный – кварц, полевые шпаты, много слюды, встречаются темные рудные минералы.

Формирование палеопедагокомплекса, включающего альфегумусовую почву (дерново-подзол иллювиально-железистый) и сингенетичную органо-аккумулятивную почву, происходило в период среднего голоцена (ок. 8–5 тыс. л. н.). Строение почвы – типично для дерново-подзола. Горизонт ВF рыжий за счет высокой степени ожелезнения, агрегирован в непрочные структурные отдельности, встречаются железисто-марганцевые пятна и множество конкреций (оршштейнов), очень прочных и разной формы (роhrenштейны, скорлуповатые, в виде кольца и т.д.). Горизонт Е – осветленный, мелко- и среднезернистый песок разной степени окатанности, есть рыхлые темно-бурые хлопьевидные скопления железа, единично встречаются марганцевые мелкие конкреции (до 0.5 см) – среднепрочные, внутри Мп пятна и отбеленные зерна кварца. Горизонт АУ – грубогумусовый материал, разнородный – неокатанные кварцевые зерна, полевые шпаты, единично встречается слюда; агрегаты от 2 до 5 мм, непрочные, рыхлые, слабосцементированные за счет детрита; много угольков и растительных остатков.

Перекрывающие эту почву отложения (темные прогумусированные слои) по мезоморфологическому строению резко отличаются от серогумусового горизонта альфегумусовой почвы. Имеет более светлую окраску за счет обилия отбеленных кварцевых зерен, здесь больше полевых шпатов. Это неокатанный грубозернистый (слабоокатанный) материал, агрегаты менее устойчивые, скреплены детритом и корешками растений, наблюдаются начальные признаки ожелезнения (железистые пленки). По всей толще встречаются угольки, но мелкие и в небольших количествах. Генезис этих отложений – предмет дальнейшего исследования.

Таким образом, мезоморфологические признаки, такие как структура, состав и степень окатанности материала, служат надёжными индикаторами палеогеографических условий формирования почв и отложений.

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

УДК 631.422

## ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ОКРЕСТНОСТЕЙ ОЗ. СОЛЕНОЕ (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В.К. Ширшова

Иркутский государственный университет, Sh.Valentina1703@yandex.ru

The saline soils of the Solenoe Lake coast were studied. Sulfate-chloride-sodium salinization was established. XRF analysis revealed contam-

ination of the soil profile with heavy metals (Zn, Cu, Cr, Ni) and arsenic, significantly exceeding the maximum allowable concentrations (MACs).

В литоральной области оз. Соленое (г. Усть-Кут, Иркутская обл.) отобрано 8 точечных проб с почвенного разреза, с фиксированным интервалом 10 см. В водной вытяжке для определения частной и общей щелочности использовали метод титрования с фенолфталеином и метиловым оранжевым. Хлорид-ионы определяли аргентометрическим методом по Мору, ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  – весовым методом, содержание  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  определяли комплексометрическим методом,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  – по разности.

Результаты показали, что содержание солей уменьшается от верхних горизонтов к нижним. Максимальное значение сухого остатка составляет 3.97 % на глубине 20 см. Минимальное значение наблюдается на глубине 50 см – 1.83 %. Засоление почв сульфатно-хлоридно-натриевое (рис.), а по степени засоления почвы относятся к солончакам.

Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) почв выявил комплексное и значительное загрязнение металлами. Наиболее высокие концентрации обнаружены в слое 30–50 см: цинк (Zn) – до 323 мг/кг (превышение ПДК в 14 раз), медь (Cu) – до 116 мг/кг (в 39 раз) и мышьяк (As) – до 13 мг/кг (в 6.5 раз). Повсеместно, на всех глубинах до 80 см, содержание хрома (Cr – от 63 до 95 мг/кг) и никеля (Ni – от 19 до 47 мг/кг) стабильно превышает допустимые уровни в 10–16 и 5–12 раз соответственно.

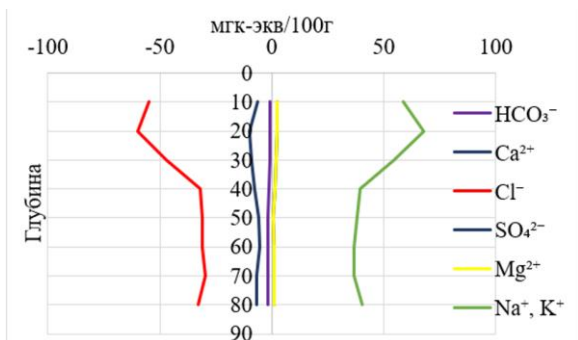


Рисунок. Содержание ионов в мгк-экв/100 г в почвенном профиле.

Особенно высокие концентрации мышьяка и меди, позволяют предположить, что основным источником загрязнения является применение пестицидов, гербицидов и удобрений на сельскохозяйственных полях вблизи озера, в состав которых часто входят данные элементы. Возможно, это обусловлено и геохимическими особенностями региона.

Таким образом, помимо засоления почв, выявлено значительное загрязнение почвенного профиля токсичными металлами, что проявляется в нарушении структуры растительного покрова [1].

#### Литература

1. Лопатовская О.Г. Состояние некоторых компонентов экосистем засоленных биотопов окрестностей курорта Усть-Кут (Иркутская область) / О.Г. Лопатовская, Т.М. Янчук, Н.В. Степанцова, В.К. Ширшова // Устойчивость природных ландшафтов и их компонентов к внешнему воздействию: Сб. материалов Международной научно-практической конференции (18–19 октября 2024 г.). Грозный: Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, 2024. С. 351–356.

Работа рекомендована д.б.н., проф. О.Г. Лопатовской.

УДК 631.4

### ПОЧВЫ ПОЛИСТОВСКОГО ЗАПОВЕДНИКА КАК АРХИВ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

М.Е. Яковлев

Санкт-Петербургский государственный университет  
st128672@student.spbu.ru

This paper considers the potential of the soils of the Polistovsky Reserve as a unique archive of past land use. Using the example of post-agrogenic soils identified on mineral islets within the bog system, the aim is to reconstruct the history of agricultural impact.

Полистовский государственный природный заповедник был создан в 1994 г. для сохранения одной из крупнейших в Европе Полистово-Ловатской верховой болотной системы. Помимо болотных массивов, уникальный ландшафтный облик заповедника формируют минеральные острова – участки суши с лесной растительностью, окруженные болотами, а также окраинные суходольные участки. Они служили для местного населения сенокосами, пастбищами и даже пашнями, где выращивались неприхотливые культуры. После Великой Отечественной войны, когда были уничтожены многие деревни, и последовавшего укрупнения сельскохозяйственных угодий, эти труднодоступные и малопродуктивные участки стали экономически нецелесообразными. Их постепенно забрасывали. Прекращение мелиоративного ухода привело к зарастанию лесом и заболачиванию части территорий.

Почвы заповедника изучаются с 2017 г. с участием студентов СПбГУ и волонтеров [3]. В 2025 г. экспедицией под руководством О.В. Галаниной проводились геоботанические исследования. Дополнительно на бывших угодьях были заложены 3 почвенных разреза.

Было диагностировано 3 разных типа почв из 3 отделов: текстурно-дифференцированные (дерново-подзолистая почва), структурно-метаморфические (бурозем красноцветный), элювиальные (дерново-элювозём).

Два разреза находились на экомаршруте заповедника «Тропа моховиков» и относились к окраинным участкам суходолов, вдающихся в болотную систему. Бурозем красноцветный среднесуглинистый на моренных отложениях был описан под травяно-злаковым березняком. Угодье располагалось на минеральной гряде в относительной близости от бывшего хутора и служило, вероятно, пастбищем. Ранее такой тип почвы нами встречен не был. Согласно литературным источникам, буроземы формируются под широколиственными и хвойно-широколиственными лесами, преимущественно на слабо щебнистом суглинисто-глинистом бескарбонатном элюво-делювии осадочных и магматических пород. Однако известно, что в условиях Бежаницкой возвышенности формируются своеобразные почвы – поддубицы, приуроченные к формам четвертичного рельефа – звонцам. Именно по такому холму с плоской вершиной и крутыми склонами проходит заповедная экотропа. Мы полагаем, что встреченные нами почвы являются именно поддубицами, которые Классификация почв России (2004) также относит к буроземам. Полагают, что на таких почвах произрастают дубняки снытевые [1]. Дуб в фитоценозах нами был отмечен единично высотой до 6 м. Дерново-подзолистая слабogleеватая постагрогенная легкосуглинистая на моренных отложениях почва описана на луговой поляне с гигрофитным разнотравьем; очевидно, она сформировалась под пашней. Это угодье существовало ближе к болоту и в данный момент заболачивается; разрез стал быстро заполняться водой; вода сочилась с глубины 50 см.

Дерново-элювозём глеевый постагрогенный легкосуглинистый на двучленных отложениях был описан под луговым злаково-разнотравным фитоценозом рядом с бывшим хутором скорняка (экотропа «Люди и леса»). В разрезе на глубине 85 см едва сочится вода.

В разрезах наблюдаются признаки постагрогенного характера, такие как ровные границы между горизонтами, наличие угольков и уплотненного пахотного горизонта. Это прямое свидетельство их прошлого сельскохозяйственного использования в XX веке. Ранее поста-

гrogenные горизонты были обнаружены в дерново-буро-подзолистых и дерново-подзолистых почвах урочищ Липово и Яловец [2]. Дальнейшее изучение почв Полистовского заповедника поможет раскрыть местную историю развития сельского хозяйства.

#### Литература

1. Василевич В.И., Бибикова Т.В. Широколиственные леса северо-запада европейской России // Бот. журн. 1. Типы дубовых лесов. 2001. Т. 86, № 7. С. 88–101.

2. Галанина О.В., Юрин А.С. Болотные острова Полистовского заповедника: прошлое и настоящее // Тринадцатые (XIII) международные Псковские краеведческие чтения. Материалы международной научно-практической конференции (г. Псков, 6–9 октября 2023 г.). Том. II. Псков, 2024. С. 189–199.

3. Юрин А.С. Почвы внутриболотных минеральных островов Полистовского заповедника // Материалы Международной научной конференции XXIV Докучаевские молодежные чтения «Почвоведение в цифровом обществе» / Под ред. Б.Ф. Апарина. СПб, 2021. С. 106–107.

Работа рекомендована к.б.н. доц. О.В. Галаниной.

Секция III  
*Биология почв*

## ВЛИЯНИЕ ПАСТБИЩНОЙ ДИГРЕССИИ НА АКТИВНОСТЬ ДЕГИДРОГЕНАЗЫ БУРЫХ ПОЛУПУСТЫННЫХ ПОЧВ

Е.А. Бурукина, А.Х. Хасанова

АГУ им. В.Н. Татищева, Астрахань

pro100-ekaterina@mail.ru, khasanova.amie@gmail.com

Pasture degradation affects the biological properties of brown semi-desert soils of the Astrakhan region, reducing dehydrogenase activity and altering its vertical distribution. Under severe degradation, available phosphorus increases with depth, while under lower anthropogenic pressure it accumulates in surface horizons.

В условиях Астраханской области пастбищные экосистемы испытывают сильное антропогенное воздействие, что делает особенно актуальным изучение биологических свойств почв. Дегидрогеназа в почвах играет ключевую роль в окислительно-восстановительных процессах, катализируя отщепление водорода от органических веществ. Этот фермент, продуцируемый микроорганизмами и растениями, участвует в метаболизме углеводов, спиртов и органических кислот, обеспечивая энергию для микробных сообществ и указывая на биологическую активность почвы.

Для оценки воздействия пастбищной деградации на активность дегидрогеназы в почвах отобраны тестовые участки в Харабалинском районе Астраханской области с разной степенью пастбищной дигрессии.

Определение стадии дигрессии проводили в зависимости от уровня утраты травостоя из-за неконтролируемого выпаса сельскохозяйственных животных и степени угнетения жизнедеятельности растений. Активность дегидрогеназ определялась по восстановлению солей тетразолия в 2,3,5-трифенилформазан, мг трифенилформазана в 1 г почвы за 24 ч (по А.Ш. Галстяну в модификации Ф.Х. Хазиева).

Почвенный покров полигонов представлен бурой полупустынной почвой.

На рисунке представлены результаты исследования содержания активности дегидрогеназ по профилю в почвах, подверженных различной стадии пастбищной дигрессии.

Содержание ТФФ в почвах варьирует от 37.89 мг на 10 г в верхнем горизонте недифференцированного профиля (КХ1) до 242.0 в горизонте А участка ТЗ (рис.). На участках с выраженной пастбищной деградацией отмечается увеличение концентрации ТФФ с глубиной, что,

вероятно, связано с истощением верхнего горизонта вследствие интенсивного выпаса и сокращения растительного покрова. При снижении степени деградации содержание дегидрогеназы в поверхностных горизонтах возрастает.

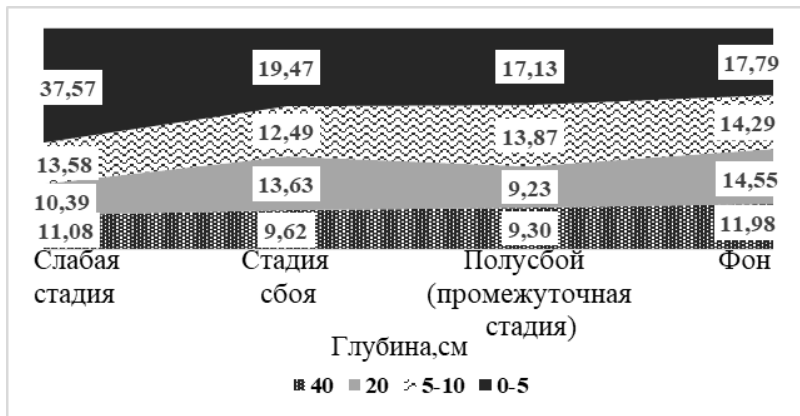


Рисунок. Распределение дегидрогеназы на полигонах, мг ТФФ/10 г·24 часа.

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

УДК 631.4

## ЛАБИЛЬНОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМОВ

А.В. Гарайшина

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
podlesnova.garaishina@gmail.com

The study examined the content of water-soluble organic matter and the enzymatic activity of chernozems in the southern forest-steppe and northern steppe zones.

Определение водорастворимых органических веществ (ВОВ) почвы важно для характеристики запасов доступного углерода, так как ВОВ могут не только легко перемещаться, но и минерализоваться. Благодаря ферментативной активности (ФА) в почве поддерживается определенный биогеохимический гомеостаз, обеспечивается непрерывность процессов метаболизма в условиях, неблагоприятных для жизнедея-

тельности микроорганизмов. Цель исследования – оценка содержания ВОВ и ФА черноземов юга лесостепной и севера степной зон. Объектами исследования являлись черноземы Липецкой и Воронежской областей. Содержание органического углерода ( $C_{орг.}$ ) было определено методом Тюрина в модификации Никитина с титриметрическим окончанием [2]; ВОВ – в последовательных вытяжках (методы холодной и горячей экстракции) [3]. ФА почв была оценена по активностям каталазы, инвертазы и дегидрогеназы [1].

Содержание ВОВ в профиле в интервале от 0.04 до 0.13 %. Количество ВОВ в исследованных черноземах убывает с глубиной и коррелирует с содержанием  $C_{орг.}$ . Относительная доля ВОВ в составе  $C_{орг.}$  относится к градам «высокая» и «очень высокая» по Д.С. Орлову, О.Н. Бирюковой и М.С. Розановой и составляет 2.19–4.44 %. Величины каталазной активности убывают с глубиной, отражая снижение количества как общего органического вещества, так и ВОВ. Каталаяная активность в верхних частях гумусовых горизонтов черноземов соответствуют «средней» степени обогащенности почв ферментом по шкале Д.Г. Звягинцева, в нижних частях – «бедной» и «очень бедной». Инвертазная активность сохраняется на уровне «очень богатой», за исключением чернозема гидрометаморфизованного, сформированного в условиях периодического переувлажнения. Все изученные почвы характеризуются «средней» обогащенностью дегидрогеназой, при этом величины дегидрогеназной активности наиболее тесно коррелируют с содержанием ВОВ.

#### Литература

1. Белов А.А., Чепцов В.С., Лысак Л.В. Методы идентификации почвенных микроорганизмов. М., 2020.
2. Орлов Д.С., Гришина Л.А. Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ. 1981. 272 с.
3. Ghani A., Dexter M., Perrott K.W. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation // *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 35, Issue 9, 2003, Pages 1231–1243, DOI 10.1016/S0038-0717(03)00186-X.

Работа рекомендована к.б.н., ст. преп. М.С. Розановой.

ЧИСЛЕННОСТЬ ФОСФАТРЕДУЦЕНТОВ-ОРГАНОТРОФОВ  
В ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ КАРБОНАТНЫХ ГРУНТАХ  
ИЗВЕСТНЯКОВОГО КАРЬЕРА ДОМОДЕДОВО  
РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ВЫВЕТРЕЛОСТИ

И.С. Дятлов, Е.А. Канаева, А. Кавкаева

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени  
К.А. Тимирязева, ylia-d@yandex.ru

The article studied the presence and level of the relative abundance of microorganisms, involved in transformation of organic phosphorus, compounds in soil-forming carbonate soils (Moscow region) of varying degrees of weathering. The presence and dependence of number order of living cells in the rock on degree of its weathering ( $10^3$ ,  $10^6$ ,  $10^8$  CFU/g) was established, which determines soil not only as a habitat for these microorganisms, but also their direct participation in processes of biochemical transformation of the rock into soil masses.

Значимость процессов трансформации фосфорсодержащих соединений на поверхности пород и в толще коры выветривания, а также почвах и почвоподобных телах трудно переоценить. Фосфор относится к основным биогенным элементам, без которого невозможны любые биохимические процессы в клетке. В почве и в других биокосных объектах природы фосфор может находиться в виде самых разнообразных органических и минеральных соединений, которые активно трансформируются различными сапротрофными и литотрофными микроорганизмами. В связи с этим изучение роли микробиоты в почвообразовании на его начальных этапах позволит определять приоритетность отдельных представителей микробного пула в процессах трансформации минерального вещества и его преобразовании в почвенную массу.

Отбор образцов производился из Домодедовского известнякового карьера со стенки северо-восточной экспозиции в летний период из одного слоя горной породы в трех степенях выветрелости (слабой, средней и сильной) определенной в соответствии с ГОСТ 58325-2018 и ГОСТ 25100-2020 [1, 2]. Для чистоты проводимого эксперимента отбор образцов проводился в один день.

Относительная численность микроорганизмов определялась посевом на плотные питательные среды по Коху с разведениями по Пастеру с соблюдением правил асептики. В работе относительная численность микроорганизмов, использующих фосфор органических соединений, определялась на агаре Менкиной.

Было установлено, что всех исследуемых образцах присутствует определенное количество физиологически активных клеток изученной группы микроорганизмов. Так, в образцах породы прослеживается четкий рост относительной численности фосфатредуцентов-органотрофов от слабой к средней и далее к сильной степени выветрелости грунта:  $13.5 \cdot 10^3$ ,  $17.0 \cdot 10^6$ ,  $20.6 \cdot 10^8$  КОЕ/г соответственно. Это косвенно может подтверждать увеличение количества органических соединений фосфора в субстрате. Образец сильной степени разрушения в карьере представлен уже в виде почвоподобных масс, что благоприятно сказывается на условиях жизнеобеспечения для числа исследуемой группы микроорганизмов.

По результатам исследования пока полностью не ясна картина активности и состава фосфатредуцирующих органотрофных и литотрофных микроорганизмах в образцах различной степени выветрелости, а также их зависимость от свойств исходной породы и других факторов, что будет изучено в дальнейшем. Кроме того, здесь важно понимание фундаментальной роли исследуемых групп микроорганизмов в процессах почвообразования на карбонатных грунтах, в том числе вскрытых в условиях бывшего карьерного использования.

#### Литература

1. ГОСТ 58325-2018 Грунты Полевое описание. М.: Изд-во Стандартиформ, 2019. 31 с.
2. ГОСТ 25100-2020 Грунты Классификация. М.: Изд-во Стандартиформ, 2020. 41 с.

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

УДК 599.322.2

#### К СОСТОЯНИЮ СТЕПНОГО СУРКА (*MARMOTA BOBAC MÜLL.*, 1776) В ЗАКАЗНИКЕ «КАМЕННАЯ СТЕПЬ»

И.В. Жигарев

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
iv\_ji99@mail.ru

Kamennaya step is one of bobac marmot refugia, which exist from the end of XIX century. Near thousand individual were observed in the middle of XX century, and cumulative population decrease started after. Authors explored this place in the summer of 2024. 4 or 5 marmot individual were observed.

В середине XIX века в Воронежской области ареал степного сурка начинает фрагментироваться, а численность падать – главным образом из-за бурного развития земледелия и бесконтрольной охоты. К середине столетия известные в области колонии сурков сохранились только в Каменной степи.

Каменная степь – комплексный государственный природный заказник на базе ФГБНУ «Воронежский федеральный аграрный научный центр имени В.В. Докучаева». Он расположен в восточной части Воронежской области (Таловский район), на водоразделе рек Битюга и Хопра, в районе распространения типичных черноземов. Аграрный центр был создан еще в начале XX века самим В.В. Докучаевым с целью формирования экспериментальной системы полевых защитных и водоохраных лесополос.

В 1947 году в Каменной степи имелось около 1050 сурков. Численность сурков постепенно снижалась. В начале 50-х годов она сократилась примерно до 500 особей, в 1956 году – до 300. Учеты 1966–1972 годов показали, что в колонии обитает около 100 сурков. В 1980 г. население колонии составляло 35 особей, в 1982 г. – 40–50, в 1993 г. – 30–35 зверей.

Главным фактором сокращения численности, по нашему мнению, стал подъем грунтовых вод, вызванный созданием мощной сети полевых защитных лесополос. Согласно личному сообщению сотрудника НИИСХ В.В. Чайкина, в конце 1990-х годов поселение в Каменной степи полностью прекратило существование – опять же из-за подъема уровня грунтовых вод. Но через несколько лет на «северный» участок вернулись потомки ранее эмигрировавших отсюда сурков, возродив существующую поныне колонию. В 2018–2019 годах было проведено обследование этой колонии. В 2018 году здесь было отмечено 2–3 сурка и 3–4 посещаемых бутана с используемыми норами.

Данный участок был обследован нами в июне 2024 года. Всего учтено 4–5 особей сурков. Все они – взрослые или годовалые, сеголеток не отмечено. Судя по всему, все звери относятся к одной семейной группе. Вероятно, 2 сурка составляют доминирующую пару, а 2–3 оставшиеся особи – годовалые. Плотность населения сурков в колонии – около 1.03–1.28 экз./га.

Работа рекомендована к.г.н., с.н.с. В.Ю. Румянцевым.

Seasonal CO<sub>2</sub> emissions from virgin and arable chernozems in Transbaikalia were studied under a sharply continental climate. It was found that respiration rates are determined by temperature and humidity, peaking in summer. Virgin soils emit more CO<sub>2</sub> due to their higher humus content. In spring and autumn, cold and moisture deficits sharply reduce gas exchange. The results reflect the sensitivity of chernozems to climate and anthropogenic impacts.

Эмиссия CO<sub>2</sub> чернозёмов Забайкалья является важным индикатором функционирования степных экосистем региона, где резко континентальный климат, глубокое сезонное промерзание и выраженный дефицит влаги определяют динамику почвенного дыхания. В условиях возрастающей аридизации и активного сельскохозяйственного использования чернозёмов особенно актуально изучение интенсивности выделения углекислого газа как показателя состояния органического вещества, микробиологической активности и устойчивости почв.

Исследованы целинные и пахотные чернозёмы мучнисто-карбонатные Тугнуйской котловины в условиях резко континентального климата Забайкалья. Почвы промерзают 5–7 месяцев до глубины 240–270 см. Средняя температура января –23...–28 °С, минимальная –47...–54 °С. Проективное покрытие растительности составляет 50–60 %.

Эмиссия CO<sub>2</sub> измерялась в 2024–2025 гг. каждые 10 дней абсорбционным методом Шаркова с использованием 1 н NaOH и титрованием 0.2 н HCl. Параллельно определялись влажность и температура слоя 0–20 см. Основные характеристики почв: содержание гумуса 4.1 % (пашня) и 5.3 % (целина), мощность гумусового горизонта 25–35 см, сумма поглощённых Ca и Mg 22.6 и 29.7 мг-экв/100 г, pH верхнего горизонта 6.7–6.9, ниже 7.6–8.4.

Весной эмиссия CO<sub>2</sub> имеет низкие значения: 5.0 г/м<sup>2</sup>·сут на пашне и 12 г/м<sup>2</sup>·сут на целине. Летом, при повышении температуры до 10 °С на пашне и 10.5 °С на целине, эмиссия резко возростала, формируя два максимума в конце июня и середине июля: до 30 г/м<sup>2</sup>·сут на пашне и до 40 г/м<sup>2</sup>·сут на целине. Осенью, на фоне снижения температуры, показатели падали до 4 г/м<sup>2</sup>·сут на пашне и 10 г/м<sup>2</sup>·сут на целине.

Таким образом, эмиссия  $\text{CO}_2$  в чернозёмах мучнисто-карбонатных определяется сочетанием температуры и влажности, достигая максимума летом. Целинные почвы стабильно выделяют больше  $\text{CO}_2$ , чем пахотные, что связано с более высоким содержанием органического вещества. Двухвершинный летний максимум объясняется чередованием периодов увлажнения и засухи. Весной и осенью газообмен ограничивается низкими температурами и дефицитом влаги, что снижает интенсивность почвенного дыхания.

Работа рекомендована к.б.н., н.с. лаборатории биохимии почв ИОЭБ СО РАН Э.О. Чимитдоржиевой.

УДК 631.4

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ  
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
АГРОТЕМНО-СЕРЫХ ПОЧВ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ БИОУГЛЯ

К.М. Кавунбаева, А.А. Куракулова

Курский государственный университет, kawunbaeva@gmail.com

В агроэкосистемах оценка эмиссии  $\text{CO}_2$  отражает интенсивность разложения органического вещества и биологическую активность почвы.

Увеличение эмиссии  $\text{CO}_2$  указывает на усиление микробиологической минерализации и дыхания почвенной биоты. Биоуголь влияет на эмиссию  $\text{CO}_2$ , стимулируя рост и активность почвенных микроорганизмов, использующих его как источник энергии или субстрат. Изменения физико-химических свойств почвы, вызванные биоуглем (пористость, влагоудержание, рН), оказывают косвенное воздействие на активность микроорганизмов.

Цель работы – изучение сезонной динамики микробиологической активности почв под влиянием биоугля.

В условиях полевого мелкоделяночного опыта испытывались три дозы биоугля (0,5, 1,0 и 1,5  $\text{кг/м}^2$ ), полученного из обработанных грибных блоков на основе соломы.

В начале апреля 2024 года биоуголь был внесен в почву (0–20 см). Через 10 дней произведен посев ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Гонар и сои (*Glycine max* L.) сорта Изидор. В 2025 году изучалось последствие биоугля, внесенного весной 2024 года: по ячменю осенью 2024 года посеяна озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) сорта Гром), а весной 2025 года по сое посеян овес (*Avena sativa* L.) сорта Яков. Мониторинг почвенной эмиссии  $\text{CO}_2$  проводился ежемесячно в

течение вегетационных периодов 2024–2025 гг. методом закрытых камер. Суммарные объемы эмиссии  $\text{CO}_2$  за вегетационный сезон рассчитывались путем суммирования среднесуточных показателей дыхания за каждый месяц.

Экспериментальные данные указывают на влияние биоугля на эмиссию  $\text{CO}_2$  из почвы, зависящее от дозировки и выращиваемой культуры. Исследования 2024 года показали, что внесение биоугля в концентрации  $1.5 \text{ кг/м}^2$  увеличило эмиссию  $\text{CO}_2$  на 19.26 % в посевах озимой пшеницы, но снизило на 67.14 % в посевах сои. В 2025 году при аналогичной концентрации биоугля наблюдалось увеличение эмиссии  $\text{CO}_2$  в почве под озимой пшеницей на 8.49–23.67 % и под овсом посевным до 48.8 %.

Анализ данных выявил особенности сезонной динамики эмиссии  $\text{CO}_2$ . Летние пики обусловлены благоприятными гидротермическими условиями и интенсивной вегетацией. Осенние показатели демонстрируют влияние засухи в сентябре и низких температур в октябре, что потенциально замедляет разложение органического вещества в почве.

В целом, стоит отметить, что внесение биоугля в почву может снижать общее количество эмитированного почвой углекислого газа на 35–42 %. Данный эффект указывает на существенное влияние биоугля на сокращение выбросов  $\text{CO}_2$  из почвенного органического вещества в атмосферу в течение года.

Применение биоугля представляет собой эффективную стратегию смягчения последствий изменения климата, обеспечивая сокращение выбросов  $\text{CO}_2$  и улучшение микробиологических характеристик почв.

Работа рекомендована к.б.н., проф. Н.П. Неведровым.

УДК 631.46

## АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ АЗОТНОГО ЦИКЛА В ПОЧВАХ ЖИЛЫХ РАЙОНОВ г. ПЕРМИ

Б.Ш. Кияков

Пермский государственный национальный исследовательский  
университет, kiakovbulat135@gmail.com

Nitrogen cycle enzymatic activity in Perms residential soils depends on organic matter and pH. Reclaimed soils with neutral pH show higher urease and nitrite reductase activity.

Ферментативная активность городских почв остаётся малоизученной, а отсутствие адаптированных шкал оценки делает такие иссле-

дования актуальными. Цель работы – определить активность ферментов азотного цикла в почвах жилых районов г. Перми.

Объектами исследования стали дневные горизонты современных почв. Ферментативная активность была исследована в образцах из горизонтов: RT, RAT (рекультивационные); URay (урбиковые); W (гумусовые слаборазвитые на суглинках); ТСН (почвогрунты) При классификации придерживались подходов, предложенных Т.В. Прокофьевой с соавторами (2014) и уточнениями, предложенными М.И. Герасимовой и Н.Б. Хитровым (2022). Активность ферментов определяли колориметрически: нитратредуктазы по Гранваль-Ляжу, нитритредуктазы – с реактивом Грисса, уреазы – с реактивом Несслера. В образцах почв определили также рН водной вытяжки – потенциометрически и содержание органического углерода – по Тюрину [Минеев, 2001].

Активность нитратредуктазы отсутствовала более чем в половине проб (в квазиземах – 62.5 %, горизонтах URay – 60 %, W – 33 %), что может свидетельствовать об отсутствии субстрата в силу высокой подвижности нитратов в почвах и их вымывании. Достоверной связи между содержанием органического вещества и активностью фермента не выявлено, однако в органогенных горизонтах (RT, RAT, URay и W) активность выше (79–126 мг восстановленного  $\text{NO}_3^-$  на 10 г за сутки), чем в техногенных ТСН с низким содержанием  $\text{C}_{\text{орг}}$  (57 мг).

Максимальная активность нитритредуктазы отмечена в горизонтах RT и RAT (30–33 мг восстановленного  $\text{NO}_2^-$  на 1 г за сутки), что коррелирует с высоким содержанием органического вещества. В горизонтах с дефицитом органики активность снижается до 25–29 мг. Общий диапазон значений для исследованных почв составил 26–33 мг.

Активность уреазы, по-видимому, зависит от содержания органического вещества и рН среды. Максимум отмечен в RAT и URay (3.9–4.2 мг  $\text{N-NH}_4$  на 10 г за сутки), в горизонтах W показатели снижены до 3.5 мг. В RT квазиземов, несмотря на обилие органического вещества, активность ингибируется кислой реакцией среды (до 3.1 мг). Исследованные почвы по активности оцениваются как бедные уреазой по шкале Д.Г. Звягинцева (1978). Отсутствие в данной шкале нитрит- и нитратредуктазы подчеркивает актуальность исследования.

#### Литература

1. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48–54.
2. Минеев В.Г. и др. Практикум по агрохимии: учебное пособие / 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Изд-во МГУ, 2001. 689 С.

3. Прокофьева Т.В., Герасимова М.И., Безуглова О.С. [и др.] Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1155–1164.

4. Хитров Н.Б., Герасимова М.И. Предполагаемые изменения в классификации почв России: диагностические признаки и почвообразующие породы // Почвоведение. 2022. № 1. С. 3–14.

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

УДК 631.427

ВЛИЯНИЕ УРОВНЯ ЗАТЕНЕННОСТИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ  
АКТИВНОСТЬ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ  
БОТАНИЧЕСКОГО САДА ТУВГУ

Ш.К. Кужугетова

Тувинский государственный университет, г. Кызыл, shonia88@bk.ru

The paper presents the results of determining the biological activity of chestnut soils in the TuvGU Botanical Garden. Well-lit and semi-shaded areas show an increased intensity of soil respiration compared to areas in the shade of plants.

Основными индикаторами биологической активности почв служат интенсивность выделения углекислого газа, т.е. почвенное «дыхание», которое зависит от разных факторов. При этом чувствительность дыхания почвы к воздействию света и тепла зависит от уровня влажности во время вегетации растений. Цель исследования – изучение влияния уровня затенения на биологическую активность каштановых почв Ботанического сада ТувГУ.

Опыт заложен на каштановых супесчаных почвах учебно-опытного поля Ботанического сада ТувГУ. Климат резкоконтинентальный с продолжительной холодной зимой и жарким летом. Содержание гумуса составляет 1.7–2.0 %. Дыхание почвы определяли методом закрытых камер в полевых условиях, результаты эксперимента фиксировали ежедневно в вечернее время в течении 10 дней в конце июня 2025 г. Камеры были установлены в разных по уровню затененности местах: 1) полузатененная точка около забора с высотой 2.5 м; 2) открытая точка без растительности; 3) затененная точка под кроной дерева и высокорослых травяных растений (рис.).

Исследования выявили ощутимое влияние затененности на биологическую активность почвы. На участках с полутенью за 10 дней бы-

ло зафиксировано максимальное выделение  $\text{CO}_2$  – 18.66 мг/дм<sup>2</sup>ч, на открытых участках выделение  $\text{CO}_2$  составило 17.82 мг/дм<sup>2</sup>ч. Отмечается, что в первые 4 дня эксперимента интенсивность дыхания почвы в тени превосходила показатели открытых участков, однако затем последовало резкое снижение.

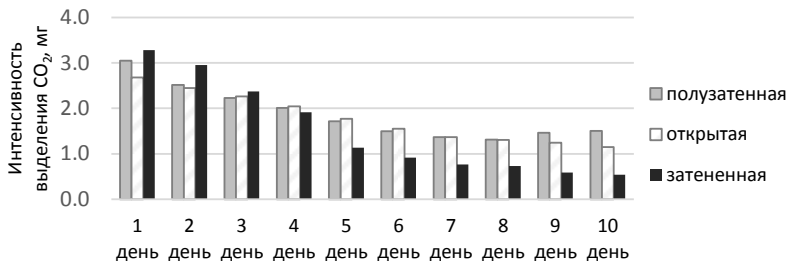


Рисунок. Интенсивность дыхания каштановых почв Ботанического сада ТувГУ (лето 2025 г.).

Таким образом, незатененные и полузатененные зоны показывают более высокую интенсивность почвенного дыхания, нежели участки, покрытые растительностью. Со временем дыхание каштановых почв в затененных участках снижается в 2–3 раза относительно открытых территорий.

Работа рекомендована к.б.н., доц. С.О. Канзываа.

УДК 631.4

#### ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ АГРОТЕМНО-СЕРЫХ ПОЧВ БИОУГЛЕМ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ПОСЕВНОГО ОВСА

А.А. Куракулова, К.М. Кавунбаева

Курский государственный университет, kurakulova2005@yandex.ru

В сельском хозяйстве для повышения урожайности применяются различные удобрения, компенсирующие дефицит элементов питания в почве, что критически важно для роста и развития растений, а также их защиты от вредителей и болезней. При этом, значительная доля органических отходов сельского и лесного хозяйства (15–20 %) остается невостребованными, хотя они могли бы служить сырьем для производства биоугля. Отработанные грибные блоки и биоуголь рассматриваются как экологически чистые и эффективные удобрения, способствующие

шие улучшению плодородия почв и повышению продуктивности агро-экосистем. Использование биоугля также является экологически безопасным методом улучшения почвы.

Целью работы является исследование воздействия биоугля на урожайность озимой пшеницы, посевного овса.

В полевом эксперименте, проведенном в вегетационный сезон 2025 года, изучалось влияние биоугля на урожайность культур злаков, выращиваемых в условиях обработки агротемно-серых почв биоуглем из отработанных соломенных субстратов для выращивания ксилотрофных грибов. Дозы внесения биоугля составляли: 0,5, 1,0 и 1,5 кг/м<sup>2</sup>. Биоуголь вносился в почвы весной 2024 г. Контрольный вариант не включал внесение удобрений. Повторность опыта – трехкратная.

Сбор урожая осуществляли в июле-августе 2025 года. Урожайность культур определялась по массе 1000 семян в соответствии с требованиями ГОСТ 10842-89 [1], а также измерялась сухая масса надземной части исследуемых культур.

Внесение биоугля в дозе 1 кг/м<sup>2</sup> выявило умеренное, но статистически значимое увеличение массы 1000 семян озимой пшеницы на 2,27 % по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ). Примечательно, что для посевного овса оптимальной оказалась доза 0,5 кг/м<sup>2</sup>, приводящая к более выраженному увеличению массы 1000 семян на 5,44 % относительно контроля.

У озимой пшеницы на контроле фиксировалась наибольшая урожайность по сравнению с вариантами, в которых применялся биоуголь. Разница между контролем и дозировкой 1 кг/м<sup>2</sup> биоугля достигла 13,5 %. Применение различных доз органического удобрения привело к снижению объема побочной продукции озимой пшеницы. В то же время, у овса внесение биоугля в дозе 1 кг/м<sup>2</sup> вызвало увеличение сухой массы растений на 3,54 % по сравнению с контрольной группой, что подчеркивает различное влияние биоугля на разные культуры.

Внесение биоугля в почву в исследуемых концентрациях оказывает статистически значимое влияние на биомассу растений и семян. Вероятно, это связано с изменением физических, химических и биологических свойств почв.

#### Литература

1. ГОСТ 10842-89 (ИСО 520-77). Зерно зерновых и бобовых культур и семена масличных культур. Метод определения массы 1000 зерен или 1000 семян. М.: Стандартинформ, 2009. Дата введения 01.07.91.

Работа рекомендована к.б.н., проф. Н.П. Неведровым.

УДК 631.44; 631.417.1

## ВОДОРАСТВОРИМЫЕ ФОРМЫ УГЛЕРОДА И МИКРОБНАЯ БИОМАССА В КАТЕНАХ ПОЧВ ГОРНОГО КРЫМА

Е.А. Кутузова

Пушкинский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»

ekaterina.kutuzova.03@inbox.ru

The main factor influencing the increase in the content of water-soluble forms of carbon and microbial biomass is the broad-leaved forest phytocenosis. The proportion of water-soluble organic carbon prevailed in the coniferous forest.

Объектом исследования являются почвы катены, Горного Крыма расположенные на высотах от 1316 до 1344 м над уровнем моря. Длина трансекты составила 650 м. В ее пределах было заложено 5 почвенных разрезов в различных геоморфологических разностях: на склоне северной экспозиции буковый лес (бурозём) – склон северной экспозиции луг (темногумусовая) – водораздел луг (литозём) – склон южной экспозиции луг (темногумусовая) – склон южной экспозиции сосновый лес (стратоземы темногумусовые). Почвообразующая порода – элюво-делювий известняка.

Определяли содержание общего водорастворимого углерода и его минеральной части на анализаторе ТОПАЗ, органические формы рассчитывали путем вычитания минеральной части из общего состава. Микробную биомассу рассчитывали методом субстрат-индуцированного дыхания (V-SIR).

Максимальное содержание водорастворимого углерода (DOC) обнаружено в поверхностных горизонтах (0–5 см) всех типов почв, что, вероятно связано с опадом (рис.). Исключением был слой 20–40 см в лесу на северном склоне из-за более тяжелосуглинистого состава. В зависимости от типа почв уменьшение содержания DOC различалось с глубиной не линейно. Доля водорастворимого органического углерода от DOC преобладала в хвойном лесу.

Максимальное значение углерода микробной биомассы (МБ) было также в лесу на северном склоне (0–5 см 1400 мг С/г). В случае с участком «Луг север» содержание МБ, оказалось относительно низким по отношению к водоразделу и участкам на южном склоне.

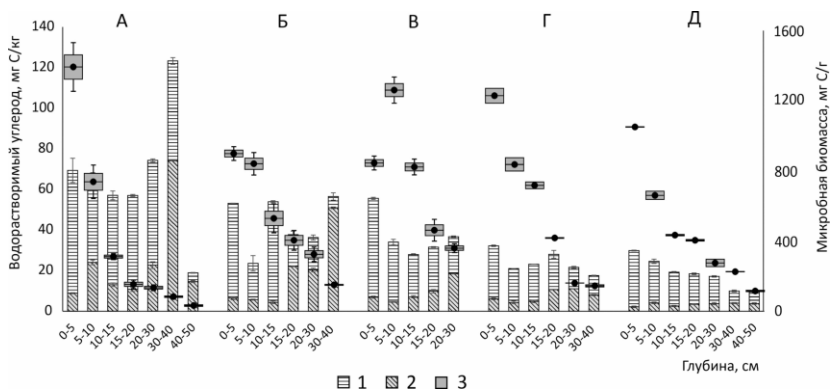


Рисунок. Содержание минерального (1) и органического (2) водорастворимого углерода, а также микробной биомассы (3) в почвах букового леса север (А), луга север (Б), луга водораздела (В), луга юг (Г), соснового леса юг (Д)

Работа выполнена при поддержке РФФ, грант 22-68-00010.

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

УДК 631.433.3

### ИНТЕНСИВНОСТЬ ПОЧВЕННОГО ДЫХАНИЯ И АКТИВНОСТЬ ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВАХ ТЮМЕНСКОГО КАРБОНОВОГО ПОЛИГОНА Д.А. Леонов

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

The studies conducted at the key site of the carbon landfill confirm that the stability and functional efficiency of microbial communities are closely related to the genetic type of soils, the content and quality of organic matter, as well as hydrothermal conditions.

В 2024 г. на территории ключевого участка карбонового полигона был проведен отбор почвенных образцов из 10 разрезов в интервалах 0–5, 5–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–70 и 70–100 см из следующих типов почв: торфяник олиготрофный (ТТо), торфяник эутрофный (ТТе), перегнойно-глеевая, элювиально-иллювиально-текстурная (Дг), перегнойно-

глеевая типичная, перекрытая стратифицированными водно-аккумулятивными наносами ( $D_{г-АКВ}$ ), дерново-подзолистая типичная (Пд), дерново-подбур глееватый ( $ПБ_{дг}$ ).

Максимальные значения базального дыхания ( $V_{basal}$ ) и углерода микробной биомассы ( $C_{мик}$ ) в горизонте 0–30 см характерны для торфяников. Так, в торфяниках олиготрофных  $V_{basal}$  достигает  $3.61 \text{ мг С-СО}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ , а  $C_{мик}$  –  $817 \text{ мг С} \cdot \text{г}^{-1}$  почвы. ТТе характеризуется несколько меньшими значениями этих показателей, что согласуется с более низким отношением C/N (14.0). В органо-минеральных почвах ( $D_{г}$ ,  $D_{г-АКВ}$ ) значения  $V_{basal}$  и  $C_{мик}$  снижаются в 4–6 раз по сравнению с торфяниками. Минеральные почвы (Пд,  $ПБ_{дг}$ ) характеризуются минимальными значениями  $C_{мик}$  (233–325  $\text{мг С} \cdot \text{г}^{-1}$ ) и относительно низким уровнем базального дыхания. Для всех исследованных почв характерна отчетливая приуроченность максимальных значений дыхательной активности в слое 0–5 см, а в органогенных почвах – 5–10 см. В органо-минеральных и минеральных почвах наблюдается быстрое затухание  $V_{basal}$ , уже глубины ниже 10–20 см дыхательная активность резко снижается. В ТТе фиксируется выраженный пик  $V_{basal}$  в горизонте 0–5 см (до  $\sim 14.5 \text{ мг С-СО}_2 \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{ч}^{-1}$ ), за которым следует резкое снижение (10–20 и 20–30 см). В отличие от них, ТТо демонстрирует высокий уровень дыхания на глубине. Наиболее высокие значения  $C_{мик}$  характерны для органогенных почв. В верхнем горизонте олиготрофного торфяника содержание углерода микробной биомассы достигает  $\sim 1100 \text{ мг С} \cdot \text{г}^{-1}$  почвы, в эвтрофном – около  $\sim 1400 \text{ мг С} \cdot \text{г}^{-1}$  почвы. При этом выделяется ТТо не только высокими значениями в поверхностном горизонте, но и сохранением значимой микробной биомассы на глубине до 70–100 см. В остальных почвах к интервалам 40–70 и 70–100 см значения  $C_{мик}$  приближаются к минимальным (20–30  $\text{мг С} \cdot \text{г}^{-1}$  почвы).

В целом, совокупность показателей  $V_{basal}$ ,  $C_{мик}$ ,  $q\text{CO}_2$  подтверждает, что устойчивость и функциональная эффективность микробных сообществ тесно связаны с генетическим типом почв, содержанием и качеством органического вещества, а также гидротермическими условиями.

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., проф. А.А. Юртаевым, к.г.-м.н., в.н.с. О.С. Шварцевой.

ВЗАИМОСВЯЗЬ БАКТЕРИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА  
С ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИМИ ПАРАМЕТРАМИ ПОЧВЕННОГО  
МЕЛКОЗЕМА И Fe-Mn ОРТШТЕЙНОВ  
ПОЧВ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА  
Е.С. Мартыненко<sup>1,2</sup>, Я.О. Тимофеева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия  
<sup>2</sup>ФНЦ Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,  
Владивосток, Россия  
martynenko98@inbox.ru

This paper presents data on the study of the bacterial community of the soil matrices and ferromanganese nodules and to investigate the expected influence of the bacterial community on the elemental composition of ferromanganese nodules in the south of the Russian Far East.

Железо-марганцевые ортштейны (ЖМО) – это почвенные органо-минеральные образования, геохимические микробарьеры, обладающие сорбционными свойствами и являющиеся одним из механизмов самоочищения почв. Вопрос формирования ЖМО остается дискуссионным. Многие авторы указывают на участие бактерий в формировании ЖМО. Однако, исследования микробного сообщества обычно проводятся на территориях, подверженных антропогенной нагрузке. Изучение бактериального сообщества ЖМО условно незагрязнённых территорий даст представление о не нарушенном бактериальном составе ЖМО. Образцы для исследования бактериального разнообразия почвенного мелкозема и ЖМО отбирались из почв условно незагрязнённых территорий на юго-западе Приморского края. Суммарную ДНК из образцов выделяли набором «Meta Soil» (Raissol™, Россия) в соответствии с инструкциями производителя. Метагеномное секвенирование V3-V4 переменных регионов гена 16s рРНК проводилось на секвенаторе Illumina NovaSeq X. Для изучения взаимосвязи бактериального сообщества почвенного мелкозема и ЖМО с физико-химическими параметрами почвенного мелкозема и ЖМО, выделено 35 доминирующих семейств. Одни и те же бактериальные семейства трансформировали различные соединения в почвенном мелкоземе и ЖМО. Так, бактериальные семейства из группы № 1 в почвенном мелкоземе, трансформирующие Mn, в ЖМО переходили на трансформацию других соединений (SOC, TN, Ca, Fe и Co), только пять семейств продолжали трансформировать Mn в ЖМО. Бактериальные семейства из группы № 2, в почвенном мелкоземе коррелировали с Fe, в ЖМО бактерии трансформировали CaO, SOC,

TN, MnO, K<sub>2</sub>O и Pb. Группа № 3 содержала бактериальные семейства, зависящие от K и Ca в почвенном мелкоземе, эти семейства продолжали трансформировать эти элементы в ЖМО. В группе № 4 бактериальные семейства, связанные с Co в почвенном мелкоземе в ЖМО коррелировали с SOC. Основными факторами, влияющими на разнообразие и численность бактерий в ЖМО, были богатые марганцем органические соединения и азотсодержащие соединения.

Работа рекомендована к.б.н., проф. кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов ДВФУ М.Л. Сидоренко.

УДК 631.4

### ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОГНЯ И ДЫМА НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ КЛАССА ГИДРОЛАЗ

М.С. Нижельский, М.Д. Богачкова, Д.А. Автоломеенко, В.А. Карпов  
Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, nizhelskiy@sfedu.ru

Pyrogenic exposure had a negative impact on the enzymatic activity of common chernozem. As a result of thermal exposure (fire) to the soil, the activity of invertase and urease was inhibited by 94 %. After exposure to gaseous substances (smoke), the activity of invertase decreased by 7 %. No significant changes were observed in the activity of urease.

Пожары представляют угрозу для окружающей среды и почв, в частности, вследствие меняющихся климатических условий, а также антропогенной деятельности. При этом, особое беспокойство вызывает термическое воздействие, поскольку оно оказывают сильное воздействие на физические, химические и биологические свойства почв. Помимо огня, опасность представляют и газообразные вещества. Они могут оказывать токсическое воздействие как на здоровье людей, так и на свойства почв вследствие осаждения. Цель данного исследования – оценить воздействие огня и дыма на активность почвенных ферментов класса гидролаз (инвертаза, уреазы).

Было выполнено два модельных эксперимента в естественных условиях в ботаническом саду ЮФУ. Продолжительность каждого опыта составила 75 минут. В первом эксперименте исследовали воздействие огня на почву (чернозем обыкновенный), во втором исследовании оценивали эффект дыма на почву при моделировании пожара. Активность почвенных ферментов была определена по общепринятым в почвоведении методам.

В результате исследования было выявлено ингибирование инвертазы и уреазы на 94 % после влияния огня относительно контроля (рис.). После воздействия дыма активность инвертазы снизилась только на 7 %, а достоверных значений активности уреазы не установлено.

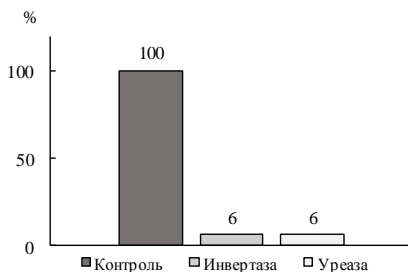


Рисунок. Изменение активности инвертазы и уреазы после воздействия огня на почву.

Таким образом, анализирую все вышеперечисленное, можно сделать вывод, что факторы пирогенного воздействия повлияли на ферменты класса гидролаз чернозема обыкновенного. В большей степени, на снижение активности ферментов почвы повлиял огонь, а не дым.

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта ПСАЛ Южного федерального университета («Приоритет 2030») проект – создание лаборатории постпирогенных почв, № СП-11-25-04.

Работа рекомендована д.г.н., проф. К.Ш. Казеевым.

УДК 631.4

ОЦЕНКА СТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ КОМПОСТА И ФОСФОГИПСА НА МЕТАБОЛИЗМ *BACILLUS SUBTILIS* И *PSEUDOMONAS PUTIDA* В СВИНЦОВО-ЦИНКОВОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

А.М. Никитенко<sup>1</sup>, П.И. Васнев<sup>1</sup>, С.А. Дроздов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

<sup>2</sup>ФИЦ РАН ИФХиБПП

brokendrummachine@mail.ru

Assessment of the Stabilizing Effect of Compost and Phosphogypsum on the Metabolism of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas putida* in Sod-Podzolic Soil Contaminated with Lead and Zinc. The laboratory experiments assessed the inhibitory effect of Pb and Zn (0.1, 1, 2 MPC) on the metabolic

activity of *B. subtilis* and *P. putida* in degraded sod-podzolic soil, and the stabilizing potential of quail manure compost and phosphogypsum. A dose-dependent suppression of respiratory, protease, and lipase activity was established. The amendments reduced metal toxicity and stimulated microbial functions, confirming their relevance for soil remediation and bioindication.

В работе обобщены данные лабораторных экспериментов по ингибирующему действию свинца и цинка (0.1, 1 и 2 ПДК; ПДК для Pb – 32 мг/кг, для Zn – 23 мг/кг) на метаболическую активность модельных микроорганизмов *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas putida* в антропогенно-измененной дерново-подзолистой почве.

Целью исследования была оценка стабилизирующего эффекта органического (компост из помета перепелов) и минерального (фосфогипс) мелиорантов.

Объектами исследования служили пахотный горизонт дерново-подзолистой суглинистой почвы и штаммы *Bacillus subtilis* В-9865 и *Pseudomonas putida*. Металлы вносили в виде растворов ацетатов свинца и цинка в концентрациях 0.1, 1 и 2 ПДК. Мелиоранты применяли в дозах: компост – 200 г/м<sup>2</sup> (10 % от массы почвы), фосфогипс – 150 г/м<sup>2</sup>.

Дыхательную активность оценивали по накоплению СО<sub>2</sub> в замкнутой системе с последующим определением на газовом хроматографе Кристалл-2000М после 3.5 ч инкубации с глюкозой [1, 2]. Протеазную активность определяли спектрофотометрически по гидролизу казеина [3]. Липазную активность измеряли по гидролизу р-нитрофенилпальмитата с регистрацией образования р-нитрофенола при 410 нм [4]. Статистическую обработку данных проводили с использованием дисперсионного анализа (ANOVA) и t-критерия Стьюдента при  $p < 0.05$ .

Установлено выраженное дозозависимое подавление метаболической активности всех исследуемых видов у обоих тест-объектов. *Bacillus subtilis* проявил большую чувствительность к токсикантам по сравнению с *Pseudomonas putida*. При максимальной исследуемой концентрации (2 ПДК) дыхательная, протеазная и липазная активность *B. subtilis* снижалась до 18–45 % от контроля, в то время как у *P. putida* – до 55–78 % в зависимости от металла и типа активности. Цинк проявлял несколько меньшую токсичность по сравнению со свинцом.

Внесение мелиорантов оказало стабилизирующий эффект на микробный метаболизм в условиях загрязнения. Наибольший стабилизирующий эффект в отношении *B. subtilis* наблюдался при применении фосфогипса. Для *P. putida* оба мелиоранта показали сопоставимую эффективность.

## Литература

1. Zeng Q. et al. Effects of Organic Soil Amendments on Antimicrobial-Resistant Bacteria in Urban Agriculture Environments // *Journal of Food Protection*. 2024. DOI: 10.1016/j.jfp.2024.100344.
2. Luo X., Yang L., Huang P., Chen H. et al. Physicochemical features, metal availability and enzyme activity in heavy metal-polluted soil remediated by biochar and compost // *Sci. Total Environ.* 701, 134751 (2020). DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134751.
3. Cupp-Enyard C. Sigma's Non-specific Protease Activity Assay – Casein as a Substrate // *J. Vis. Exp.* 2008. № 19. e899.
4. IUPAC Protocol (Vorderwülbecke et al., *Enzyme Microb. Technol.*, 1992).

Работа рекомендована д.б.н., проф. И.И. Васеневым.

УДК 579.64

## ВЛИЯНИЕ КОФЕЙНОГО ЖМЫХА НА ПОЧВЕННЫЙ МИКРОБИОМ

Н.В. Похвала

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, francipiy31@gmail.com

This paper examines the comparative characteristics of the soil microbiome composition after applying various doses of coffee grounds. The study focused on the disturbance of Umbric Albic Luvisols at the agroecological station of the Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev.

В работе рассмотрена сравнительная характеристика состава почвенного микробиома при внесении различных дозировок кофейного жмыха. Исследования проводились на нарушенных дерново-подзолистых почвах агроэкологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Деятельность микроорганизмов – важнейшая составляющая почвообразования. С ней связаны многочисленные и сложные биохимические процессы, которые происходят в почве. Невозможно получить качественную сельскохозяйственную продукцию, при этом сохранив почвенное плодородие, без понимания особенностей основных микробиологических процессов, сопровождающих трансформацию органических веществ и азота.

Цель работы – исследовать влияние кофейного жмыха на почвенный микробиом.

В ходе работы в качестве исследуемых микроорганизмов были выбраны аммонифицирующие бактерии, микроскопические грибы, актиномицеты, аэробные свободноживущие азотфиксаторы и целлюлозоразлагающие бактерии. Для аммонифицирующих бактерий, микроскопических грибов и актиномицетов использовался метод «серийных разведений» [1]. Посев аэробных азотфиксаторов и целлюлозоразлагающих бактерий был произведен методом «комочков» [1]. Посевы производились на основании образцов почв, взятых из вегетационных сосудов с разными дозировками кофейного жмыха (Вариант 1 – 7 г; Вар. 2 – 14 г; Вар. 3 – 21 г кофейного жмыха на 0.04 м<sup>2</sup> и Контроль).

По итогам исследований качественный состав микрофлоры почвы в основном представлен микроорганизмами родов *Bacillus* и *Pseudomonas*. Исследования микроскопических грибов показали следующие результаты: в Контроле и Вар. 1 преобладают грибы рода *Fusarium*. В Вар. 3 концентрации грибов этого рода заметно меньше. Во всех исследуемых образцах присутствуют единичные колонии актиномицетов, предположительно рода *Streptomyces*. Исследование целлюлозразлагающих микроорганизмов показало, что в основном микробиом представлен бактериями рода *Bacillus*. Исследование аэробных азотфиксаторов показало высокое количество бактерий рода *Azotobacter* во всех концентрациях.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о том, что даже небольшое количество кофейного жмыха (Вар. 1) положительно влияет на почвенный микробиом.

#### Литература

1. Нетрусов А.И. Егорова М.А., Захарчук Л.М. Практикум по микробиологии: Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. Под ред. А.И. Нетрусова. М.: Изд. центр «Академия», 2005. 608 с.

Работа рекомендована ассистентом кафедры экологии О.С. Латышевой и ассистентом кафедры микробиологии и иммунологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева А.В. Алешкиной.

Local waterlogging increases  $\beta$ -glucosidase activity in chernozem soils compared to adjacent arable land.

На территории юга Ростовской области существует проблема появления зон локального подтопления грунтовыми водами. В результате формируются переувлажнённые ландшафты, на которых исходные черноземы подвергаются значительной трансформации. Целью работы было определение изменения активности  $\beta$ -гликозидазы чернозема миграционно-сегрегационного в очаге локального переувлажнения.

Объектом изучения был участок переувлажнения в Зерноградском р-не Ростовской области размером 560×100 метров и представляющий собой многолетнюю залежь, располагающуюся в небольшом понижении рельефа на территории агроценоза, где сформировались разрозненные очаги, образованные тростником обыкновенным, вейником наземным и рудеральными мезофильными видами, с присутствием отдельных экземпляров вяза шершавого и лоха серебристого. Почвы на участке переувлажнения классифицированы как черноземы квазиглееватые, на пашне, которая находится вне зоны подтопления – как агро-черноземы миграционно-сегрегационные. При отборе образцов использовался метод линейных трансект [1], отбирался верхний горизонт 0–15 см глубиной. Определение активности фермента производилось модифицированным методом Ф. Эйвази и М. Татабая [2].

Исследуемый фермент играет важную роль в почвах, так как принимает участие в процессах биодegradации и разложении растительных остатков. Участок переувлажнения выведен из сельскохозяйственного оборота и поэтому растительный покров сохраняется на нем в течение всего года. Эти причины способствуют накоплению органического вещества в верхних горизонтах почвы, поэтому была высказана гипотеза об увеличении активности этого фермента в очаге переувлажнения по сравнению с прилегающей пашней. Исследования подтвердили высказанное предположение, наблюдается статистически достоверное ( $p = 0.05$ ) увеличение активности этого фермента на той части ландшафта, которая занята влаголюбивой растительностью (рис.).



Рисунок. Активность  $\beta$ -глюкозидазы в изучаемых почвах.

Таким образом, увеличение влажности верхнего горизонта и связанное с этим сохранение растительного покрова в очаге переувлажнения способствует увеличению активности  $\beta$ -глюкозидазы, тем более, что в составе доминирует тростник обыкновенный, биомасса которого содержит большое количество целлюлозы, являющегося субстратом для фермента.

#### Литература

1. Грабовский В.И., Замолдчиков Д.Г. Модели оценки запасов валежа по данным учетов на трансектах // Лесоведение. 2012. № 2. С. 66–73.
2. Eivazi F. and Tabatabai M.A. Phosphatases in soils // Soil Biological & Biochemistry. 1977. Vol.9. P. 167–172.

Работа рекомендована д.б.н. С.А. Тищенко.

УДК 631.81.095.338

### АКТИВНОСТЬ НИТРАТРЕДУКТАЗЫ ЛИСТЬЕВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РАСТЕНИЙ АЗОТОМ

М.М. Смирнов

Санкт-Петербургский государственный университет  
 st106864@student.spbu.ru

This study examines nitrate reductase activity as an indicator of nitrogen supply under different nitrogen and iron regimes.

Нитратредуктаза (НР) – фермент азотного обмена растений, катализирующий восстановление нитрата до нитрита. Процесс осуществляется с участием входящей в состав НР гемовой формы железа (Fe) и при нитратном питании является ключевым этапом в ассимиляции азота. Поэтому активность НР (НРА) рекомендуют использовать в качестве диагностического показателя азотной обеспеченности растений. Вместе с тем информативность НРА при диагностике азотного питания растений на фоне недостатка железа практически не изучена [1]. Не исследована также пригодность показателя НРА для оценки азотного статуса растений в почвенных условиях при использовании щелочных мелиорантов. Их применение может ограничивать доступность железа растениям и лимитировать НРА.

Цель работы – оценка информативности показателя НРА листьев при диагностике обеспеченности растений азотом в условиях, лимитирующих функционирование НР вследствие недостатка подвижных форм железа в питательной среде.

Эксперименты проводили с растениями, выращиваемыми в условиях гидропоники (огурец – *Cucumis sativus* L.) и почвенной культуры (ячмень – *Hordeum vulgare* L.). Концентрации азота в питательных средах варьировали путем разбавления питательного раствора (гидропоника) или путем внесения азотных удобрений в различных дозах (почва). Дефицит железа создавали исключением Fe из состава питательного раствора, либо внесением в почву щелочного мелиоранта (продукта газификации куриного помёта). Активность НР листьев определяли по скорости образования нитрита в инкубационном растворе с погруженными в него фрагментами листовых пластинок. В инкубационном растворе с нитратом определяли потенциальную НРА, в растворе без нитрата оценивали актуальную НРА. Появление разницы между потенциальной и реальной НРА ( $\Delta$  НРА) трактовалось как симптом недостатка нитрата в листьях растений.

При уменьшении концентрации нитрата в питательном растворе происходило снижение сухой массы листьев и побегов растений огурца. Площадь листьев снижалась при уменьшении концентрации азота и дефиците железа в питательном растворе. Дефицит железа в большей степени, чем дефицит азота способствовал снижению концентрации хлорофилла в листьях. Указанные симптомы сопровождалось снижением концентрации азота и железа в листьях огурца при дефиците этих элементов в питательном растворе.

В условиях нормального снабжения растений железом с уменьшением концентрации нитрата в питательном растворе величина  $\Delta$ НРА

существенно возрастала. Причём, снижение относительно контроля актуальной НР происходило в большей степени, чем потенциальной. Это свидетельствует о недостатке нитрата в листьях, т.к. НР является субстратиндуцибельным ферментом. При дефиците железа и нормальном снабжении растений азотом  $\Delta$ НРА была нулевой, хотя абсолютные значения НРА были ниже, чем в контрольном варианте.

В условиях почвенного эксперимента наблюдали положительную корреляцию между концентрацией нитрата в почве и актуальной НРА листьев ячменя. Потенциальная активность НР листьев не зависела от концентрации нитрата в почве. Достоверные же отличия  $\Delta$ НРА регистрировали при ограниченной доступности минеральных форм азота растениям. При добавлении в почву щелочного мелиоранта активность НР не снижалась. Возможно, внесение мелиоранта в изучаемых дозах не влияло на доступность железа растениям.

Таким образом, показатель  $\Delta$ НРА можно рассматривать как специфический диагностический признак, отражающий азотный статус растений. Информативность показателя сохраняется даже на фоне недостатка железа, вызывающего визуальные симптомы (пожелтение листьев), похожие на таковые при недостатке азота.

#### Литература

1. Ravikumar S. et al. Real-time nitrogen monitoring and management to augment N use efficiency and ecosystem sustainability—A review // *Journal of Hazardous Materials Advances*. 2024. Т. 16. С. 100466.

Исследования проведены с использованием оборудования ресурсного центра «Методы анализа состава вещества» научного парка СПбГУ, проект № 2510-087.

Работа рекомендована к.б.н., доц. К.Л. Якконеном.

УДК 631.427.2

### ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ МЕТОДОМ СИД В ПОЧВАХ СОЛОНЦОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Л.В. Султанов

Федеральный исследовательский центр «Пушчинский научный центр биологических исследований РАН», vladislavovich24@yandex.ru

A study of the microbial biomass of soils of natural pastures in the dry steppe zone was conducted using the SID method at different glucose concentrations and different storage conditions. Almost all the biological bio-

mass is concentrated in the surface layer (0–2 cm). Keeping the samples moist provides more objective SIR results.

Проведено исследование микробной биомассы методом СИД в почвах естественных пастбищ. Объекты исследования расположены в сухостепной зоне на севере Ергенинской возвышенности (Октябрьский район Волгоградской области). В геоморфологическом плане объекты приурочены к верхней части склона южной экспозиции. На участке хорошо видны следы интенсивной пастбищной нагрузки в виде многочисленных скотосбойных троп, отдельных участков с полностью уничтоженным растительным покровом. Характерно повсеместное распространение бутан землероев. Исследованы следующие почвенные разновидности: участок перехода каштановой почвы в солонец, почвы микропонижений, поверхностно-карбонатные почвы под бутанами землероев, почвы скотосбойных троп, абраземы солонцовые с утраченным горизонтом SEL (бедленды).

Микробную биомассу определяли методом субстрат-индуцированного дыхания при разной концентрации раствора глюкозы (10 мг/г, 2.8 мг/г и 0.6 мг/г). Оценивали микробную биомассу в условиях нативной влажности, в воздушно-сухом состоянии и при инкубировании при влажности 20–30 %.

1. Наибольшая микробная биомасса, определяемая методом СИД, характерна для каштановых почв и почв микрозападин. Минимальные значения характерны для почв бедлендов.

2. Большинство образцов показали наибольший респираторный отклик при внесении глюкозы в концентрации 2.7 мг/г почвы. Исключение составили поверхностные слои каштановой почвы, коркового солонца, и бедленда, где эффективнее оказалась стандартная концентрация 10 мг/г. Добавление 0.6 мг/г глюкозы показало наименьшую эффективность.

3. Сравнение респираторного ответа при хранении почвы при различной влажности показало, что в верхних слоях респираторные отклики почв, находившихся в воздушно-сухом состоянии и при влажности 20–30 %, довольно близки. При этом в более глубоких слоях почв в воздушно-сухом состоянии респираторные отклики на внесение глюкозы были выше.

4. Преобладающая часть микробной биомассы почв солонцового комплекса сконцентрирована в поверхностном слое 1–2 см. Особенно сильно заметна разница между двумя верхними слоями в почвах коркового солонца, где в слое 0–3 см респираторные отклики были выше в 30

раз по сравнению с нижележащим слоем. Таким образом показано, что в условиях сухостепной зоны микробная биомасса СИД сосредоточена в верхнем 1–2 см слое.

Работа выполнена при поддержке РФФ, грант 22-68-00010.

Работа рекомендована к.б.н., в.н.с. Института физико-химических и биологических проблем почвоведения ФИЦ ПНЦБИ РАН А.В. Борисовым.

УДК 631.544.73

ОЦЕНКА АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЧЕРНОЗЕМОВ  
ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ  
В ПОСЕВАХ ПОКРОВНЫХ МОНОКУЛЬТУР

А.Н. Федоренко, Н.А. Кондрашова

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, fedorenko-  
N13@yandex.ru

The effectiveness of cover crops is determined by the correct selection of species composition. Allelopathic activity is most pronounced in the 10–20 cm soil layer. Both an inhibitory effect (up to 30 %) and a stimulating effect (up to 20 %) are observed.

Исследования покровных монокультур крайне актуальны, поскольку они позволяют целенаправленно подбирать растения-сидераты для восстановления деградированных земель и минимизации использования химических гербицидов.

Цель исследования заключалась в оценке аллелопатической активности черноземов в посевах покровных монокультур.

В 2025 году в селе Петино (Хохольский район Воронежской области) проведен полевой деляночный модельный эксперимент, посвященный изучению влияния различных видов покровных культур на основную культуру – озимую пшеницу сорта «Алексеич» (*Triticum aestivum* L.). Объектом исследования, согласно Национальному атласу почв Российской Федерации (2011), являются почвы, относящиеся к черноземам типичным, а по международной классификации WRB к *Voronich Chernozem*. Опытные делянки (площадью 3 м<sup>2</sup>) засеивались 20 видами покровных культур, относящихся к семействам: амарантовые (амарант), бобовые (вика, горох, люпин, нут, пелюшка, соя, чечевица), водолистниковые (фацелия), гречишные (гречиха), злаковые (кукуруза, овес, суданская трава), крестоцветные (горчица белая, рапс яровой, редька масличная), льновые (лен) и сложноцветные (осот, подсолнечник, сафлор).

Исследование аллелопатической активности на организменном уровне проводили общепринятой методикой биологических проб А.М. Гродзинского (1987) [1]. Выделение аллелопатически активных веществ из почвы проводили путем настаивания почвенного образца с дистиллированной водой при соотношении почва-вода 1:1 в течение 24 часов при комнатной температуре (от 18 до 24 °С). Семена озимой пшеницы помещали по 30 штук на двойной фильтр в чашки Петри и смачивали по 5 мл двумя видами вытяжки из почвы (вариант № 1 – образцы 0–10 см; вариант № 2 – образцы 10–20 см). В качестве контроля использовали фильтр, смоченный дистиллированной водой. После 7 дней провели измерение морфометрических показателей интенсивности начального роста семян (длина побега и корня). О ферментативной активности в почвенном слое 0–10 см судили по активности двух классов ферментов: оксидоредуктаз (дегидрогеназ) и гидролаз – (инвертаза, уреазы и фосфатаза).

Среди исследуемых покровных монокультур достоверно значимым индексом относительного аллелопатического эффекта обладают: амарант и люпин (от 15 % до 30 % ниже контроля). Отсутствие аллелопатии отмечено в посевах овса, кукурузы, горчицы белой и пелюшки (от 15 % до 20 % выше контроля). В условиях аллелопатического влияния в черноземах наблюдается повышение активности дегидрогеназ (до 26 % выше контроля) и уреазы (до 115 % выше контроля) при подавлении активности инвертазы (до 33 % ниже контроля) и фосфатаз (до 41 % ниже контроля).

#### Литература

1. Гродзинский А.М. Экспериментальная аллелопатия. Киев: Наукова думка, 1987. 235 с.

Работа рекомендована д.г.н., директором Академии биологии и медицины им. Д.И. Ивановского К.Ш. Казеевым.

УДК 631.417

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТНОЙ ПОДКОРМКИ ДЛЯ УДОБРЕНИЯ ПЕРЦЕВ В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА

Г.Д. Холостов, П.В. Васильев, Д.О. Лагуткина

Санкт-Петербургский государственный университет

Kholostov14@mail.ru

Liquid amino acid fertilizer «Yasna Amino» was tested on sweet pepper (var. Krepish) in field trials in Chechnya (2024). The optimal treatment (3

foliar applications of 0.4 L/ha on an NPK background) increased pepper yield to 44.1 t/ha (62 % above control) and improved fruit size and weight. Treated fruits had higher vitamin C (158.4 mg/100 g, +9.2 %) and soluble sugar contents, with excellent taste/appearance ratings, while nitrate levels remained below the allowable limit. These results demonstrate that using Yasna Amino significantly enhances pepper productivity and fruit quality.

Аминокислотные удобрения представляют собой органические препараты, содержащие свободные аминокислоты и их комплексы, полученные в результате гидролиза белков. Эти соединения легко усваиваются растениями и играют важную роль в регуляции физиологических процессов, включая синтез белков, фотосинтез, антистрессовую защиту и активизацию роста. Применение таких удобрений, особенно в условиях повышенной температуры или дефицита влаги, способствует улучшению качества продукции и повышению урожайности.

В 2024 г. проведены полевые эксперименты в ФГБНУ «Чеченский НИИСХ» (г. Грозный) – в условиях второй почвенно-климатической зоны РФ. Опыт размещён на выщелоченной чернозёме с pH  $\approx$  5.9 и содержанием гумуса  $\approx$  3.2 %. Культура – сладкий перец сорта «Крепыш». Варианты внесения были следующие: 1) Фон NPK 2) Жидкая подкормка с аминокислотами Ясна Амино в количестве 0.05 л на гектар. 3) Жидкая подкормка с аминокислотами Ясна Амино в количестве 0.2 л на гектар. 4) Жидкая подкормка с аминокислотами Ясна Амино в количестве 0.4 л на гектар. Фоновые нормы NPK вносились исходя из состава препарата (табл.). На их фоне растения трижды опрыскивали препаратом «Жидкая подкормка с аминокислотами Ясна Амино» (первая обработка через 14 дней после высадки, затем ещё два раза с интервалом 10 дней, расход рабочего раствора 300 л/га). В лучшем варианте норма препарата составляла 0.4 л/га.

Таблица. Состав препарата Ясна Амино.

Наименование	Содержание, г/дм <sup>3</sup> , не менее
N (общий)	70
N (органический)	70
Содержание аминокислот	150
Fe	1
Содержание сухого вещества	10
Плотность г/см <sup>3</sup> не менее	1.1
pH не менее	4

Применение «Ясна Амино» (0.4 л/га) существенно повысило урожайность перца: масса плодов достигла 44.1 т/га, что на 18.1 т/га (62 %) выше контроля. С улучшением структуры урожая увеличилась средняя длина плода с 6.2 до 8.4 см и ширина с 4.2 до 4.7 см, а средняя масса одного плода – с 53 до 85 г. Это свидетельствует об оздоровлении и усиленном росте растений под действием подкормки.

При обработке «Ясна Амино» значительно повысились и качественные показатели плодов. Содержание витамина С в плодах максимального варианта составило 158.4 мг/100 г (в контроле – 145.3 мг/100 г), то есть на 9.2 % выше. Содержание общих сахаров в плодах возросло на 21 % по сравнению с контролем. Нитраты в плодах всех вариантов (в том числе контрольном) не превышали предельно допустимого уровня – санитарный ПДК составляет 200 мг/кг – и наличие подкормки «Ясна Амино» не оказывало достоверного влияния на их содержание. Органолептическая оценка подтвердила улучшение вкусовых качеств: плоды опытных вариантов получили высшую оценку (5 баллов по вкусу и внешнему виду), тогда как в контроле эти показатели были ниже.

Таким образом, результаты испытаний показывают высокую эффективность «Жидкой подкормки с аминокислотами Ясна Амино» для сладкого перца. Наилучшие результаты достигнуты при трёхкратном некорневом внесении препарата (0.4 л/га) на фоне обычного НРК-удобрения. Учитывая значительный прирост урожайности и улучшение качества плодов, целесообразно рекомендовать данную технологию к применению в овощеводстве (схема подкормок – первая через 14 дней после высадки и две дополнительные с интервалом 10 дней, расход препарата 0.4 л/га, рабочего раствора – 300 л/га).

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. А.И. Поповым.

УДК 633.63:632.48:631.442.1(476)

## РАЗВИТИЕ ЦЕРКОСПОРОЗА В ПОСЕВАХ ГИБРИДОВ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ НА СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

В.В. Чижевский, А.М. Яковенко

РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский р-н,  
Республика Беларусь, vtch1996@gmail.com

The article presents the results of a two-year study on the development of *Cercospora beticola* depending on the genotypes of sugar beet hybrids sown on sod-podzolic sandy loam soil in the Republic of Belarus.

В Беларуси сахарная свекла является ведущей технической культурой, используемой для производства сахара. Возделывают свеклу на дерново-подзолистой суглинистой или супесчаной почвах с содержанием гумуса не менее 1.8 %, pH 5.8–6.5, подвижных форм фосфора и калия – не менее 150 мг/кг почвы, бора – не менее 0.5–0.7 мг/кг почвы. В последние годы значительные колебания погодных условий негативно отражаются на развитии культуры, способствуя высокому распространению фитопатогенов.

В технологии возделывания сахарной свеклы применение химического метода защиты является обязательным приемом против комплекса вредных объектов. Из болезней листового аппарата наиболее распространенным и вредоносным является церкоспороз (*Cercospora beticola* Sacc.). В настоящее время недостаточно изучена информация о проявлении фитопатогенных заболеваний сахарной свеклы в зависимости от гибрида и почвенно-климатических условий их выращивания.

Исследования по определению церкоспороза в посевах гибридов сахарной свеклы были проведены в производственных условиях 2024–2025 гг. в РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле» Несвижского района Минской области. Сахарную свеклу возделывали на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием гумуса 2.2–2.64 %, pH 6.37–6.29, подвижных форм фосфора – 3.17–358.1 мг/кг почвы, калия – 413.4–462.6 мг/кг почвы, бора – 0.92–1.38 мг/кг почвы. В качестве тест объектов были использованы гибриды, признанные групповым стандартом в республике (Z – Пасифик (DLF), NZ – Петр (Strube), NE – Концертина (KWS)).

В 2024 году на дерново-подзолистой супесчаной почве распространение церкоспороза к уборке (24.09) составило 100 %. Развитие болезни в посевах гибрида Петр было минимальным – 43.9 %, у гибрида Концертина достигало 54.4 %, а на гибриде Пасифик (Z-типа) – 50.4 %. Урожайность сахарной свеклы составила от 50.5 до 63.2 т/га.

В 2025 году в посевах сахарной свеклы, возделываемой на дерново-подзолистой супесчаной почве распространение церкоспороза перед уборкой (02.09), составляло от 60.0 % до 80.0 %. Развитие болезни на гибридах было умеренным. Минимальное развитие церкоспороза отмечалось на гибриде сахаристого типа Пасифик (DLF) – 11.0 %, максимальное на гибриде урожайного типа Концертина (KWS) – 22.0 %. На гибриде NZ-типа (Strube) развитие болезни составило 17.0 %. В проведенных опытах урожайность сахарной свеклы составила от 65.3 до 68.6 т/га.

Таким образом, в условиях 2024–2025 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве развитие церкоспороза отмечалось в пределах от 11.0 до 54.4 %.

Работа рекомендована д.с.-х.н., доц., директором РУП «Институт защиты растений» А.А. Запрудским.

УДК 633.854.78+633.853.494]:632.1/4;631.4(476)

РАЗВИТИЕ БОЛЕЗНЕЙ В ПОСЕВАХ ПОДСОЛНЕЧНИКА  
И ЯРОВОГО РАПСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ПОЧВЫ  
В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

А.М. Яковенко, Е.С. Белова, С.А. Гайдарова,  
Д.В. Агейко, М.В. Хранцкевич

РУП «Институт защиты растений», аг. Прилуки, Минский р-н,  
Республика Беларусь, [korm.yakavenko@yandex.by](mailto:korm.yakavenko@yandex.by)

The article presents the research results on the development of *Alternaria* spp., *S. sclerotiorum*, *B. cinerea* in sunflower and spring rape crops depending on soil types.

В условиях Республики Беларусь получение высоких урожаев маслосемян подсолнечника и ярового рапса затруднено из-за вредного воздействия возбудителей болезней грибной этиологии. В посевах изучаемых культур спектр болезней, поражающих растения на всех этапах онтогенеза примерно одинаков. Так, наиболее распространенными и вредоносными фитопатогенами являются белая (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) и серая (*Botrytis cinerea* Pers. ex Fr.) гнили, альтернариоз (*Alternaria* spp.). В настоящее время недостаточно научной информации по оценке развития болезней в посевах подсолнечника и ярового рапса в зависимости от почвенно-климатических условий их выращивания.

Исследования по определению развития болезней в посевах подсолнечника и ярового рапса проводили в 2022–2025 гг. в производственных условиях, а также на опытном поле РУП «Институт защиты растений». Культуры возделывали на дерново-подзолистой суглинистой, супесчаной и песчаной почвах, что позволило объективно оценить влияние фитопатогенов на растения подсолнечника и ярового рапса. Маршрутные обследования проводили в период созревания (ВВСН 80–82) изучаемых культур, учитывали развитие болезней.

В посевах подсолнечника и ярового рапса изменение уровня развития альтернариоза в сторону увеличения происходило при возделывании

вании на супесчаной и песчаной почвах 26.4–31.4 % и 18.2–20.4 % соответственно (Гомельская, Гродненская, Брестская области). Развитие белой и серой гнилей в посевах подсолнечника было выше на суглинистой почве (Минская, Витебская и Могилевская области) и достигало 23.2 и 16.8 % соответственно; ярового рапса – 20.8 и 22.4 % соответственно (табл.).

Таблица. Развитие болезней в посевах подсолнечника и ярового рапса в зависимости от типа почвы (маршрутные обследования, ВВСН 80–82, средние данные за 2022–2025 гг.).

Тип почвы:	Развитие болезней, %					
	<i>Alternaria</i> spp.		<i>S. sclerotiorum</i>		<i>B. cinerea</i>	
	П.	Я.Р.	П.	Я.Р.	П.	Я.Р.
дерново-подзолистая						
суглинистая	16.8	14.6	23.2	20.8	16.8	22.4
супесчаная	26.4	18.2	17.4	14.2	10.2	16.2
песчаная	31.4	20.4	7.6	5.8	4.4	5.8

Примечание: П. – подсолнечник, Я.Р. – яровой рапс.

Таким образом, в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь существенные различия по развитию альтернариоза отмечены на супесчаных и песчаных почвах, а белой и серой гнилей на суглинистых.

Работа рекомендована д.с.-х.н., доц., директором РУП «Институт защиты растений» А.А. Запрудским.



## Секция IV

### *Поллютанты в почвах*

АНАЛИЗ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПРОБ ВОДЫ  
С СОДЕРЖАНИЕМ СУЛЬФАНИЛАМИДОВ

Н.П. Безлепкина

Национальный исследовательский Томский государственный  
университет, nadezhda.bezlepkina174833@mail.ru

The results of a study on the toxicity of aqueous sulfanilamide solutions on *Lepidium sativum* seeds are presented. It is shown that SA, SMX, SGD solutions with a concentration of more than 0.01 mM are toxic.

Препараты группы сульфаниламидов (SNs) являются одними из первых синтетических антибактериальных средств, которые были открыты в первой половине XX века. Помимо систем здравоохранения, SNs активно используются в качестве гербицидов и кормовой добавки для стимулирования роста животных. Это способствует их попаданию в сточные воды, которые в свою очередь могут проникать в различные природные объекты, включая водоемы и почвы. Цель данной работы – исследование влияния концентраций сульфаниламида (SA), сульфаметоксазола (SMX) и сульфагуанидина (SGD) на уровень токсичности водных растворов с помощью семян кресс-салата (*Lepidium sativum*), выращенных на серой лесной почве.

Степень токсичности водных растворов SNs была проведена с помощью методики биотестирования. Семена *Lepidium sativum* были высажены по 10 шт. в чашке Петри на бумажные фильтры, смоченные 5 мл фильтрованной воды (контроль), воды с добавлением SA, SMX, SGD с концентрациями 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1 и 1 mM (проба). Чашки Петри с контролем и пробами были помещены в шкаф с постоянной температурой около 20 °C, время инкубации составило 72 часа. У проросших семян измеряли длину корня от точки роста. Для обработки результатов было посчитано среднее значение длины корня в контрольной и исследуемых пробах, а также среднеквадратичное отклонение. Результаты представлены на рисунке. Показано, что водные растворы с концентрацией более 0.01 mM являются токсичными и угнетают рост тест-семян. При этом растворы с концентрацией менее 0.001 не только не снижают рост, но и обладают стимулирующими свойствами, что выражается в увеличении длины корня. Несмотря на положительный эффект при низких концентрациях исследуемых SNs, их накопление в растениях с одной стороны, повышает устойчивость растения к болезнетворным бактериям, а с другой стороны в долгосрочной перспективе приводит к не-

желательному загрязнению сельскохозяйственной продукции и повышению резистентности бактерий.

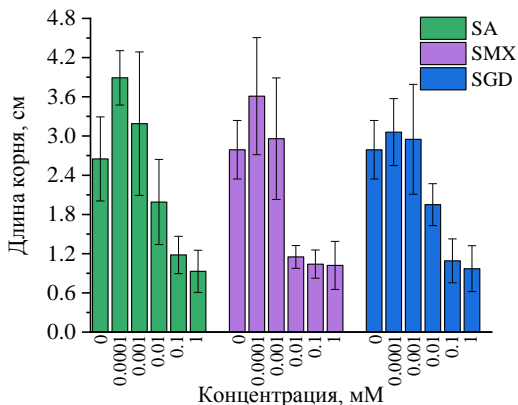


Рисунок. Зависимость длины корня *Lepidium sativum* от концентрации SA, SMX и SGD.

Работа поддержана Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания (№ FSWM-2025-0007).

Работа рекомендована д.ф.-м.н., проф. О.Н. Чайковской.

УДК 631.41

### ВЛИЯНИЕ БИОЧАРА НА ИММОБИЛИЗАЦИЮ СД В ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ ПОРОДНОГО ОТВАЛА УГОЛЬНЫХ ШАХТ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.С. Богомаз, Т.В. Бауэр, Д.А. Ерко, А.В. Барахов

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, lacynnik@sfnedu.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 последние годы технологии *in situ* ремедиации все шире применяются для устранения загрязнения почв тяжелыми металлами (ТМ), где использование сорбентов особенно эффективно из-за их экологической безопасности и экономической оправданности. Биочар является перспективным сорбентом для снижения биодоступности и закрепления ТМ в почвах благодаря наличию поверхностных функциональных

групп, пористой структуре и высокой адсорбционной емкости. В работе изучено влияние внесения биочара из соломы пшеницы на состав соединений Cd в почвах зоны воздействия породного отвала угольной шахты «Аютинская».

Для оценки влияния биочара на подвижность Cd был заложен модельный опыт. Схема опыта включала: 1) Контроль (чернозем обыкновенный карбонатный, ООПТ «Персиановская заповедная степь»); 2) Загрязнение (технозем, шахта «Аютинская»); 3) Загрязнение + 1 % биочара; 4) Загрязнение + 2 % биочара. Валовое содержание Cd в исследуемых почвах определено рентген-флюоресцентным методом (XRF). Формы соединений Cd 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  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , pH 3), восстанавливаемой или связанной с гидроксидами и оксидами Fe и Mn (0.1 М  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ , pH 2), окисляемой или связанной с органическим веществом (27 %  $\text{H}_2\text{O}_2$ , затем 1М  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ , pH 2) и остаточной или связанной с силикатными минералами (HCl (37 %) и  $\text{HNO}_3$  (70 %) фракций ТМ. Концентрации металла во фракциях определены с использованием атомно-абсорбционного спектрометра «Квант-2АТ».

В незагрязненном черноземе обыкновенном валовое содержание Cd невысокое (0.3 мг/кг) и не превышает ОДК (2.0 мг/кг). Подвижность металла низкая, значительная его доля находится во фракции, связанной с силикатами (65 %). В загрязненной почве, отобранной в зоне воздействия породного отвала угольной шахты «Аютинская», наблюдается превышение ОДК по валовому содержанию Cd в 4.2 раза (2.11 мг/кг) и уменьшение остаточной фракции до 21 % за счет увеличения содержания наименее прочно связанной кислоторастворимой фракции (до 35 %). Доля фракции Cd, связанного с органическим веществом, незначительна и составляет 1–2 %.

В вариантах опыта с внесением биочара отмечается снижение подвижности металла за счет уменьшения доли кислоторастворимой (на 12 %) и восстанавливаемой (на 2–10 %) фракций. Большой эффект выявлен при внесении дозы 2 % сорбента.

Таким образом, показано, что добавление в почву биочара повышает иммобилизацию Cd в почвах.

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

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

РАЗРАБОТКА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ НОСИТЕЛЕЙ  
АУКСИНА НА ОСНОВЕ МОФ/БИОЧАРА С ГУМИНОВЫМИ  
И БИОПОЛИМЕРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

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

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, graitsai@sfnedu.ru

The study focuses on developing nanostructured composites based on biochar and MIL-100(Fe) for controlled loading of auxin (2,4-D). Surface modification with humic acid and the biopolymer cetyltrimethylammonium bromide (СТАВ) provided functional layers enabling targeted interaction with anionic molecules. The resulting MIL@Biochar@HA and MIL@Biochar@BP composites demonstrate potential as efficient carriers for environmentally safe and sustained delivery of plant growth regulators.

Одной из ключевых задач современной агрохимии и экотехнологий является разработка управляемых систем доставки биологически активных веществ, обеспечивающих пролонгированное высвобождение и снижение потерь действующих компонентов при их применении в сельском хозяйстве. Повышение эффективности таких соединений имеет важное значение для устойчивого земледелия, позволяя снизить расход агрохимических препаратов и минимизировать воздействие на окружающую среду.

Традиционные способы внесения регуляторов роста растений, в частности ауксинов, сопровождаются их быстрым химическим разложением и вымыванием из почвы, что снижает биодоступность действующего вещества и вызывает риски загрязнения окружающей среды. В этой связи перспективным направлением является разработка наноструктурированных носителей, сочетающих высокую сорбционную емкость, химическую устойчивость и возможность функциональной модификации для настройки взаимодействия с целевыми молекулами.

В данной работе разработаны композиты на основе металл-органического каркаса MIL-100(Fe) и биочара из соломы пшеницы, которые представляют собой эффективные платформы для инкапсуляции и контролируемого высвобождения органических соединений. Для повышения их биосовместимости и направленного взаимодействия с ауксином проведена последовательная модификация поверхности композита MIL@БЧ слоями гуминовой кислоты и биополимера – цетильтриметиламмония бромид (СТАВ).

Полученные композиты MIL@БЧ@ГК и MIL@БЧ@ГК@БП использовались как наноконтейнеры для загрузки синтетического ауксина 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (2,4-Д) в концентрации 0.8 мг/мл, демонстрируя оптимальные свойства для управляемой сорбции и удержания биологически активных веществ. В результате анализа оптических спектров, образец MIL@БЧ@ГК@БП продемонстрировал наибольшую сорбционную емкость по отношению к 2,4-Д (48.95 мг/г), что объясняется гидрофобным взаимодействием ауксина с алкильными цепями СТАВ.

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

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

УДК 631.4

МЕДЬ И НИКЕЛЬ (II) В СИСТЕМЕ «ПОЧВА–РАСТЕНИЕ»  
В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА НА ПРИМЕРЕ  
КРИОЗЁМОВ НОРИЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

И.И. Давлетзянов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
mustafar5@mail.ru

Copper and nickel (II) behavior in the soil–plant system was studied using a model experiment on Cryosols from the Norilsk industrial region. Total, mobile and water-soluble metal forms were quantified in soil layers and vegetation. The results revealed surface accumulation, depth-related decrease and critical contamination levels causing strong plant suppression.

Загрязнение почв тяжёлыми металлами является одной из ключевых экологических проблем в районах горно-металлургического освоения. Для высокоширотных территорий Арктики эта проблема особенно актуальна ввиду низкой скорости биологического восстановления и высокой уязвимости природных компонентов. Норильский промышленный район – один из крупнейших центров цветной металлургии, где медь и никель выступают приоритетными загрязнителями и формируют устойчивые геохимические аномалии в почвах криолитозоны.

Целью исследования являлось изучение зависимости содержания меди и никеля в разных типах растительности от содержания в криозёмах различных форм меди и никеля. В задачи входило определение ва-

лового содержания Cu и Ni, а также подвижных и водорастворимых форм металлов в почвенном профиле и растительности, выявление наиболее значимой формы загрязнения и определение критических уровней антропогенной нагрузки, приводящих к угнетению растительного покрова.

Модельный эксперимент включал 4 варианта: контроль без внесения металлов и загрязнение почвы медью и никелем в дозах 50, 150 и 500 мг/кг. Каждый вариант выполнялся в двух повторностях. В качестве объектов использовали сеяные злаки (смесь газонных трав) и аборигенную растительность (черника обыкновенная). Период вегетации составлял 2 месяца. Почву отбирали послойно (0–5, 5–10, 10–15 и 15–20 см).

Установлено, что наиболее выраженное загрязнение всеми формами Cu и Ni сосредоточено в поверхностном слое 0–5 см, при этом с глубиной отмечается снижение интенсивности загрязнения. Наиболее резкий рост содержания металлов наблюдается в диапазоне внесения от 150 до 500 мг/кг, что позволяет рассматривать данный интервал как критический для устойчивости растительного покрова. По валовому содержанию в почве преобладает медь, тогда как по содержанию подвижных и водорастворимых форм преобладает никель.

Показано, что водорастворимые формы металлов оказывают наибольшее влияние на накопление меди и никеля в растительности. Сеяные травы оказались более чувствительными к загрязнению, однако менее интенсивно поглощали металлы по сравнению с аборигенной растительностью. В условиях эксперимента никель и медь преимущественно аккумулировались в подземных частях растений, что отражает особенности миграции и закрепления металлов в системе «почва–растение».

Работа рекомендована д.б.н., проф. И.И. Ивановым.

УКД 631.10

**ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ  
АГАРИЗОВАННЫХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ ОЦЕНКИ  
ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ  
НА МОДУЛЬНЫХ РАСТЕНИЯХ**

А.С. Зоткина, В.А. Чохели

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

The paper presents an optimized method for preparing agarized nutrient media for standardized assessment of heavy metal phytotoxicity, as tradi-

tional methods (soil cultures, water samples) often have low reproducibility due to uncontrolled variables, which affects the objectivity of the experiment.

Традиционные методы оценки фитотоксичности, такие как почвенные культуры, водные растворы имеют недостатки, например, неоднородность распределения токсиканта. Агаризованные среды могут обеспечить стандартизацию, но требуют оптимизации. В силу чего необходимо разработать методику приготовления агаризованных питательных сред с заданными концентрациями тяжелых металлов для проведения исследования на модельных растениях.

Целью работы была разработка и оптимизация методики приготовления агаризованных питательных сред с заданными концентрациями тяжелых металлов (Ni, Pb, Zn) для проведения исследований на модельных растениях. Для высадки в оптимизированные среды были выбраны семена полыни горькой (*Artemisia absinthium*) сорта «Терпкий аромат». В качестве токсикантов были выбраны сульфаты тяжелых металлов: Pb, Ni, Zn. Далее были приготовлены растворы 1, 2 и 10 ПДК каждой из солей.

Оптимизация включала следующие ключевые этапы: подбор концентрации агара (4.2 г на 600 мл, что соответствует 0.7 %), обеспечивающей необходимую консистенцию без ограничения роста корней; выбор способа введения солей тяжелых металлов – асептическое добавление стерильного раствора после автоклавирования основной среды для предотвращения осаждения и гидролиза; стабилизацию pH среды за счёт использования стоковых растворов макро- и микроэлементов, приготовленных по стандартным протоколам. Основной состав оптимизированной среды представлен в таблице.

Таблица. Состав стоков и агаризованной питательной среды.

Состав агаризованной питательной среды (на 600 мл)	Состав стока micro MS (на 400 мл)	Состав стока макро MS (на 400 мл)	Состав стока железа
Сток Макро MS + Ca – 30 мл	KI 83 мг	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 16.5 г	Трилон Б 3.73 г
Сток Micro MS 3 мл	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> 620 мг	KNO <sub>3</sub> 19 г	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 2.78 г
Сток Fe 3 мл	MnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 2.83 г	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 3.7 г	
Глицин 1.2 мл	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 860 мг	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 1.7 г	
Никотин и пиридоксин – 300 мкл	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O 25 мг	CaCl <sub>2</sub> 3.33 г	
Тиамин 160 мкл	CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O 2.5 мг		
Сахар 1.8г	CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O 2.5 мг		
Агар 4.2 г			
Инозит 60 мг			
Раствор соли ТМ 600 мкл			

Все компоненты смешиваются в колбе на магнитной мешалке на 400 оборотов.

Предложенная методика эффективна для скрининга токсического действия тяжелых металлов и может быть адаптирована для других ксенобиотиков или тест-культур, что упрощает и стандартизирует лабораторные исследования в области экологической токсикологии.

Работа рекомендована к.б.н. Е.В. Бутенко.

УДК 631.438.2

АКТИВНОСТЬ ЦЕЗИЯ-137 В ПОЧВАХ КАРЕЛЬСКОГО  
ПЕРЕШЕЙКА И ЕГО НАКОПЛЕНИЕ  
ПЛОДОВЫМИ ТЕЛАМИ ГРИБОВ

Е.Д. Иванов

Санкт-Петербургский государственный университет,  
evgeniy\_ivanov2000@mail.ru

The activity of cesium-137 in soil samples and in wild-growing edible mushrooms collected at the site of soil sampling was analyzed for five places of the Karelian Isthmus that are significant in terms of nature protection. The coefficients accumulation by fungi in relation to the soil are determined.

Источником цезия-137 в Северо-Западных регионах России являются выпадения, произошедшие после аварии на ЧАЭС 26.04.1986. Это определяет актуальность радиационного контроля в Ленинградской области, на территории Карельского перешейка, которая традиционно является местом отдыха и сбора дикорастущих съедобных грибов.

Цель работы – оценить активность цезия-137 в почвах и в дикорастущих съедобных грибах в ряде популярных мест Карельского перешейка, посещаемых туристами.

Материалы для проведения исследования отбирали 07.07.2024.

Характеристика мест отбора образцов почвы:

1. Санкт-Петербург, Курортный р-н, Озеро Щучье, ель, сосна, почва болотно-подзолистая;
2. Ленинградская обл., Выборгский р-н, Линдуловская лиственничная роща, дуб, береза, почва дерново-подзолистая;
3. Ленинградская обл., Выборгский р-н, Охраняемый природный ландшафт Хаапала, сосновый лес, почва подзолистая;
4. Ленинградская обл., Выборгский р-н, п. Озерки, остановка 44-й км от Зеленогорска, сосна, почва дерново-подзолистая;

5. Ленинградская обл., Выборгский р-н, г. Выборг, «Парк Монрепо», ель, сосна, береза, почвенный покров на гранитном массиве.

Виды грибов, собранные для исследования:

*Boletus edulis* Bull. – белый гриб;

*Leccinum scabrum* (Bull.) Gray – подберезовик обыкновенный;

*Russula emetica* (Schaeff.) Pers. – сыроежка едкая;

*Russula vesca* Fr. – сыроежка пищевая;

*Suillus variegatus* (Sw.) Kuntze – масленок желто-бурый.

Образцы почвы и плодовые тела грибов были высушены до воздушно-сухой массы в потоке теплого воздуха. Анализ удельной активности цезия-137 был проведен методом гамма-спектрометрии.

Результаты проведенных измерений и коэффициенты накопления грибами по отношению к образцам почвы представлены в таблице.

Таблица. Активность цезия-137 в почве и в плодовых телах грибов.

Место	Вид гриба	$\bar{Q} \pm \Delta Q^*$ гриба, Бк/кг	$\bar{Q} \pm \Delta Q^*$ почвы, Бк/кг	КН гриб/ почва
1	<i>Suillus variegatus</i>	1840±106	340±18	5.4±0.6
2	<i>Leccinum scabrum</i>	1304±65	219±11	6.0±0.6
3	<i>Russula emetica</i>	1691±48	330±10	5.1±0.3
4	<i>Russula vesca</i>	2164±153	174±16	12.4±2.0
5	<i>Boletus edulis</i>	1306±56	711±14	1.8±0.1

Примечание: \* – расчёт доверительного интервала средней активности проведён при уровне значимости  $p < 0.05$ .

Коэффициент накопления определяется как отношение активности в плодовом теле гриба по отношению к активности в почве. Значение коэффициента накопления грибами возрастает при уменьшении кислотности почвы.

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

УДК 631.427

ВЛИЯНИЕ ТИПА ПОЧВ ЗАГРЯЗНЁННЫХ ТЯЖЁЛЫМИ  
МЕТАЛЛАМИ НА РЕМЕДИАЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ  
ПОЛИМЕРНЫХ СОРБЕНТОВ

В.К. Калеро Эррера

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы,  
Москва, РФ, vbiika8@gmail.com

It has been shown that on different types of soils in the Tula region, when the same amount of metal pollution is applied, the use of the same sorbent has a significantly different remediation effect.

Проведено сравнение влияния полимерных сорбентов (гидролизованый полиакрилонитрил (ГИПАН), гумат калия «Гумат Сахалинский» и их бинарной структуры) на содержание подвижных форм тяжёлых металлов в некоторых зональных почвах Тульской области: дерново-подзолистые (песчаные), серые лесные (лёгкий суглинок), чернозёмы (лёгкий суглинок). Отобранные почвы были предварительно загрязнены смесью солей Cu, Zn, Pb и Cd (6 ОДК). Измерения подвижных форм тяжёлых металлов проводилось в двухкратной повторности, до и после ремедиации сорбентами. Установлено, что на разных типах почв при одинаковом загрязнении металлами, применение одного и того же сорбента оказывает значимо разный ремедиационный эффект: в почвенный раствор переходило Cu от 30 % на чернозёмах до 50 % на серых лесных почвах (процент от внесённого количества элемента при модельном загрязнении раствора). Наибольший процент подвижных форм к валовым Pb при применении ГИПАНа наблюдался в дерново-подзолистых почвах (72 %), а наименьший в чернозёмах (56 %). На сорбцию Zn и Cd во всех исследуемых почвах, не оказывает заметного эффекта ни один из сорбентов.

Работа рекомендована к.г.-м.н., доц. В.Ю. Березкином и д.б.н., проф. В.А. Тереховой.

БИОЧАР ИЗ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД  
КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ БАРЬЕР ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

М.В. Киричков, Т.В. Бауэр, А.В. Барахов, В.А. Поляков

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

Sewage sludge production has increased dramatically in recent years due to population growth, urbanization, and industrial development. In this study, the effect of pyrolysis temperature on the properties of sludge-derived biochar was investigated. As the temperature increased, biochar pH and specific surface area increased, whereas the biochar yield decreased.

Температура пиролиза существенно влияет на свойства биочара, полученного из осадка сточных вод. При ее повышении наблюдается заметный рост pH, зольности и удельной поверхности, тогда как массовые доли C, H, N, S и O, а также атомные отношения H/C и N/C уменьшаются. Данные FTIR-спектроскопии, ТГА и БЭТ-адсорбции свидетельствуют, что в диапазоне 300–500 °C характеристики продуктов пиролиза изменяются незначительно. В интервале 500–700 °C влияние температуры становится максимальным: завершается разрушение органического вещества, резко сокращается доля углеродного компонента и возрастает удельная поверхность за счет освобождения пор от продуктов термического разложения. При дальнейшем повышении температуры до 700–900 °C фиксируется интенсивный рост микропористости и удельной поверхности биочара, сопровождающийся частичным разложением минеральной фазы. Время пиролиза для всех образцов составляло 60 минут.

Повышение температуры пиролиза приводило к увеличению содержания тяжелых металлов в биочаре и одновременному снижению их биодоступности за счет возрастания доли окисляемых и остаточных форм. Расчет интегрального индекса потенциального экологического риска (RI) по фракционному составу металлов показал его уменьшение с высокого уровня при 300 °C до умеренного при 900 °C, что позволяет рассматривать биочар, полученный при более высоких температурах, как более безопасный сорбент. В то же время биочар, полученный при 300–500 °C, не рекомендуется применять в качестве почвенной добавки из-за сохраняющегося повышенного экологического риска.

Проведенное исследование демонстрирует, что пиролиз является эффективной технологией обработки осадка сточных вод, обеспечивающей иммобилизацию тяжелых металлов в структуре биочара и сниже-

ние их потенциальной подвижности. Результаты подчеркивают важность подбора оптимальной температуры пиролиза как ключевого параметра, позволяющего минимизировать последующее негативное воздействие биочара на окружающую среду при его практическом использовании в качестве почвенного адсорбента.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-76-10054-П).

УДК 631.41

## РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВЕ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ РЕДКОМЕТАЛЛЬНОГО РУДНИКА, МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ

Е.А. Красавцева<sup>1</sup>, Н.Л. Алфертъев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральный исследовательский центр «Кольский научный центр Российской академии наук», г. Апатиты

<sup>2</sup>ФГБУ «Лапландский государственный природный биосферный заповедник», г. Мончегорск  
Vandeleur2012@yandex.ru

Soil samples taken from the perimeter of the tailings ponds were selected and studied. The content of rare earth elements, was found to be elevated relative to the background and Clark values. The highest content of  $\sum$ REE was found in soil samples from the southern direction. The content of  $\sum$ REE decreases as it moves away from the tailings dumps.

Горнодобывающие предприятия являются источником загрязнения экосистем широким спектром поллютантов во всем мире. С целью установления уровня загрязнения почв редкоземельными элементами (РЗЭ) в зоне влияния закрытого редкометалльного рудника в Мурманской области летом 2025 года был проведен отбор проб почвенных образцов. Схема расположения точек опробования представлена на рисунке.

Пробы были отобраны по периметру хвостохранилищ методом «конверта» на глубине 0–20 см в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.3.01-2017. Методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой были определены валовые содержания РЗЭ в образцах.

Наиболее высокие содержания  $\sum$ РЗЭ выявлены в почвенных образцах южного направления, что совпадает с преобладающими направлениями ветра и указывает на вероятность аэротехногенного характера загрязнения почв вследствие пыления хвостохранилища.

Средние валовые содержания  $\Sigma P3Э$  в образцах почв около хвостохранилища составили 1054.1 мг/кг (от 176.9 до 3083.9 мг/кг), что значительно выше, чем в условно фоновых пробах: среднее содержание  $\Sigma P3Э$  152.6 мг/кг (от 138.0 до 162.9 мг/кг).

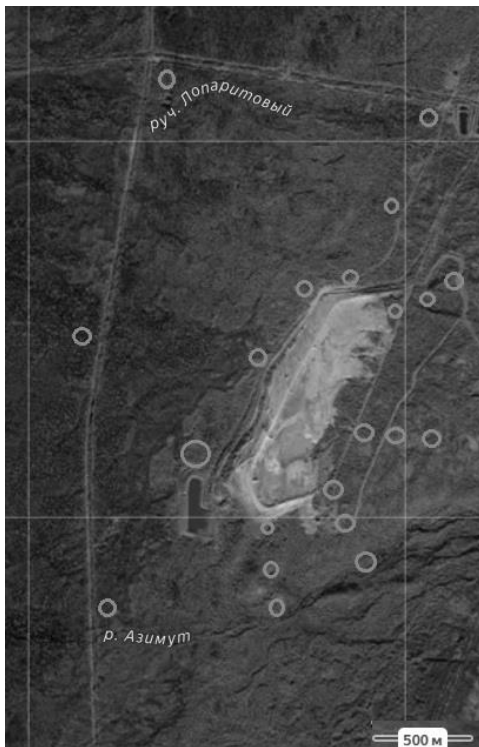


Рисунок. Схема расположения точек отбора проб.

Закономерно, содержание  $\Sigma P3Э$  снижается по мере удаления от редкометалльного хвостохранилища.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-17-20012 «Разработка научных основ комплексной переработки хвостов обогащения лопаритовых руд с одновременным снижением техногенной нагрузки на окружающую среду в Арктической зоне РФ», <https://rscf.ru/project/25-17-20012/>.

Работа рекомендована д.т.н., директором Института проблем промышленной экологии Севера КНЦ РАН Д.В. Макаровым.

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В ПОЧВАХ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ  
ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.Н. Кучерова

ФНЦ агроэкологии РАН, Волгоград, Россия, kucherova-a@vfanc.ru

Local contamination with mercury, cadmium, and arsenic has been identified. The highest concentrations of Hg were found in the upper layer, while Cd concentrations were highest at a depth of 30–40 cm. This contamination is associated with anthropogenic activities and poses a potential health risk to the population living in coastal areas.

Цимлянское водохранилище – ключевой экологический и хозяйственный объект юга России. Прибрежные почвы подвержены антропогенному загрязнению, включая накопление тяжелых металлов, что создаёт потенциальную угрозу здоровью населения, использующего эти территории.

Целью данного исследования является оценка уровня загрязнения почв тяжелыми металлами на двух контрольных участках в прибрежной зоне Цимлянского водохранилища Волгоградской области.

Участки исследования располагаются в Калачевском районе Волгоградской области. Отбор образцов почв для проведения лабораторных анализов проводили на каждом участке по слоям (0–10, 10–20, 20–30 и 30–40 см). Исследовали набор тяжелых металлов мышьяк, кадмий, ртуть, медь, свинец, цинк.

Исследование показало, что почвы прибрежной зоны Цимлянского водохранилища в Волгоградской области характеризуются локальным загрязнением тяжелыми металлами, прежде всего ртутью и кадмием. Наиболее загрязнен участок 1, где в верхнем слое содержание ртути превышает ПДК в 23 раза, а кадмия – в 2 раза.

Наблюдается рост содержания As с глубиной, превышающий ПДК (2 мг/кг) в 3.7–4.3 раза.

Содержание Zn и Cu находится в пределах фона или немного превышает его, но не достигает ПДК.

Высокие концентрации ртути в верхних горизонтах (0–10 см) могут быть связаны с атмосферными выпадениями, стоками. Кадмий в глубинных слоях (30–40 см) на участке указывает на возможный занос с водой или длительное накопление.

Прибрежные зоны активно используются населением для отдыха, выпаса скота. Попадание тяжелых металлов через контакт с почвой,

пылью или растениями представляет угрозу здоровью. Особенно опасны Hg и Cd, которые накапливаются в организме и вызывают хронические заболевания.

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

УДК 661.183:1

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ МОДИФИКАЦИИ  
НАНОКОМПОЗИТА БЧ@MIL-100(Fe) НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ  
ЖЕЛЕЗА В ОРГАНАХ РАСТЕНИЙ

В.А. Поляков, Т.В. Бауэр, М.А. Грицай, В.В. Бутова  
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону  
vlpolyakov@sfedu.ru

The effect of surface modification of a biochar@MIL-100(Fe) nanocomposite on iron distribution in spring barley (*Hordeum sativum* L.) grown in Haplic Chernozem was studied. The roles of humic acid, surfactant, and auxin in Fe uptake and translocation were evaluated by X-ray fluorescence analysis. MIL-100(Fe) served as a source of bioavailable iron, while humic acid and surfactant coatings improved iron transport, especially under conditions of heavy metals (Pb, Cd, Cu, Zn) soil contamination.

Железо является одним из ключевых микроэлементов, определяющих продуктивность и физиологическое состояние растений. Оно участвует в процессах фотосинтеза, дыхания, синтеза хлорофилла, функционировании электрон-транспортных цепей и антиоксидантной защите. Несмотря на высокое валовое содержание железа в почвах, его биодоступность часто ограничена вследствие образования малорастворимых оксидов и гидроксидов, а также конкурентного влияния других ионов, в том числе тяжелых металлов. В растениях транспорт и распределение Fe строго регулируются на уровне корневого поглощения, внутриклеточного депонирования и ксилемного переноса, поскольку избыток железа способен индуцировать окислительный стресс. В последние годы активно исследуются наноматериалы и композитные системы, способные управлять доступностью и транспортом железа в системе «почва–растение» за счет сочетания сорбционных, хелатирующих и мембраноактивных свойств. Особый интерес представляют гибридные материалы на основе биочара и металл-органических каркасов, в частности MIL-100(Fe), способные одновременно выступать источником железа и регулятором его высвобождения. Дополнительная моди-

фикация таких систем гуминовой кислотой и поверхностно-активными веществами позволяет целенаправленно изменять их взаимодействие с почвенной средой и растительными тканями.

Целью настоящей работы являлась оценка влияния поверхностной модификации нанокompозита БЧ@MIL-100(Fe) гуминовой кислотой (ГК), цетилтриметиламмония бромидом (СТАВ) и ауксином 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислотой (АУ) (табл.) на распределение железа в корнях и надземных органах ярового ячменя (*Hordeum sativum* L.), выращенного на черноземе обыкновенном карбонатном.

Таблица. Схема модификации композита БЧ@MIL-100(Fe) и его пропитки ауксином.

№	Маркировка образца	Покрытие		Пропитка ауксином (АУ)
		ГК	СТАВ	
1	БЧ@MIL-100(Fe)	–	–	–
2	БЧ@MIL-100(Fe)@АУ	–	–	+
3	БЧ@MIL-100(Fe)@ГК@АУ	+	–	+
4	БЧ@MIL-100(Fe)@ГК@СТАВ@АУ	+	+	+

Исследование проводилось в условиях лабораторного вегетационного опыта на двух типах почв: чистой модельной почве и на почве, загрязненной тяжелыми металлами (119.8 мг/кг Cu, 62.3 мг/кг Pb, 178.2 мг/кг Zn, 1.2 мг/кг Cd), отобранной в окрестностях зоны аэротехногенного влияния Новочеркасской ГРЭС. В почвы вносили немодифицированный нанокompозит 1, а также его модифицированные формы: 2, 3 и 4 в концентрациях 0.5; 1.0; 1.5 и 2.0 мас. % относительно массы почвы. Повторность в опыте трехкратная. Растения ярового ячменя выращивали до фазы кушения, после чего корни и надземные органы отбирали отдельно, высушивали и анализировали относительный элементный состав методом рентгенофлуоресцентного анализа.

Установлено, что при выращивании ячменя на незагрязненной почве (вариант опыта А<sub>1</sub>) содержание железа было значительно выше в корнях (около 7 ат. %), чем в листьях (0.14 ат. %), что отражает характерную для растений стратегию депонирования железа в подземных органах. Внесение не модифицированного БЧ@MIL-100(Fe) приводило к росту содержания железа как в корнях, так и в листьях. В листьях концентрация железа возрастала до 0.7–0.8 ат. %, тогда как в корнях наблюдался максимум при дозе 1 мас. % (до 15 ат. %). Такой эффект объясняется частичным разрушением MIL-100(Fe) в ризосфере и поступлением ионов Fe<sup>3+</sup> в биодоступной форме. При дальнейшем увеличении концентрации композита до 2 мас. % содержание железа в корнях

снижалось ниже фонового уровня, что может быть связано с развитием окислительного стресса и активацией защитных механизмов, ограничивающих поглощение железа.

Покрывание нанокompозита гуминовой кислотой приводило к перераспределению железа в пользу надземных органов за счет хелатного транспорта Fe-гуматных комплексов. В чистой почве это проявлялось умеренным ростом содержания железа в листьях при одновременном снижении его концентрации в корнях. Добавление СТАВ в состав композита (4) в высоких дозах (1.5–2 мас. %) усиливало накопление железа как в корнях, так и в листьях, что связано с повышением проницаемости клеточных мембран и облегчением пассивного транспорта ионов.

Модификация композита ауксином повлияла на распределение железа. В чистой почве при низких (0.5–1 масс. %) дозах 2 наблюдалось усиление накопления железа в листьях, что согласуется с представлениями о способности ауксинов стимулировать экспрессию генов, связанных с поглощением и восстановлением железа (IRT1, FRO2). Однако при высоких дозах композита этот эффект ослабевал, а в корнях фиксировалось снижение содержания железа, указывающее на нарушение регуляции транспорта и возможный стрессовый ответ растения.

В условиях загрязненной тяжелыми металлами почвы наблюдалась иная картина распределения железа. Фоновое содержание железа в листьях было выше, а в корнях ниже, чем в варианте опыта с чистой почвой, что свидетельствует о нарушении механизмов депонирования и транспорта железа под действием тяжелых металлов. Внесение немодифицированного БЧ@MIL-100(Fe) способствовало частичному восстановлению накопления железа в корнях за счет иммобилизации токсичных катионов и высвобождения железа из структуры композита. Наибольший эффект в загрязненной почве показал композит БЧ@MIL-100(Fe), обработанный ГК, СТАВ и АУ, при внесении которого с ростом концентрации добавки наблюдалось устойчивое увеличение содержания железа в корнях и листьях. Это объясняется сочетанием хелатирующего действия ГК по отношению к тяжелым металлам и мембраноактивных свойств СТАВ, снижающих блокировку транспортных путей железа.

Анализ действия отдельных компонентов подтвердил ключевую роль MIL-100(Fe) как источника биодоступного железа, гуминовой кислоты – как регулятора хелатного транспорта, а СТАВ – как фактора, влияющего на проницаемость мембран и депонирование железа. Высокие дозы ауксина вызывали дестабилизацию регуляторных механизмов и в отдельных случаях приводили к токсической блокировке транспорта железа, особенно в загрязненной почве.

Таким образом, показано, что обработка нанокompозита БЧ@MIL-100(Fe) оказывает решающее влияние на распределение железа в органах растений. На карбонатной почве (чернозем обыкновенный) оптимальное накопление железа в листьях достигается при использовании ауксин-содержащих форм композита в малых дозах, тогда как в высоких концентрациях наиболее эффективным является композит, дополнительно модифицированный гуминовой кислотой и цетилтриметиламмония бромидом. В условиях загрязненной тяжелыми металлами карбонатной почвы (чернозем обыкновенный) модифицированный гуминовой кислотой (ГК), цетилтриметиламмония бромидом (СТАВ) и ауксином 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислотой в дозе 1.5 масс. % композит БЧ@MIL-100(Fe) обеспечивает наилучшее восстановление транспорта и депонирования железа, что подчеркивает важность сочетания хелатирующих и мембраноактивных свойств для коррекции минерального питания растений в стрессовых условиях.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-76-10054-П).

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

УДК 631.4:546.48+546.49

РТУТЬ И МЫШЬЯК В ПОЧВАХ И ПОЧВОГРУНТАХ

ДОЛИНЫ р. АЛЛАХ-ЮНЬ

А.Г. Попова

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,  
г. Якутск, palena1992@mail.ru

The article presents the results of studies of toxic elements – mercury and arsenic, which are used in gold mining.

Исследуемая долина р. Аллах-Юнь характеризуется как золотоносная провинция, здесь проявляются рудные и россыпные месторождения золота. В данной работе особое внимание уделено – опасным загрязняющим веществам I класса опасности – Hg и As, так как их использовали в металлургическом процессе извлечения золота из руд. В долине рядом с п. Аллах-Юнь расположены хвостохранилища обогатительной фабрики «Джугджурзолото». Следовательно, актуальным представляется проведение исследований для оценки уровня содержания загрязняющих веществ.

Материалом служат результаты эколого-почвенных исследований долины реки Аллах-Юнь Усть-Майского района Республики Саха (Якутия), проведенные в летне-осенний период 2025 г. Отбор образцов производился согласно ГОСТ 17.4.3.01-2017 [1]. Химико-аналитические работы проведены в ЛФХМА НИИПЭС СВФУ методом ААС (ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.63-09) [2].

По результатам исследования выявлено, что в фоновом участке содержание As и Hg ниже предела обнаружения, тогда как в образцах техногенных поверхностных образований (ТПО) наблюдаются высокие концентрации Hg и As. При этом максимальное содержание Hg зафиксировано на участке промприбора (места обогащения) 290 мг/кг, по As экстремально (!) высокие концентрации 50100 мг/кг наблюдаются на борту восточной части хвостохранилища. В почвах прилегающих территорий происходит миграция, где зафиксированы накопления, особенно, в нижних горизонтах мерзлотных почв (табл.).

Таблица. Содержание ртути и мышьяка в почвах и почвогрунтах долины среднего течения р. Аллах-Юнь.

Пункты опробования	Глубина, см	Hg, мг/кг	As, мг/кг
Мерзлотные аллювиальные почвы			
Фоновый участок	0–10	нпо	нпо
Техногенные поверхностные образования (ТПО)			
Западная часть водоема, расположенного в южной части хвостохранилища	0–6(8)	3.8	2040
Борт юго-западной части х/х	0–10	4.5	2280
Борт восточной части х/х	0–10	29.6	50100
Участок промприбора (места обогащения)	0–10	290.0	4060
Антропогенно преобразованные аллювиальные почвогрунты			
Устье руч. Безымянный, вытекающего с промприбора (места обогащения)	0–28(30)	1.1	115
	28(30)–36	7.8	380

Примечание: нпо – ниже предела обнаружения

Таким образом, в исследуемом районе заброшенные объекты золотодобычи являются одним из основных источников поступления высоких концентраций Hg и As в естественные почвы и в целом в экосистемы среднего и нижнего течения р. Аллах-Юнь.

Наличие таких бесхозных техногенных источников загрязнения требует проведения детальных комплексных экологических исследований с разработкой мер по локализации и минимизации их воздействия на естественные почвы и почвенный покров.

## Литература

1. ГОСТ 17.4.3.01-2017 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб (с Поправкой). Дата введения 2019-01-01.

2. ПНД Ф 16.1:2:2:2.3:3.63-09. Измерение массовой доли элементов (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, V, Zn) в пробах почв, грунтов, донных отложений и осадков сточных вод. 2014.

Работа рекомендована к.б.н., в.н.с. П.П. Даниловым.

УДК 637

## ПОБОЧНЫЕ ПРОДУКТЫ ЖИВОТНОВОДСТВА КАК АГЕНТ ПЕРЕНОСА ЧАСТИЦ МИКРОПЛАСТИКА В АГРОПОЧВЫ

Е.И. Походня

Санкт-Петербургский государственный университет  
elizaveta902@mail.ru

This paper presents an analytical review of the literature on the detection of microplastics in livestock and assesses the potential for its migration into agricultural soils.

Загрязнение природных сред синтетическими полимерами растёт из года в год, и в последнее время привлекают всё больше внимания проблемы возможных последствий их биоаккумуляции в живых организмах и почвах, а также их миграции между различными элементами, составляющими природные и антропогенно трансформированные экосистемы.

Алиментарный путь поступления микропластика (МП) в организмы высших животных является доминирующим. Частицы МП, попадая в организм, практически не метаболизируются: частично аккумулируются в тканях, частично – выводятся в неизменном виде и, как следствие, в ключе рассмотрения вопросов их накопления и миграции в агроценозах, попадают в продукты животноводства: продукты питания и один из ключевых компонентов органических удобрений – навоз, который в дальнейшем вносится на поля, становясь, наряду с другими видами удобрений, как, например, осадки сточных вод, водой, используемой для орошения и пр., вторичным источником МП в почвах, из которых загрязняющие частицы могут мигрировать в ткани высших сосудистых растений.

Целью данного исследования стало составление обзора литературы, посвящённой обнаружению микропластика в сельскохозяйственных

животных за последние 15 лет (с 2010 года) и оценка потенциальной возможности его миграции в отдельных элементах агроценозов. В качестве материалов исследования выступали англо- и русскоязычная рецензируемая литература и материалы научных конференций. Поиск статей производился по базам данных ScienceDirect, PubMed, ResearchGate и Google Scholar по названиям, аннотациям, ключевым словам. Кроме того, производился вторичный поиск статей, в основу которого легли списки использованных источников имеющихся публикаций по заданной теме и опубликованные обзоры литературы. К рассмотрению в рамках изучения вопроса аккумуляции МП в живых организмах были приняты статьи, в которых анализировалось накопление, произошедшее при прижизненном функционировании организмов, то есть из рассмотрения исключались статьи, касающиеся обнаружения МП в продуктах питания животного происхождения в упаковке. Также, в исследование были включены статьи, посвящённые обнаружению неперевариваемых инородных пластиковых тел в организмах сельскохозяйственных животных, ввиду того, что их попадание в желудочно-кишечный тракт, в котором они, в большинстве исследований, были обнаружены, сопряжено с пережёвыванием – соответственно, при таком механическом воздействии и под агрессивным действием организменной среды макрообъекты, попавшие внутрь, активно деградируют, становясь источником вторичного МП, и можно предположить, что в организмах или навозе таких животных были бы обнаружены микропластиковые частицы.

В общей сложности из более чем ста проанализированных статей по тематике обнаружения пластика в организмах или экскрементах сельскохозяйственных животных, для анализа было выбрано 48 публикаций, из которых 11 посвящены непосредственно обнаружению микропластиковых частиц в исследуемом материале, 37 – инородным телам, в обязательном порядке (критерий включения в статью) произведённым из полимерных синтетических материалов или имеющим их в своём составе. 33 из них были посвящены виду *Bos taurus taurus*, 17 – *Ovis aries*, 15 – *Capra hircus*, 3 – *Sus scrofa domesticus*, 4 – *Gallus gallus*, 1 – *Anas platyrhynchos*, 1 – неопределённому виду домашних птиц. 41 публикация была посвящена обнаружению МП в желудочно-кишечном тракте (в основном, в передней части желудка: рубец, сетка, и кишечнике), 3 – в мышечной ткани, крови и тканях внутренних органов, 1 – в лёгочной ткани, 1 – в яйцах, 5 – в экскрементах. Концентрации обнаруженного микропластика в материалах варьировались от 0.06 ед./г до 129.80 ед./г.

Превалирование опубликованных материалов, посвящённых обнаружению МП в ЖКТ, тканях иных внутренних органах, крови и экскрементах животных (96 %,  $n = 46$ ), служит подтверждением факта того, что алиментарный путь поступления пластикового загрязнения в живые организмы доминирует, а следствием становится проникновение загрязняющих частиц в прочие органы и ткани.

Выводящиеся с экскрементами частицы остаются в составе навоза, а далее – органических удобрений на основе побочных продуктов животноводства. Их поступление в пахотные почвы является одним путей переноса микропластикового загрязнения в аргэоэкосистемах. На сегодняшний день существует несколько исследований, подтверждающих возможность проникновения микропластика в растительные ткани через корневую систему, что актуально для возделываемых на загрязнённых микропластиком почвах.

Последствия взаимодействий микропластика и почвенных организмов, а также влияние загрязняющих частиц МП на характеристики почв стали предметом изучения почвоведов и экологов. Современные исследования по этой проблеме сфокусированы на выявлении механизмов негативного воздействия МП на компоненты природных сред, а также качественной и количественной оценке их фактического и потенциального влияния на экосистемы.

Существующие исследования свидетельствуют о возможных изменениях видового состава почвенной микробиоты под действием пластикового загрязнения, формировании особых групп микроорганизмов на поверхности пластика, влиянии на жизнедеятельность флоры и фауны и, зачастую, её угнетении. Кроме того, остаются не до конца изученными вопросы их долгосрочного непредсказуемого воздействия при трансформации под действием факторов среды и потенциального проявления токсичности, деструктивного механического воздействия, аккумуляции и дальнейшего переноса прочих поллютантов на них.

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

АНАЛИЗ БИОТИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ АНТИБИОТИКОВ  
ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ НАНЕСЕНИИ НА ПОЧВУ  
В ВЕГЕТАЦИОННОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

К.П. Сериков<sup>1,2</sup>, М.В. Ломоносов<sup>1</sup>, А.П. Кирюшина<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Институт проблем экологии и эволюции РАН

kpsarikov2016@gmail.com

Antibiotics introduced into the soil with manure had no significant effect on oat plant development at the concentrations studied. However, they did affect the microbiological and enzymatic activity of the soil.

Активное применение антибиотиков (АБ) в животноводстве приводит к неизбежному поступлению их остаточных количеств с навозом на сельскохозяйственные земли в содержании до 300 мг/кг почвы и выше (Wohde et al., 2016). Одними из самых применяемых антибиотиков в России являются: тетрациклин (Tet), ципрофлоксацин (Cip) и тилозин – Тул (Малофеева и др., 2023; Балагула и др., 2022).

В вегетационном эксперименте было исследовано влияние Tet (33 мг/кг), Cip (33 мг/кг) и Тул (3.3 мг/кг) на рост овса посевного (*Avena sativa* L.), микробиологическую активность (СИД, БД, С<sub>мик</sub>, qCO<sub>2</sub>), функциональное разнообразие микробиоты методом МСТ (ФР.1.37.2010.08619), а также ферментную активность (на примере пероксидазы и уреазы) в агродерново-подзолистой почве (С<sub>орг</sub> 3.32 %, рН<sub>вод</sub> 6.2). Концентрации были взяты с учетом литературных данных о возможных количествах АБ в побочных продуктах животноводства. Загрязнение АБ проводили нанесением соответствующих растворов на поверхность почвы в вегетационных сосудах, в которые за 3 суток до загрязнения высеяны были семена растений.

Все три АБ значимо не повлияли на рост растений и сырой вес зеленой массы овса (при  $p \leq 0.05$  относительно контроля), но наблюдалась тенденция к снижению биомассы в случае с Тул (на 38 %), несмотря на наименьшую концентрацию относительно других АБ. При этом изменения в микромах выражены в разной степени в присутствии АБ разной природы. В почве с Тул и с Cip было отмечено снижение БД в среднем на 20 %, однако с помощью анализа СИД показано, что С<sub>мик</sub> в этих вариантах выше, чем в контроле. В результате qCO<sub>2</sub> в этих вариантах почти на 30 % ниже контрольных, что свидетельствует о повышении устойчивости микробных сообществ в присутствии Тул и Cip.

Повышение «благополучия и стабильности» микробного сообщества почвы под воздействием АБ было подтверждено и при мультисубстратном тестировании микробиоты. Значение коэффициента рангового распределения спектров потребления субстратов ( $d$ ), определенное по методу МСТ, в вариантах с АБ заметно уменьшилось (0.35 Сір и 0.30 Tet), относительно контроля (0.50). При этом в почве с Ту1 стабильность оказалась наибольшей (0.27). В вариантах с Ту1 и Сір значительно возросла активность пероксидазы (на 41 % с Сір и 31 % с Ту1). В этих же вариантах было заметно меньшее угнетение активности уреазы, чем в почве с Tet.

Таким образом, при поступлении антибиотиков на поверхность почвы в испытанных дозах они не оказывают значимого эффекта воздействия на развитие тест-растений. Более низкие значения  $q\text{CO}_2$  и  $d$  в почвах с АБ указывают на повышение устойчивости и эффективности микробных сообществ. Выявлены различия в стимуляции функциональных показателей разными АБ. Не исключено, что эти модуляции обусловлены изменением структуры микробных сообществ, что планируется экспериментально проверить в дальнейших исследованиях.

Работа поддержана грантом РФФ 25-24-00486.

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

УДК 631.41

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ РАСТЕНИЯМИ  
СЕМЕЙСТВА СЛОЖНОЦВЕТНЫЕ  
В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ

А.Е. Смехунов, В.А. Чаплыгин, Н.П. Черникова, А.А. Хатламаджиян  
Академия биологии и медицины им. Д.И. Ивановского Южного  
федерального университета, г. Ростов-на-Дону, [asmekhunov@sfedu.ru](mailto:asmekhunov@sfedu.ru)

During research on contaminated soils, we examined the characteristics of heavy metal accumulation in plants. We found high levels in *Achillea setacea*. Zn and Pb accumulate in stems and flowers, while Cr accumulate in roots.

Многочисленные промышленные предприятия Ростовской области являются постоянными источниками техногенной нагрузки. Поступающие в атмосферу выбросы предприятий, содержащие тяжёлые металлы (ТМ), ухудшают общую экологическую ситуацию в регионе. Почва в условиях загрязнения служит буфером для произрастающих на ней растений. В связи с этим целью работы является изучение особенностей

накопления ТМ отдельными видами растений семейства сложноцветные, произрастающих на территориях, подверженных загрязнению.

В ходе исследований на территории, подверженной влиянию Новочеркасской ГРЭС, закладывались площадки мониторинга. С площадок отбирались растения семейства сложноцветные (Compositae), среди которых: тысячелистник щетинистый (*Achillea setacea*), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus*), полынь горькая (*Artemisia absinthium*).

Отбор проб растений для химического анализа производился в период второй декады июня – первой декады августа. В образцах растений определялось содержание Zn, Pb и Cr присутствующих в выбросах промышленных предприятий региона. Экстракция ТМ из золы осуществлялась 20 % раствором HCl с последующим определением методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант-2».

Многokратное превышение максимально допустимого уровня для Zn, Pb и Cr [1], наблюдается на ближайшей к Новочеркасской ГРЭС площадке: Zn в 1.1 раз (53.8 мг/кг) и Pb в 5.7 раз (28.7 мг/кг) – в цветках тысячелистника, Cr в 86 раз (43.2 мг/кг) в корнях полыни. Наибольшее содержание ТМ в надземных органах наблюдается у тысячелистника, за исключением Cr, который накапливается в корнях. Подобная особенность распределения ТМ может быть признаком засухоустойчивости этого вида тысячелистника.

Распределение Zn для цикория: максимальная концентрация в цветках. Pb и Cr накапливаются преимущественно в корнях цикория, что свидетельствует о сохранении барьерной функции корня.

#### Литература

1. Временные максимально допустимые уровни (МДУ) некоторых химических элементов госсипола в кормах сельскохозяйственных животных. Утвержден Главным Управлением Ветеринарии министерства сельского хозяйства РФ, 1991.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ № FENW-2024-0001, и программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета («Приоритет 2030»)

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

УДК 631.438

## ДИНАМИКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ $^{137}\text{Cs}$ И $^{90}\text{Sr}$ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС И ПРИМЕНЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ МЕР

И.С. Станилевич

РУП «Институт почвоведения и агрохимии», Минск, stanilevich@mail.ru

The dynamics of soil fertility properties contaminated with  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  agricultural lands after the Chernobyl accident and the application of countermeasures are presented.

К числу защитных агрохимических мероприятий, реализуемых после аварии на Чернобыльской АЭС на загрязненных территориях, и способствующих снижению поступления радионуклидов в продукцию растениеводства, относятся: известкование кислых почв, внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений. Применяемые мероприятия повлекли за собой существенные изменения агрохимического состояния загрязненных радионуклидами почв: сокращению доли почв с высокой плотностью загрязнения, положительной динамике в увеличении площадей почв с благоприятной реакцией и оптимальным содержанием подвижных форм фосфора и калия.

Средневзвешенный уровень содержания подвижного калия  $\text{K}_2\text{O}$  на загрязненной части пахотных земель повысился за 35 лет после аварии на ЧАЭС со 152 до 234 мг/кг почвы, или в 1.5 раза. Доля слабообеспеченных калием почв в 1986 году составляла 18.3 % и была снижена в 4 раза до 4.3 %. В настоящее время на 55.1 % площади загрязненных пахотных земель содержание подвижных форм калия находится в зоне оптимума (141–300 мг  $\text{K}_2\text{O}$  на кг почвы), что обеспечивает минимальный переход радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и, частично,  $^{90}\text{Sr}$ , из почвы в продукцию возделываемых культур (табл.).

Таблица. Динамика средневзвешенных показателей плодородия почв, загрязнённых  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  пахотных земель.

Показатели	1985	1989	2000	2020	2025
Площадь, тыс. га	–	928	746	556	543
$\text{K}_2\text{O}$ , мг/кг	152	170	190	234	222
$\text{P}_2\text{O}_5$ , мг/кг	140	178	208	214	228
pH KCl	5.62	5.77	5.95	5.86	5.89

В результате защитных мероприятий, средневзвешенное содержание подвижных фосфатов в почвах загрязненных пахотных земель повысилось в 1.5 раза и составило 214 мг/кг. Доля площади слабо обеспеченных фосфором почв сократилась 2.3 раза, за послеаварийный период с 38.9 % в до 16.8 %.

За период 1986–2000 гг. доля сильно- и среднекислых почв ( $pH < 5.0$ ) снижена в три раза, с 19.8 до 6.6 % от площади пашни. Одновременно доля почв с благоприятной реакцией среды для большинства сельскохозяйственных культур ( $pH > 5.5$ ) увеличилась с 56.9 до 79.5 %. В последующий 20-летний период наблюдалось динамическое равновесие, с преимущественно благоприятной, слабокислой реакцией в пахотных почвах.

Проведенные защитные меры в агропромышленном комплексе после Чернобыльской аварии были высокоэффективными, создан фундамент плодородия почв для гарантии производства нормативно чистых продуктов питания.

Работа рекомендована д.с.-х.н. Ю.В. Путьяным.

УДК 614.76

## ПРАВОВАЯ КОЛЛИЗИЯ В ОЦЕНКЕ «КАТЕГОРИЙ» ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

Д.Ю. Тиличко

ООО «ОГЕО-Проект», ведущий эколог, [tilichko@opengeology.ru](mailto:tilichko@opengeology.ru)

A legal conflict has been identified in soil quality regulation, leading to an absurd situation where natural background levels can formally be classified as contamination and to an unjustified expansion of quantitative analysis requirements.

Существует правовая коллизия в СанПиН 1.2.3685-21, согласно которой предписывается оценка с учетом  $K_{\max}$  (максимального значения допустимого уровня содержания элемента по одному из 4-х показателей вредности), но юридически установленных значений этого показателя, дифференцированных по территории России, не существует [1]. Это может привести к абсурдным ситуациям, когда природный фоновый уровень содержания ТМ в почвах может превышать ПДК/ОДК/ $K_{\max}$ , что формально отнесет «чистые» почвы к загрязненным. Также это приводит к расширению перечня определяемых показателей в почве, дублированию определения содержания элементов, помимо валового содер-

жания, обязательного для оценки качества почв, природопользователи вынуждены определять подвижную форму ТМ, поскольку для ряда металлов только для нее есть значения  $K_{\max}$ , что необоснованно в контексте оценки всех категорий земель, за исключением с/х, где оценка риска транслокационного пути поступления ТМ оправдана.

По смыслу положений п. 1 ст. 21 № 52-ФЗ и СанПиН 2.1.7.3685-21, а также учитывая, что ПДК и ОДК химических веществ в почве, разработаны для одних и тех же элементов, имеют равную юридическую силу и одинаковую область применения, законодательство не выдвигает однозначного требования определения формы элемента для сравнения исключительно с ПДК при наличии ОДК.

Выбор конкретной методики пробоподготовки и определения ТМ относится к компетенции изыскателя и должен быть основан на характере территории и почвенного покрова, ожидаемой структуре и источниках загрязнения. Поскольку единых критериев нет, следует использовать требования п. 3.9 СП 11-102-97 и п. 4.18 СП 47.13330.2016, согласно которым исполнитель инженерных изысканий обосновывает состав и объемы работ, методику и технологию их выполнения в программе инженерных изысканий [2]. В целом, такой подход должен обеспечивать получение результатов исследований, достаточных для принятия обоснованных решений по дальнейшему обращению с почвой, что создает риски субъективных и не всегда корректных решений, но представляется авторам единственно возможным в современных условиях. Поэтому важно делать акцент на приоритетном пути поступления ТМ при оценке экологических рисков, в большинстве случаев, валового содержания ТМ будет достаточно, по которой и ведется расчет интегрального показателя загрязнения  $Z_c$ , а подвижные формы определять только в особых случаях.

#### Литература

1. Дуброва С.В., Подлипский И.И. Эколого-геологическая оценка парагенетических геохимических ассоциаций поллютантов полигонов бытовых отходов Ленинградской области // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология. География. 2014. № 1. С. 22–35. – EDN SAFXSP.

2. Подлипский И.И. Эколого-геологическая оценка парагенетических геохимических ассоциаций функциональных зон Санкт-Петербурга // Инженерные изыскания. 2013. № 12. С. 53–59. EDN RMUBJF.

Работа рекомендована к.г.-м.н., доц. каф. прикладной экологии СПбГУ И.И. Подлипским.

ВЛИЯНИЕ ПОЧВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
НА ТРАНСФОРМАЦИЮ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ  
НА ПРИМЕРЕ ПОЧВ НОРИЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА

И.И. Титанюк

МГУ имени М.В. Ломоносова, [ilya-titanyuk@mail.ru](mailto:ilya-titanyuk@mail.ru)

This study examines the influence of soil characteristics in contaminated and clean areas of the Norilsk industrial zone on the mobility of heavy metals, and also conducts an environmental assessment adapted to regional conditions.

Для предотвращения вредного воздействия тяжелых металлов на экосистему и людей установлены нормативы. Однако в почвах с естественным высоким содержанием металлов применение стандартных нормативов не позволяет точно оценивать состояние окружающей среды, а, следовательно, и рассчитывать ограничения на ведение хозяйственной деятельности в регионе. Существует запрос на пересмотр экологических стандартов с учетом региональной специфики.

Цель работы – изучить влияние химических свойств почв Норильского промышленного района (НПР) на формы тяжелых металлов в загрязненных и фоновых условиях от поверхности до метровой глубины и оценить экологическое состояние почв.

Задачи: 1. Определить основные почвенные характеристики, используя стандартные методы химического анализа. 2. Выявить закономерности во влиянии на ТМ почвенных свойств: рН, органическое вещество, катионообменная способность и несиликатные формы железа. 3. Сравнить содержание ТМ фоновых и загрязненных почв с нормативами. 4. Обосновать необходимость учета почвенных характеристик при разработке нормативов загрязнения.

В большинстве образцов содержание Ni и Cu кратно превышает ОДК, в том числе в фоновых почвах встречается превышение в 311 раз у поверхности и в 910 раз на глубине. ПДК подвижных форм Ni и Cu превышены во всех образцах, для Ni – в 107 раз, для Cu – в 141, и концентрация не зависит от глубины. Это подтверждает естественное обогащение почв металлами. В подобных условиях неприменимо использование СанПиН 1.2.3685-21 или фоновых значений дерново-подзолистых почв из Письма Минприроды РФ от 27.12.1993. Лучше работает учет отклонения показателей от местных фоновых значений.

Подтверждена корреляция между переходом элемента в подвижную форму и повышением кислотности. Значения ЕКО были высокими на всей глубине. Зафиксировано связывающее действие органического вещества на подвижные элементы: V, Cr, Ni, Cu, As, Ag, Cd. При этом водорастворимые формы V, Cr, Cu, Ag, As и Ba в почве, лучше связывало свободное железо, чем органическая часть.

Корреляции между различными формами одного и того же элемента не обнаружено, из чего можно сделать вывод, что содержание элементов в почве не влияет на концентрации их токсичных форм. Следовательно, при пересмотре почвенных нормативов для регионов с повышенным геохимическим фоном важнее учитывать отклонения от фона и способность почв перевести элементы в нетоксичное состояние, чем валовое содержание элемента в почве. Помимо pH почвы целесообразно учитывать также содержание органического вещества и несиликатного железа.

Работа рекомендована к.б.н., ст. преп. А.В. Климановым.

УДК 631.453

#### БИОТЕСТИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД ОРГАНИЧЕСКИМИ ТОКСИКАНТАМИ

П.И. Филатова<sup>1,2</sup>, Е.Н. Бочарникова<sup>2,3</sup>, А.В. Спирина<sup>2</sup>,

В.И. Соломонов<sup>2</sup>, А.С. Макарова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт Электрофизики УрО РАН, polifila1997@gmail.com

<sup>2</sup>Уральский федеральный университет

<sup>3</sup>Сибирский медицинский университет

The toxicity of aqueous solutions containing dyes (Crystal violet, Rose Bengal) after treatment with a nanosecond electron beam (170 keV) was assessed using *Lepidium sativum* seeds.

Фитотестирование является одним из методов оценки токсичности химических веществ, который по сравнению с тестированием на животных обладает рядом преимуществ: экономичностью, относительной быстротой получения результатов, удобством статистической обработки данных за счет возможности формирования массивов числовых показателей, а также согласованностью с требованиями биоэтики. Кресс-салат (*Lepidium sativum*) является популярным организмом для проведения фитотестирования водных растворов благодаря способности реагировать на широкий спектр загрязнителей, быстрому росту и корот-

кому вегетационному периоду, а также простоте культивирования в лабораторных условиях.

Цель работы – оценка степени токсичности водных растворов, содержащих красители (Кристаллический Фиолетовый, Роза Бенгальская), после обработки наносекундным электронным пучком (170 кэВ). Методика: 1 мл раствора красителя с концентрацией 1 мМ облучали электронным пучком от 0 до 1600 импульсов. Полученный раствор собирали дозатором из кюветы и доводили до 10 мл дистиллированной водой. Детоксикация водных растворов после обработки проведена 0.5 мг/л водно-щелочным раствором гуминовых кислот (ГК), выделенных из торфа (Мезенское месторождение, Архангельская обл.).

Семена кресс-салата были высажены по 30 шт. в чашки Петри на бумажные фильтры, смоченные по 5 мл дистиллированной водой (контроль) или водным раствором красителя до и после облучения электронным пучком (проба). Семена кресс-салата проращивали в закрытом ламинарном боксе в течение 72 часов при комнатной температуре. Длина светового периода составляла 10.5 часов в сутки. Длина корня измерялась от точки роста. Опыт проводился в трех повторностях. Если процентное отношение средней длины корней в опытной группе к средней длине корней в контрольной группе от 70 до 100 %, такой образец считался нетоксичным. При соотношении от 120 до 130 % считалось, что среда оказывает стимулирующий эффект.

Установлено, что водные растворы красителей (1 мМ) обладают экстремальной токсичностью. Было показано, что обработка 400 и выше импульсами электронного пучка водного раствора с содержанием Розы Бенгальской и более 800 импульсами для Кристаллического Фиолетового позволила устранить токсичность. При добавлении ГК во все растворы (включая контрольный) степень токсичности оставалась на уровне «не токсично» или «стимулирующий эффект».

Работа поддержана Российским научным фондом и Правительством Свердловской области (проект № 24-19-20031).

Работа рекомендована д.ф.-м.н., проф. О.Н. Чайковской.

ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ  
ЦИКОРИЯ ОБЫКНОВЕННОГО (*CICHORIUM INTYBUS* L.)  
В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В.А. Чаплыгин, Н.П. Черникова, Е.С. Богомаз

Академия биологии и медицины им. Д.И. Ивановского Южного  
федерального университета, г. Ростов-на-Дону, chaplygin@sfedu.ru

The anthropogenic pollution impact on heavy metals fractional composition in medicinal plants of the Rostov Region impact zone was studied. It was found that high pollution levels increase the most mobile pollutants forms proportion in plants. Metal mobility decreases with distance from pollution source.

Проведен экологический мониторинг территорий Ростовской области, испытывающих антропогенную нагрузку в виде атмосферных выбросов Новочеркасской ГРЭС (НчГРЭС). С 25 площадок, заложенных на разном удалении от НчГРЭС (1–20 км) с различными уровнями антропогенной нагрузки для сравнения отобраны дикорастущие лекарственные растения цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.) широко представленного в этой зоне. На основе авторской схемы фракционирования [1] изучен состав соединений тяжелых металлов (ТМ) в растениях.

Отбор проб растений производился во второй половине августа 2025 года, в соответствии с ГОСТ 27262-87. Фракционный состав ТМ в растениях основан на 4-х последовательных стадиях обработки образцов различными экстрагентами и позволяющим выделять ФI – водную (H<sub>2</sub>O дист.), ФII – водно-спиртовую (40 % C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), ФIII – солянокислую (10 % HCl) и ФIV – кислотную (конц. HNO<sub>3</sub> + 30 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) фракции. Остаток, нерастворимый после ФIV, выделяется в V фракцию (силикатную). Анализ содержания Mn, Zn, Cu, Pb, Cr, Ni, Cd проводился на атомно-абсорбционном спектрометре «Квант-2».

Установлено, что ТМ по степени экстрагируемости в водный отвар (ФI) из надземных органов растений образуют ряд (%): Cr (1–5) < Ni (2–13) < Zn (2–20) ≤ Cd (3–22) ≤ Pb (13–20) < Mn (3–31) < Cu (5–41).

Преобладающей является солянокислая фракция (III) ТМ, а к наиболее извлекаемым элементам относятся Mn и Zn. Выявлено более высокое содержание ТМ в ФIV и ФV в корнях, чем побегах. В условиях загрязнения концентрации ТМ, извлекаемых в кислотные экстракты, уменьшаются в ряду: Cr > Pb > Ni ≥ Mn ≥ Zn > Cu > Cd. На примере цикория выявлено, что ключевую роль в изменении фракционного состава

ТМ играет металл и уровень техногенного загрязнения. На ближайших к НчГРЭС площадках наблюдается значительное увеличение доли ФI по Mn, Cd и Cu, доли ФI и ФII по Ni и Pb и доли ФIII по Cr, в особенности в надземных органах растений. По мере удаления от НчГРЭС доля ТМ, извлекаемых в ФI и ФII уменьшается, что свидетельствует о снижении степени опасности лекарственных растений, произрастающих вдали от источника загрязнения.

#### 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-П) в Южном федеральном университете.

УДК 631.10

### ОЦЕНКА ВКЛАДА ПОЧВЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ В АДСОРБЦИЮ ЛАНТАНА (III) РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ПОЧВ М.О. Чернега

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
г. Москва, chernegamisha@gmail.com

The study focused on the role of soil components in the adsorption of lanthanum (III). The contribution of organic matter, non-silicate iron compounds was evaluated using selective removal methods. The Langmuir equations showed that organic matter corresponds to greater capacity; non-silicate iron provides a high affinity for La(III).

В условиях роста техногенной нагрузки и расширения применения редкоземельных элементов (РЗЭ) в промышленности возрастает актуальность изучения их поведения в почвенных системах. РЗЭ, в том числе лантан, активно используются в современных технологиях, что обуславливает необходимость оценки механизмов их миграции и закрепления в почвах.

Целью работы являлась оценка вклада почвенных компонентов в адсорбцию La(III) различными типами почв.

Объектами исследования служили горизонты палево-подзолистой, дерново-глеевой и торфяно-подзолисто-глееватой почв. Сорбция лантана изучалась на исходных образцах, а также после селективного удаления органического вещества и несиликатных соединений железа.

Органическое вещество удаляли обработкой 10 % раствором пероксида водорода при повышенной температуре, несиликатные соединения железа – методом Мера-Джексона. Значения рН равновесных растворов определяли потенциометрически.

Для интерпретации сорбционных данных использовали уравнение Лэнгмюра, позволяющее оценить максимальную сорбционную ёмкость и интенсивность взаимодействия.

Во всех вариантах опыта рН равновесных растворов находился в диапазоне слабокислой, близкой к нейтральной реакции среды, что свидетельствует о преобладании ионной формы  $La^{3+}$  в растворе.

В палево-подзолистой и торфяно-подзолисто-глеевой почвах органическое вещество определяло величину сорбции, тогда как максимальное сродство к  $La(III)$  проявляли горизонты с повышенным содержанием несиликатного железа.

В дерново-глеевой почве значения сорбционной ёмкости между горизонтами были близки, однако интенсивность сорбции возрастала с увеличением содержания железа.

Удаление органического вещества приводило к снижению сорбционной ёмкости и одновременному увеличению интенсивности сорбции, что свидетельствует о конкуренции и экранировании сорбционных центров между органическим веществом и минеральной фазой.

Таким образом, органическое вещество определяет преимущественно сорбционную ёмкость почв по отношению к  $La(III)$ , тогда как несиликатные соединения железа обеспечивают наиболее прочное закрепление данного элемента в почвенной системе.

Работа рекомендована: д.б.н., доц. Д.М. Ладониным.

УДК 543.421, 546.56-121, 549.281

ЗАГРЯЗНЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ГОРОДСКОГО ОКРУГА  
ВЕРХНЯЯ ПЫШМА

М.С. Шайбулатова

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
marinashayb@gmail.com

The content of chemical elements was analyzed in 20 snow samples collected in Verkhnyaya Pyshma. The results show exceeding of the limit concentrations of some elements, such as copper, cadmium and arsenic, as well as a high coefficient of concentrations of zinc, cadmium and copper and a high dust load in some parts of the city.

Снежный покров является индикатором состояния почвы, так как снег – накопитель аэрозольных загрязняющих веществ, выпадающих из атмосферного воздуха. В течение длительного времени снежный покров накапливает в себе поллютанты, которые в период снеготаяния мигрируют в почвы и поверхностные воды. Состав выпадений определяет отрасль промышленности в определенном регионе.

Верхняя Пышма – промышленный город в Свердловской области, основанный в 1854 году. Он является промышленным центром благодаря градообразующему предприятию АО «Уралэлектромедь», обеспечивающему полный цикл производства меди. Город находится в зоне светлохвойных лесов, в умеренно континентальном климатическом поясе с умеренно суровой снежной зимой и высотой снежного покрова не менее 40 см. Наиболее распространенные почвы – дерново-подзолистые – характеризуются промывным водным режимом, кислой реакцией среды и небольшим содержанием органического вещества.

Отбор снежного покрова проходил с 31.01 по 02.02.2025. Анализ содержания загрязняющих веществ в осадке от снеготаяния проводился методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

В отобранных образцах осадка от снеготаяния превышения предельно допустимых концентраций, установленных для почв, наблюдается у меди с максимальной концентрацией 428.2, 189.4 и 137.7 мг/кг, мышьяка – 7.6 мг/кг и кадмия – 2.3 мг/кг. Концентрации меди превышают ПДК из-за находящегося в городе медного производства, а превышение концентраций кадмия и мышьяка объясняется их наличием в качестве примесей в медной руде.

Для некоторых элементов был рассчитан коэффициент концентрации, результаты анализа сравнивались с данными фоновых концентраций тяжелых металлов в осадке от снеготаяния по Свердловской области. Фон меди равен 0.077 мг/кг, кадмия – 0.003 мг/кг, цинка – 0.132 мг/кг. Значения коэффициента концентрации элементов: у меди (5561.5), цинка (738.3), кадмия (763.0).

Расчет пылевой нагрузки на  $1 \text{ м}^2$  показал, что максимальная пылевая нагрузка приходится на точки, расположенные вблизи автотрассы, она составляет 649.8 мг/м<sup>2</sup>сут и 529.6 мг/м<sup>2</sup>сут.

Работа рекомендована ст. преп. И.А. Мартыненко.

ОЦЕНКА УРОВНЯ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ПОЧВ ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ВАСИЛЕОСТРОВСКОГО  
РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

А.А. Швецова

Санкт-Петербургский государственный университет

st133942@student.spbu.ru

In the urban soils of St. Petersburg, soils with moderately hazardous and dangerous levels of pollution and platinum group elements content above the background values were found due to industrial activity and heavy automobile traffic. The research results make it possible to assess the risks to the state of the urban ecosystem.

Полиметаллическое загрязнение почв является одной из наиболее острых экологических проблем современности. Почвы Санкт-Петербурга подвержены загрязнению тяжелыми металлами и элементами платиновой группы (ЭПГ) от промышленных выбросов и плотного автомобильного трафика [1, 2]. ЭПГ попадают в придорожные почвы из каталитических нейтрализаторов автомобилей вместе с выхлопными газами, что может негативно сказываться на состоянии почв [3]. Василеостровский район отличается повышенной уязвимостью: большое количество транспортных путей при небольшой площади озеленения. Для оценки уровня загрязнения было отобрано 20 проб почв на придорожных территориях Василеостровского района, далее в образцах определяли концентрации тяжелых металлов методом РФА и ЭПГ методом ICP-MS. После анализа проводили оценку загрязнения при помощи расчета индекса суммарного загрязнения ( $Z_c$ ).

По полученным данным более 70 % исследованных почв относят к умеренно опасному, а около 10 % к опасному уровню загрязнения (рис., А). Это подтверждает, что городские почвы подвержены загрязнению от автомобильных выхлопов, строительной и уличной пыли, а также промышленных выбросов.

Было определено, что содержание платиноидов в почвах Васильевского острова варьирует от 0.003 до 0.08 г/т (рис., Б), при фоне для Pt = 0.006 г/т, Pd = 0.02 г/т, Rh = 0.002 г/т [4]. Можно сделать вывод о том, что обнаруженные концентрации платиноидов в почвах превышают фон по Pd до 4 раз, по Rh до 5 раз, а по Pt превышений не обнаружено.

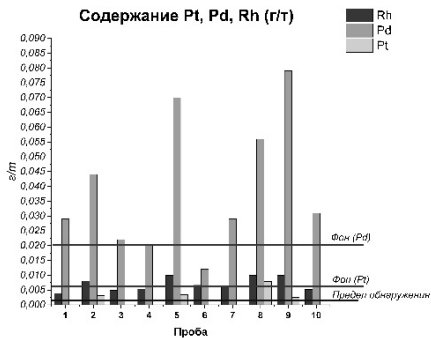
Таким образом, почвы Санкт-Петербурга подвержены загрязнению не только тяжелыми металлами, но и ЭПГ, что может негативно сказываться на городском почвенном покрове.

Индекс суммарного загрязнения (Zc)



А

Содержание Pt, Pd, Rh (г/т)



Б

Рисунок. А – значения индекса суммарного загрязнения (Zc) исследованных почв, Б – содержание Pt, Pd, Rh (г/т) в придорожных почвах Василеостровского района Санкт-Петербурга.

### Литература

1. Мельников С.П., Марцун Е.В. Соединения тяжёлых металлов в урбаноэмах Пушкинского района Санкт-Петербурга // Известия СПбГАУ. 2015, № 39.
2. Максимова А.М., Нестеров Д.А., Финаров Д.П. Загрязнение почв Красногвардейского района Санкт-Петербурга тяжелыми металлами // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. 2012. № 153-2.
3. Янин Е.П. Платиновые металлы в окружающей среде (эколого-геохимические аспекты). – М.: НП «АРСО», 2021. – 232 с
4. Ладонин Д.В. Формы соединений тяжелых металлов в техногенно-загрязненных почвах. – М.: Издательство Московского университета, 2019. 312 с.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФ 24-44-00006.

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

## Секция V

### *Ресурсный потенциал почв*

ФОСФАТНОЕ И КАЛИЙНОЕ СОСТОЯНИЕ АГРОПОЧВ  
КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Ч.С. Барова

ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»  
saaya.chajzat@bk.ru

The aim of this study was to investigate the content and dynamics of mobile phosphorus and potassium when applying mineral fertilizers to soils. Field crop yields are closely correlated with the content of mobile phosphorus and potassium ( $r = 0.79-0.98$ ).

В почвенном покрове пашни Красноярского края преобладают черноземы (54.4 %) и серые лесные (37 %) почвы. Земледелие в регионе ведется с отрицательным балансом гумуса, макро- и микроэлементов, происходит постепенное снижение плодородия почв [3, 4, 5]. Это связано с экстенсивным характером использования агропочв и низкими уровнями применения минеральных и органических удобрений. В результате резко нарушается режим питания агропочв, почва становится менее устойчивой к водной и ветровой эрозиям. Решением этой проблемы является использование минеральных удобрений. Исследования по фосфатному и калийному режиму агропочв в Красноярской лесостепи приходится на 70–80 гг. прошлого века [1, 2]. В связи с этим актуальность темы исследований обусловлена агрогенным изменением фосфатного и калийного режима агропочв Красноярской лесостепи. Цель работы – исследовать содержание, динамику подвижных форм фосфора и калия при использовании различных минеральных удобрений в агропочвах в земледельческой части региона. Исследования осуществляются на производственном опыте учхоза «Миндерлинское» и полевом опыте УНПК «Борский» Сухобузимского района. Землепользования этих хозяйств находятся в центральной части Красноярской лесостепи. Объектами исследования являются агрочернозем и агросерая почва. На агросерой почве возделывали гречиху сорта Жданка, на агрочерноземе – озимую рожь сорта Красноярская универсальная. Показано, что применение сульфоаммофоса (20 кг д.в./га) в агрочерноземе обеспечивает повышенный уровень обеспеченности подвижным фосфором в течение вегетации озимой ржи. Однако, в июле в слое 10–20 см количество подвижного фосфора снижается до средней обеспеченности, что связано с выносом этого питательного элемента урожаем озимой ржи. Урожайность озимой ржи в сильной степени зависит от уровня обеспеченности почвы элементами минерального питания

(подвижного фосфора, минеральных форм азота и обменного калия). Коэффициенты корреляции составляют 0.86–0.98. Внесение 30 и 50 кг/га сульфоаммофоса и 60 кг сернокислого калия в агросерую почву вызывает значительное увеличение содержания подвижного фосфора и калия. Обеспеченность фосфором повышается с 3-го до 6 класса. Обеспеченность калием в слое 0–10 см характеризуется как повышенная, а в слое 10–20 см как средняя. Такие дозы внесения сульфоаммофоса и сернокислого калия в агросерую почву повышают урожайности гречихи в 3.3 раза по сравнению с контролем. Выявлены тесные корреляционные зависимости урожайности гречихи с  $P_2O_5$  и  $K_2O$  (коэффициент корреляции варьируют от 0.79 до 0.97).

#### Литература

1. Агрохимическая характеристика почв СССР. Средняя Сибирь. М.: Наука, 1971. С. 26–46.
2. Бугаков П.С., Горбачева С.М., Чупрова В.В. Почвы Красноярского края. Красноярск, 1981. 127 с.
3. Волошин Е.И. Применение удобрений и урожайность сельскохозяйственных культур в Красноярском крае // Вестник КрасГАУ. 2016. № 8. С. 150–157.
4. Танделов Ю.П. Плодородие почв и эффективность удобрений в Средней Сибири. Красноярск, 2012. 302 с.
5. Чупрова В.В. Почвы Сибири. Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2018. 126 с.

Работа рекомендована д.б.н., профессором кафедры почвоведения и агрохимии О.А. Ульяновой.

УДК 631.10

### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БУРЫХ ПОЛУПУСТЫННЫХ ПОЧВ КАЛМЫКИИ ПРИ РАЗЛИЧНОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ

Е.С. Вознюк, М.А. Кобцева, А.С. Аржановская

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, [evozniuk@sfedu.ru](mailto:evozniuk@sfedu.ru)

The physical and chemical properties of Calcisols used for growing fodder grasses and a nursery for woody and shrubby crops were determined.

Анализ данных физико-химических свойств почв позволяет определить оптимальные условия для культивирования растений, выбрать подходящие удобрения и оптимизировать процессы обработки почвы.

Объектом исследования являлись бурые полупустынные почвы Яшкульского района республики Калмыкия. Точка 1 расположена в хозяйстве, занимающимся выращиванием кормовых трав, точка 2 – почва питомника древесных и кустарниковых культур.

Водную вытяжку почв определяли по ГОСТам [1, 2], органический углерод по ГОСТу [3].

В результате исследования выявлены следующие различия по физико-химическим показателям: содержание обменного кальция в точке 1 (7.75 ммоль/100 г) меньше, чем в точке 2 (11.63 ммоль/100 г). Кальция водной вытяжки в первой точке в два раза меньше, чем во второй (0.005 % и 0.01 %), а хлоридов, наоборот, в два раза больше. Таким образом видно, что на почве хозяйства, выращивающего кормовые травы, наблюдается снижение содержания кальция при одновременном увеличении хлоридов. Содержание обменного магния, карбонатов и сульфатов двух объектов исследования достоверно не различаются. Низкие значения электропроводности (51.4  $\mu\text{S}/\text{cm}$  и 40.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) указывают на отсутствие засоления на этих сельскохозяйственных территориях.

Исследуемые бурые полупустынные почвы Калмыкии являются щелочными ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  7.89 и 7.97). Щелочные почвы подходят под выращивание как кормовых, так и кустарниковых культур, но необходимо постоянно контролировать pH и не допускать дальнейшего подщелачивания.

Наибольшие различия установлены по содержанию гумуса и гранулометрическому составу. В почве точки 1, наблюдается более низкая обеспеченность гумусом (1.14 %), чем во второй (1.82 %). Связанно это с тем, что в хозяйстве происходит многолетнее интенсивное выращивание кормовых трав без применения органических удобрений. А в точке 2 подращивание сеянцев происходит со сменой севооборота, тем самым меньше истощает ресурс почвы.

Содержание физической глины в 1 точке – 28.58 %, а во второй – 38.56 %. На территории республики Калмыкии наблюдается сильная дефляция и опустынивание, поэтому легкосуглинистые почвы хозяйства более подвержены этому процессу, чем среднесуглинистые почвы питомника.

Таким образом, можно сделать вывод что почва, на которой возделываются многолетние травы, по сравнению с территорией подращивания сеянцев требует улучшения ее агрофизических свойств, контроля катионно-анионного состава при поливе и обязательного внесения органических удобрений.

## Литература

1. ГОСТ 26423-85. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. М.: Стандартинформ, 2011. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 8 февраля 1985 г. № 283 дата введения установлена: 01.01.86.

2. ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке. Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 8 февраля 1985 г. № 283 срок действия установлен: с 01.01.86 до 01.01.96.

3. ГОСТ 26213-21. Методы определения органического вещества. М.: Российский институт стандартизации, 2021. Дата введения 2022-08-01.

Исследование проводилось при финансовой поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета («Приоритет 2030»).

Работа рекомендована к.х.н., с.н.с. И.В. Ожогиным.

УДК 631.42

## ПОЧВЫ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ МУЗЕЯ-ЗАПОВЕДНИКА ДИВНОГОРЬЕ: СВОЙСТВА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

И.А. Ганичев

Санкт-Петербургский государственный университет  
ganichevilya@gmail.com

The study examines properties of south-slope lithocatenal fallow lands, formed on the different parent material. Results show that the different parent rock promote a pH profiles variability and indirectly affects plant communities changing.

На территории музея-заповедника Дивногорье, находящегося в Лискинском и Острогужском районах Воронежской области на границе лесостепной и степной природных зон, располагаются фрагменты степных ландшафтов, претерпевающие постагрогенную трансформацию. Балка Голая находится в буферной зоне музея-заповедника. На водораздельном плато и верхних частях склонов балки залегают красноцветные неогеновые отложения, центральные и нижние части склонов сложены мелом и мергелями сантонского и туронского ярусов, выходящими на дневную поверхность.

Цель настоящей работы – изучение почв разновозрастных залежей, различающихся с точки зрения местоположения и литогенной ос-

новы, для определения влияния данных факторов на процесс постагрогенного изменения почв. В работе рассмотрены три разреза на склоне южной экспозиции: 1. Тёмногумусовая остаточно-карбонатная постагрогенная на продуктах выветривания меловых пород в средней части склона балки под 70-летней залежью. Растительное сообщество – люцерново-ковыльно-разнотравное. 2. Чернозём типичный остаточно-карбонатный на красноцветных отложениях в верхней части склона под 40–45-летней залежью. Растительное сообщество – люцерново-злаковое. 3. Чернозём типичный (мицелярно-карбонатный) на красноцветных отложениях на водораздельном плато под защитной лесопосадкой ясеня, с 1956 г, не распахивался. Под пологом ясеня сообщество – резаково-ковыльно-разнотравное. Рассматривался с целью сравнения с антропогенно-преобразованными почвами. В почвах были определены  $C_{орг.}$ ,  $CaCO_3$ ,  $pH_{H_2O}$ , содержание обменных катионов традиционными методами, а также удельная электрическая проводимость (УЭП) кондуктометрическим методом [1]. Также проводилось измерение температуры почвы на глубинах 5, 10, 15 и 20 см.

Установлено, что содержание карбонатов в верхних горизонтах почвы на продуктах разрушения меловых отложений более 40 %, в почве на красноцветных отложениях в верхней части склона – 1.5–2 %. Содержание углерода органических соединений в верхних горизонтах почв на залежах существенно не различается (~3.5 %), что обусловлено близким расположением разрезов и «гомогенизирующим» эффектом распашки. Во всех почвах  $pH_{H_2O}$  лежит в щелочном диапазоне и растёт с глубиной. УЭП уменьшается с глубиной во всех профилях. Исключение составляет чернозём на красноцветных отложениях (р.2), где в горизонте С значения УЭП достигают 836.1 См/см, а содержание обменного натрия 5.5 ммоль/100 г, что говорит о слабом засолении и солонцеватости этой почвы. Максимальная температура почвы (28 °С) отмечена в разрезе на карбонатных отложениях, минимальные температуры (15 °С и 15.2 °С) – в разрезах на красноцветных отложениях под лесопосадкой и на карбонатных отложениях, соответственно. Бóльшие амплитуды температур в почве на карбонатных отложениях, являются следствием меньшей влаго- и теплоёмкости материнской породы и находят отражение в ксерофитизации растительности на этом участке.

#### Литература

Hillel, D. Introduction to Environmental Soil Physics. – Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. – 494 p.

Работа рекомендована к.г.н., доц. Л.А. Панкратовой.

НАКОПЛЕНИЕ УГЛЕРОДА В ЛЕСОБОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ  
В ПОСЛЕДНИКОВЫЙ ПЕРИОД  
(СРЕДНЯЯ ТАЙГА РЕСПУБЛИКИ КОМИ)

Н.М. Горбач, В.В. Старцев

ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, nikolay.tbo@yandex.ru

This study quantifies carbon stocks and analyzes pyrogenic remains in a forested bog peatland in Northeast European Russia. Peat profile, which accumulated over a period of 4375–5540 calibrated years before present, was examined. The total carbon stock within the upper 100 cm of the profile was calculated to be 70.68 kg C m<sup>-2</sup>.

Болотные экосистемы играют существенную роль в глобальном углеродном цикле и климатической стабильности. В условиях антропогенной деградации и меняющегося климата процессы разложения органического вещества в торфяниках могут интенсифицироваться, трансформируя эти экосистемы из долговременных стоков углерода в мощные источники парниковых газов. Исследование состава и динамики почвенного органического вещества (ПОВ) торфяников является важным для разработки стратегий секвестрационного потенциала. Кроме того, торфяные почвы бореальной зоны служат архивами палеоклиматической информации. Цель работы – анализ запасов углерода и пирогенных остатков, накопленных в торфяных почвах лесоболотной экосистемы на Северо-востоке европейской части России.

Исследуемый торфяник мощностью 80 см расположен в южной части средней тайги (60°35'59.0" с. ш., 051°35'36.7" в. д.). Согласно результатам <sup>14</sup>C датировки установлено, что формирование торфяной залежи началось в интервале 4375–5540 калиброванных лет назад. Развитие торфяника началось с пушицево-осоковой стадии (*Carex rostrata* Stokes, *C. limosa* L., *Eriophorum vaginatum* L.). Далее последовала длительная сосново-пушицевая фаза с доминированием *E. vaginatum* L. Современная стадия представляет собой сосново-сфагновую ассоциацию с преобладанием *Sphagnum* spp. (*S. angustifolium* С.Е.О. Jensen, *S. divinum* Flatberg & K. Hassel, *S. russowii* Warnst.). Профиль участка демонстрирует плавный рост плотности залежей от 0.07 до 0.29 г см<sup>-3</sup> в интервале 0–80 см, с резким скачком до 1.77 г см<sup>-3</sup> в минеральном горизонте 80–100 см. Согласно анализу плотности и элементного содержания установлено, что запасы углерода и азота достигают максимума (13.05 и 0.46 кг·м<sup>-2</sup>) на глубине 70–80 см, затем уменьшаются. Показатели запасов углерода постепенно

возрастают с глубиной от 3.19 до 13.05 кг м<sup>-2</sup> в слое 70–80 см, после чего падают до 0.70 кг м<sup>-2</sup> в горизонте 80–100. Аналогичная динамика наблюдается для запасов азота от 0.06 до 0.46 кг м<sup>-2</sup> с последующим снижением до 0.04 кг м<sup>-2</sup>. Общий запас углерода в профиле составил 66.55 кг·м<sup>-2</sup>, тогда как запас азота составил 2.09 кг м<sup>-2</sup>. По результатам педоантракологического анализа выявлено, что лесоболотная экосистема испытала пять локальных пожаров, три из которых произошли в период ~5000–2000 кал. л. н. Установлены высокие концентрации макрочастиц в верхних горизонтах, что вероятно, связано с учащением и интенсификацией пожаров в близкий к современному период.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ 25-17-00054 «Природоподобные и антропогенные технологии для аккумуляирования стабильных форм углерода в лесных почвах».

Работа рекомендована д.б.н., доц., А.А. Дымовым.

УДК 631.4

#### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ НА ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЛЯХ СЛАНЦЕВСКОГО РАЙОНА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. Гостинцева

Санкт-Петербургский государственный университет, Ленинградский филиал ФГБУ «РосАгрохимслужба», e.v.gostintseva@yandex.ru

The problem of fallow soils is very relevant. An objective assessment of the current state of soils under fallow lands is necessary. The object of the study is Umbric Albic Luvisols on fallow lands. A decrease in pH<sub>KCl</sub> is observed. An increase in humus content is also observed.

Актуальность возврата залежных земель в сельскохозяйственный оборот в России подтверждается масштабами проблемы. Как пример – Ленинградская область, где неиспользуемая, но потенциально пригодная пашня занимает около 20 % всех сельхозугодий. Прежде чем планировать её освоение, очень важно провести комплексное исследование и оценку современного состояния почв залежных земель, что определит приоритетность и экономическую целесообразность их ввода в оборот.

Объектом исследования послужили дерново-подзолистые почвы на залежных землях сельхозугодий Сланцевского района Ленинградской области. Работа проводилась на землях бывшего совхоза «Авро-ра». В 2025 году здесь были заложены почвенные разрезы, привязанные

к местам опорных разрезов, исследованных в 1979 году. Отбор участков для изучения был обусловлен планами по их последующему вводу в сельскохозяйственный оборот. В ходе исследования проведён сравнительный анализ современных и архивных данных [1], на основании которого дана оценка изменений основных агрохимических свойств почв за указанный период.

Возраст залежи составляет 15–20 лет, участки покрыты лесостарником, засорены борщевиком. На момент обследования 1979 года участки находились в интенсивном сельскохозяйственном использовании.

В 2025 году использовались те же методы определения агрохимических показателей, что и в 1979 году, что обеспечивает сопоставимость данных за оба периода.

Наблюдается снижение показателя  $pH_{KCl}$ , что характерно для почв дерново-подзолистого типа при длительном отсутствии обработки. В случае двух разрезов большое значение  $pH_{KCl}$  (7 и 6.8 ед.) в пахотном горизонте, не типичное для дерново-подзолистых почв, свидетельствует о проведении химической мелиорации (известкования) в период предыдущего тура почвенного обследования. В настоящее время кислотность почвы находится на уровне, близком к природному (5.2 и 5.3 ед. соответственно). Содержание гумуса увеличилось (в среднем на 1.4 %), что является закономерным при выведении сельскохозяйственных угодий из активного оборота. Это происходит за счёт накопления растительных остатков в почве и формирования устойчивых гуминовых веществ, которые прочнее связываются с почвенными минералами и меньше вымываются.

#### Литература

1. Почвы и рекомендации по их использованию совхоза Аврора Сланцевского района Ленинградской области, институт «СЕВЗАПГИПРОЗЕМ», г. Ленинград, 1979 г., 123 с.

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

ПУЛЫ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА  
ДЛЯ АГРОЧЕРНОЗЕМОВ С ТРАДИЦИОННОЙ  
И НУЛЕВОЙ ОБРАБОТКАМИ

А.А. Григорова<sup>1</sup>, Е.С. Муквич<sup>1</sup>, Д.М. Костецкий<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ИФХиБПП РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН,  
г. Пущино, antonine.mc@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»  
г. Санкт-Петербург

The spatial variability and relationships between particulate, mineral-associated and potentially mineralizable soil organic matter pools were assessed within agricultural fields subjected to different tillage systems. No clear trends in these pools' variability between compared practices were found. At the same time, all these pools were positively correlated (*p-value*  $\leq 0.05$ ).

Понимание изменчивости и взаимосвязи разных функциональных пулов почвенного органического вещества (ОВ) при использовании различных агроприемов важно для разработки эффективных стратегий управления запасами ОВ в пределах сельскохозяйственных (с/х) земель. В связи с этим наше исследование было сфокусировано на оценке пространственной изменчивости и взаимосвязи трех пулов ОВ (дисперсного – РОМ; минерально-ассоциированного – МАОМ; потенциально-минерализуемого – С0) в пределах производственных с/х полей с традиционной и нулевой обработками, применяемых в черноземной зоне.

Исследование выполнено в пределах частных агрохозяйств Самарской (лесостепь) и Ростовской (степь) областей на агрочерноземах тяжелосуглинистых. В каждом регионе было выбрано три производственных поля: одно с традиционной обработкой почвы (вспашкой) и два с нулевой разной продолжительности (5–14 лет). В пределах каждого поля почвенные образцы отбирали из верхнего 10-ти см слоя в 30-ти пространственно-удаленных точках (всего  $n = 180$ : 2 региона  $\times$  3 поля  $\times$  30 точек), выбранных на основе метода латинского гиперкуба (стратифицированная невероятностная выборка) [1]. Разделение РОМ (53–2000 мкм) и МАОМ ( $< 53$  мкм) выполнено методом мокрого просеивания (предварительное ультразвуковое диспергирование;  $60 \text{ Дж} \cdot \text{мл}^{-1}$ ) [2, 3]. Содержание С0 определяли методом биокинетического фракционирования (кумулятивная минерализация ОВ почвы в течение года при  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  и 60 % от наименьшей влагоемкости) [4].

Доля МАОМ и РОМ в общем ОБ агрочерноземов не различалась значительно между регионами и составила в среднем 92–87 % и 8–13 % соответственно. При этом вклад СО в общее ОБ был вдвое больше для агрочерноземов Ростовской области, чем Самарской. Четкой тенденции в изменении трех пулов ОБ между применяемыми обработками почвы не выявлено для обоих регионов. Корреляционный анализ показал значимую положительную взаимосвязь ( $p \leq 0.05$ ) между изученными пулами как в Самарской области ( $r = 0.32-0.49$ ), так и в Ростовской ( $r = 0.21-0.37$ ).

#### Литература

1. Minasny B., McBratney A.B. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information // *Computers & Geosciences*. 2006. V. 32. № 9. P. 1378–1388.
2. Cambardella C.A., Elliott E.T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence // *Soil Science Society of America Journal*. 1992. V. 56. № 3. P. 777–783. DOI: 10.2136/sssaj1992.03615995005600030017x.
3. Kaiser M., Berhe A.A. How does sonication affect the mineral and organic constituents of soil aggregates? – A review // *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2014. V. 177. P. 479–1495. DOI: 10.1002/jpln.201300339.
4. Семенов В.М., Иванникова Л.А., Кузнецова Т.В., Семенова Н.А., Тулина А.С. Минерализуемость органического вещества и секвестрирующая емкость почв зонального ряда // *Почвоведение*. 2008. № 7. С. 819–832.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 24-76-10079.

Работа рекомендована к.б.н. С.В. Сушко.

УДК 631.4

### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ И УРОЖАЙНОСТИ РАЙОНОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ И КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Л.М. Демидова, А.А. Чернявская

Калининградский государственный технический университет

lideskoko@rambler.ru

The results of the analysis of limiting factors and the calculation of the soil-ecological index for two regions with a predominance of sod-podzolic soils are presented. The soil bonitet for grain crops and the actual yield over the past five years have been set.

Актуальность работы обусловлена государственными задачами повышения эффективности и независимости сельского хозяйства. Объекты исследования – четыре района в Калужской и Калининградской областях. Исследуемая территория охватывает зону дерново-подзолистых почв южной тайги (Прибалтийская и Среднерусская провинции) на одной широте и имеет в целом сходный почвенный покров за исключением одного лесостепного района.

На основе архивных данных почвенных очерков сельскохозяйственных предприятий выявлены факторы, лимитирующие урожайность, произведен расчет почвенно-экологического индекса преобладающих почв и определен бонитет для зерновых культур. Для обоих регионов набор лимитирующих факторов сходен (гидроморфизм, легкий гранулометрический состав, кислотность, каменистость, эрозия), но вклад их в снижение бонитета почв различный.

Для Калининградской области основным лимитирующим фактором является гидроморфизм. Суммарное влияние остальных лимитирующих показателей варьирует от 5 % до 20 %. Ландшафтные особенности – основная причина вариабельности ведущего лимитирующего фактора в районах Калужской области: в Износковском и Юхновском – гидроморфизм, в Людиновском – легкий гранулометрический состав, в Тарусском – эрозия.

Для обоих регионов характерно негативное влияние кислотности почв на плодородие, но степень его различна. В Калужской области по данным регионального филиала РосАгрохимслужбы, площадь кислых почв составляет 58.2 %. В Калининградской области данный показатель значительно ниже (11.4 %). Наибольшая доля кислых почв в Зеленоградском районе 38.9 %. Бонитет преобладающих почв для зерновых культур в районах Калининградской области выше (52–64), чем в Калужской (39–50). Различия среднеобластной урожайности по регионам в 2020–2025 гг. составляют 1.8–2.3 раза, а по отдельным районам еще выше. На преобладающих глееватых почвах урожайность зерновых в Калининградской области 5.4–6.7 т/га. Это обусловлено эффективной системой удобрения, благоприятными метеоусловиями последних лет, активным проведением мелиоративных мероприятий, а также хорошей окультуренностью почв. Низкий бонитет почв и урожайности в Калужской области связан с недостаточным минеральным удобрением, неудовлетворительной работой осушительных систем и одновременным совокупным влиянием лимитирующих факторов. Поэтому ресурсный потенциал почв Калужской области реализуется не полностью. Для повышения эффективности земледелия требуется разработка и внедрение

адаптивно-ландшафтных систем, проведение известкования, регулирование гидрологического режима.

Авторы выражают благодарность руководству Калининградского и Калужского филиалов РосАгрохимслужбы.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. О.А. Анциферовой.

УДК 631.4:634.75

## ОЦЕНКА ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ

В.Д. Иванова

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет  
verochka\_2006@mail.ru

The paper presents the soil conditions for the successful cultivation of garden strawberries in the Leningrad region. Recommendations on the preparation of soil and soil mixtures are given. Soil conditions with an optimal combination of such characteristics as soil type, acidity, humidity and the presence of certain nutrients are considered.

Земляника садовая является популярной культурой благодаря вкусовым качествам, содержанию витаминов и биологически активных веществ. При этом дефицит земляники садовой на рынке Санкт-Петербурга обусловлен комплексом причин.

Прежде всего, он связан с естественными факторами, такими как сезонность климата и почвенные условия Ленинградской области. Недостаточное предложение обусловлено высокой стоимостью производства и его низкой рентабельностью, в том числе, и в случае круглогодичного производства в промышленных теплицах.

Логистические и геополитические ограничения могут вносить существенный вклад в импортные поставки в межсезонье. Соблюдение требований к почвенным условиям и их подготовке позволит снизить риски, связанные с культивированием земляники садовой.

Цель исследования – оценить пригодность почвенных условий в Ленинградской области для культивирования земляники садовой.

Для культивирования земляники садовой в условиях Ленинградской области оптимальны следующие почвенные условия: хорошо дренированные супесчаные и легкие суглинистые почвы с содержанием гумуса не менее 2.5 % и кислотностью в диапазоне  $pH_{H_2O}$  5.0–6.5, при условии хорошего освещения.

При этом в Ленинградской области преобладают подзолистые и торфяные кислые почвы. Для выращивания земляники садовой на таких почвах необходимо проводить предпосадочную подготовку. Она заключается во внесении перепревших органических удобрений, компостов или перегноя, проведении известкования для коррекции pH и дренирования в случае переувлажнения.

Пригодные для успешного выращивания земляники почвы должны иметь следующие показатели: гумус – 2.8 %; фосфор – 12–15 мг; калий – 20–24 мг на 100 г почвы; pH солевой вытяжки – 4.7–5.0. Более кислые почвы необходимо известковать. В качестве подкормки вносят минеральное удобрение N30P30K30 и ряд микроэлементов Zn 0.01 %, Cu 0.01 %, Mn 0.1 %, Mo 0.001 %, B 0.01 %.

Для создания почвосмесей для культивирования земляники садовой в теплицах можно рекомендовать следующий состав: верховой торф слабой степени разложения 40–50 %, перлит или вермикулит 20–25 %, компост 20–25 %, речной песок 5–10 %. При этом к торфу добавляют доломитовую муку из расчета 5–7 кг/м<sup>3</sup>.

Интродукция новых сортов и повышение продуктивности районированных сортов также требуют более тщательного регулирования почвенных условий.

Работа рекомендована: к.б.н., доц. Д.М. Ивановым.

УДК 630\*5

ЦИКЛИЧНОСТЬ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ СОСНЫ  
КРЫМСКОЙ *PINUS NIGRA* J.F. ARNOLD SUBSP. *PALLASIANA*  
(LAMB.) HOLMBOE В УСЛОВИЯХ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ  
ЮЖНОБЕРЕЖНОГО КРЫМА

П.Г. Кваша

Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,  
г. Симферополь, polinakvasha2302@mail.ru

Objectively existing cycles of climate change have a direct impact on the functioning of natural components. The phenomenon of cyclicity is the improvement of genetic and population diversity. Therefore, it is acceptable to assume the cyclical nature of the natural renewal of the Crimean pine within the boundaries of its natural range.

Целью исследования является изучение процессов естественного возобновления сосны крымской *Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *Pallasiana*

(Lamb.) Holmbое на заповедных территориях южнобережного Крыма. В основу исследования положена гипотеза о влиянии климатических особенностей региона исследования на состояние природных компонентов, включая древесную растительность.

Объектами исследования выступают процессы естественного возобновления сосновых лесов на территории Ялтинского горно-лесного заповедника и Национального парка «Крымский». Исследования проводились на основе методических положений Пятницкого, Грейг-Смита, Злобина и Санникова [1–5]. Исследуемые сосновые леса сформированы преимущественно на светло-гумусовых аккумулятивно-карбонатных почвах. В процессе работы заложено 304 учётных пробных площади. Данные обработаны методами математической статистики.

Результаты. На территории Ялтинского горно-лесного заповедника всплеск естественного возобновления сосны крымской пришёлся на 2008–2009 гг., доминируют 17-летние особи, составляющие 65–70 % ценопопуляции. Кроме того, установлено присутствие жизнеспособного подроста, возраст которого составляет  $8 \pm 1$  год. Это поколение появилось в 2017–2018 гг. Жизненное состояние растений в первом случае оценивается как благонадёжное, тип ценопопуляции – процветающий, во втором – как устойчивое, тип данного фрагмента ценопопуляции – равновесный.

На горельниках национального парка «Крымский» зафиксирован подрост сосны крымской, возраст которого составляет 13–14 лет. Среди особенностей пространственной структуры существующих ценопопуляций подроста необходимо отметить его распространение на значительном удалении от стен леса, семенных куртин и семенных деревьев, и закономерное снижение густоты подроста при удалении 50–100 м от материнских насаждений.

Выводы. Выявлены популяционные всплески в периоды: 2007–2008, 2011–2012, 2017–2018 гг. Процесс естественного восстановления оценивается как успешный в том случае, когда наблюдается совпадение ёмкости экологической ниши и биоэкологических свойств подроста. Рекомендуется использовать естественное возобновление для формирования насаждений, близких по составу к коренным древостоям.

#### Литература

1. Грейг-Смит П. Количественная экология растений / П. Грейг-Смит. Москва: Мир, 1967. 359 с.
2. Пятницкий С.С. Методика исследований естественного семенного возобновления в лесах левобережной Лесостепи Украины / Харьков: ХСХИ, 1959. С. 26.

3. Злобин Ю.А. Оценка качества ценопопуляций подроста древесных пород // Лесоведение. 1976. № 6. С. 72–79.

4. Санников С.Н. Циклически эрозионно-пирогенная теория естественного возобновления сосны обыкновенной // Экология. 1983. № 1. С. 10–20.

5. Санников С.Н., Санникова Н.С. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса / Москва: Наука, 1985, 152 с.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц. кафедры лесного дела и садово-паркового строительства А.Н. Салтыковым.

УДК 631.4

## ИЗМЕНЕНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ВНЕСЕНИИ БИОЧАРА

Ю.Ю. Клиндухова

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону  
y89889442692@gmail.com

Biofertilizers increase the availability of nutrients for plants, improving their growth and development.

Рост населения приводит к экспоненциальному увеличению потребности в продуктах питания. Удобрения являются одним из наиболее важных элементов удовлетворения этого возросшего спроса и обеспечения глобальной продовольственной безопасности. Однако низкая эффективность использования питательных веществ из удобрений по-прежнему остается основным фактором, ограничивающим развитие сельского хозяйства. Вместе с этим, как подтверждают исследования, высокая концентрация неиспользованных удобрений привела к появлению огромных «мертвых зон» мирового океана (Diaz, Rosenberg, 2008) и увеличению глобальных выбросов закиси азота (Tian et al., 2020), что усложняет усилия по ограничению изменения климата. Как следствие, возникают экологические, экономические, социальные проблемы. В последнее время разработан ряд альтернативных удобрений на основе биочара, полученного при использовании термохимических процессов. Такие биоудобрения должны повышать доступность питательных веществ растениям, улучшать их рост и развитие.

Исследования проведены в условиях вегетационного опыта. Опытная культура – твердая яровая пшеница (*Triticum durum* Desf.), сорт – Мелодия Дона. Схема вегетационного опыта включает следующие

шие варианты: 1) контроль (б/у), 2) Рс60, 3) Рс90, 4) Рс150, 5) Б60, 6) Б90, 7) Б150, 8) БРс60, 9) БРс90, 10) БРс150. Контрольный вариант без удобрений (б/у). В удобренных вариантах цифры указывают дозу биочара (Б), суперфосфата (Рс) и биочара, насыщенного суперфосфатом (БРс), по действующему веществу ( $P_2O_5$ ) – 60, 90 и 150 кг/га. Почва – чернозем обыкновенный карбонатный (ООПТ Персиановская заповедная степь). Повторность опыта – трехкратная.

Биочар получали путем пиролиза соломы при температуре 700 °С, промывали КОН и насыщали обогащенным суперфосфатом с содержанием фосфора – 29.0 %. В подготовленную почву (500 г) вносили рассчитанное количество указанных удобрений, инкубировали 7 дней и проводили посев яровой пшеницы. После прорастания в сосудах оставляли по 15 проростков. В течение всего вегетационного опыта контролировали влажность почвы. Для оценки влияния химически модифицированного биочара были изучены морфометрические параметры яровой пшеницы на 35 сутки (высота побега, длина корней, сырая и сухая масса побегов и корней).

Согласно полученным данным, внесение биочара оказывает положительное действие на рост и развитие растений яровой пшеницы (рис.). Средняя высота побега пшеницы контрольного варианта составила 25.4 см. При использовании Б60 и Б90 этот показатель увеличился на 17 и 13 % соответственно. Применение биочара, насыщенного раствором суперфосфата, повышает высоту побега на 11 (БРс60) и 13 % (БРс90).

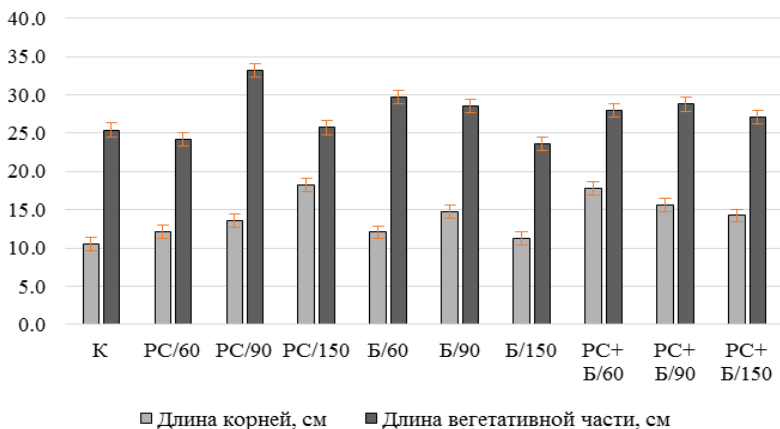


Рисунок. Морфометрические параметры пшеницы твердой (*Triticum durum* Desf.) при внесении в почву химически модифицированного биочара из соломы.

Наибольшее влияние изучаемые удобрения оказали на длину корней. В вариантах Б60 и Б90 выявлено повышение рассматриваемого показателя на 15 и 41 % соответственно относительно контроля. При внесении химически модифицированного биочара длина корней увеличилась на 70 (БРс60) и 49 % (БРс90). Доза 150 кг д.в./га как исходного биочара, так и модифицированного показала меньший эффект.

#### Литература

1. Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321(5891), 926–929.

2. Tian, H., Xu, R., Canadell, J. G., et al. (2020). A comprehensive quantification of global nitrous oxide sources and sinks. *Nature*, 586(7828), 248–256.

Работа выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета («Приоритет 2030») в Молодежной лаборатории регенеративного земледелия № СП-12-24-03.

Работа рекомендована д.с.-х.н., проф. О.А. Бирюковой.

УДК 004.89

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДАРНЫХ СНИМКОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

И.И. Лебедев

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

This work explores indirect vegetation assessment from Sentinel-1 SAR imagery. A two-stage machine-learning pipeline is used: SAR-based classification of vegetation vs. bare soil and a mixture-of-experts regression to predict optical vegetation indices. SAR features, geometry layers, and meteorological variables are combined to reduce ambiguity.

В работе рассмотрена возможность косвенной оценки растительного покрова по радиолокационным данным Sentinel-1, доступным независимо от облачности и освещённости. Основная методическая проблема SAR-подходов связана с тем, что обратное рассеяние определяется одновременно структурой растительности, влажностью почвы, шероховатостью и геометрией съёмки; поэтому для повышения устойчивости использованы наблюдения за несколько дней, а также метеорологическая сводка. На основе орторектифицированных продуктов

Sentinel-1 сформированы признаки VV/VH (в dB), их отношения (в линейной и dB-шкале), индекс RVI (Radar Vegetation Index), а также разности и скорости изменений относительно опорной даты, агрегаты по окну дат. Для учёта геометрии и качества пикселей дополнительно использованы слои геометрии, выгружаемые совместно с VV/VH.

Эталонная разметка «растительность/голая почва» и целевые оптические индексы рассчитывались по Sentinel-2, где предварительно данные очищались от любых шумов.

Для снижения неоднозначности, обусловленной влагой, в признаки включены архивные метеорологические параметры (температура, осадки, радиация, эталонная эвапотранспирация, влажность воздуха, точка росы, температура и влажность почвы по слоям и др.) за даты SAR-наблюдений, а также производные (например, дефицит давления водяного пара) и накопленные величины по временному окну. Предложена двухэтапная схема моделирования: (1) классификатор по SAR-признакам оценивает вероятность класса растительности, (2) регрессия целевого индекса строится как mixture-of-experts (два регрессора для растительности и голой почвы, смешивание по вероятности класса).

На независимой валидации получены высокие показатели классификации покрова (Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve (ROC AUC)  $\approx 0.94$ ; Accuracy  $\approx 0.93$ ), а также значимое улучшение восстановления оптического индекса по SAR при учёте многолетних и метеорологических факторов (для NDVI:  $R^2 \approx 0.65$ ; Mean Absolute Error  $\approx 0.054$ ; Root Mean Squared Error  $\approx 0.91$ ). Дополнительно планируется сопоставление нескольких целевых индексов (например, NDVI/Normalized Difference Red Edge/ Normalized Difference Moisture Index/Enhanced Vegetation Index) и интегрального показателя состояния растительности как комбинации нормированных индексов для повышения устойчивости оценки в условиях разной структуры посевов и фоновой влажности.

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

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БАЛЛА БОНИТЕТА  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОЭФФИЦИЕНТА С:ИЛ  
В РАЗЛИЧНЫХ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Д.Е. Митичкин

МГУ им. М.В. Ломоносова

ФИЦ Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва  
mitichkin\_de@esoil.ru

The relationship between the organic carbon to clay ratio (C:clay, <2  $\mu\text{m}$ ) and the soil bonitet score (GOST R 70229–2022) is evaluated using agricultural soils from different agroclimatic conditions. The results show that the C:clay ratio reflects changes in soil quality and can be used as an additional indicator for agricultural land assessment and monitoring.

Решение проблем современной оценки почв требуют разработки простых и воспроизводимых показателей качества почв сельскохозяйственного назначения в условиях отсутствия регулярных массовых почвенных обследований. Перспективным показателем может выступать коэффициент отношения органического углерода к содержанию илистой фракции меньше 2 мкм (С:ил), отражающий способность минеральной матрицы почвы стабилизировать органическое вещество и характеризующий физическое состояние почвенной структуры.

Целью работы являлась оценка взаимосвязи между коэффициентом С:ил и баллом бонитета, рассчитанным по ГОСТ Р 70229–2022, в различных агроклиматических условиях Российской Федерации, а также анализ возможности использования С:ил для предварительной оценки качества почв.

Содержание органического углерода определялось методом сухого сжигания, а гранулометрический состав методом лазерной дифракции. Балл бонитета рассчитывается по ГОСТ Р 70229–2022 с учётом агроклиматического потенциала, содержания гумуса, мощности гумусового горизонта, физической глины и негативных почвенных факторов.

Результаты показали наличие связи между коэффициентом С:ил и баллом бонитета, выраженность которой существенно варьирует по регионам. Для межрегиональной модели коэффициент детерминации составил  $R^2 = 0.44$ , что указывает на ограниченную применимость универсального пересчёта. Наиболее тесная зависимость выявлена для Тульской области  $R^2 = 0.61$ , где коэффициент С:ил хорошо отражает деградационные процессы, связанные с эрозией.

Полученные результаты подтверждают, что коэффициент  $S_{ил}$  может рассматриваться как чувствительный индикатор деградации и качества почв, однако его использование целесообразно в рамках внутрирегиональных моделей с одинаковым агроклиматическим потенциалом. Показатель  $S_{ил}$  не может полностью заменить балл бонитета, но способен служить эффективным инструментом для предварительного мониторинга и экспресс-оценки состояния сельскохозяйственных земель при ограниченных ресурсах на массовое обследование.

Финансирование: НИР FGUR-2025-0005.

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

УДК 631.412

## АЗОТНЫЙ РЕЖИМ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ТРОФИЧЕСКОЙ БАЗЫ ВЫРОСТНЫХ ПРУДОВ

Е.А. Мун

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону  
munelizavetaa@mail.ru

Nitrogen regime of nursery pond bottom sediments was studied. Nitrate nitrogen in control zone ( $20.46 \pm 1.54$  mg/kg) was significantly higher than in water intake ( $16.26 \pm 0.73$  mg/kg) and discharge zones ( $17.40 \pm 0.86$  mg/kg). Optimal nitrogen ratio promotes natural food base development, reducing fish production costs and ensuring affordable quality products.

Целью работы являлось определение содержания и пространственного распределения нитратной и аммонийной форм азота в донных отложениях выростного пруда для оценки условий формирования естественной кормовой базы.

Почвенные образцы были отобраны с территории рыбоводного хозяйства ООО «Прибой» (Быковский район, Волгоградская область) из выростного пруда с естественной кормовой базой. Пробы отбирались из трех локаций: контроль (поле с зерновыми культурами), зона водовыпуска и зона водосброса. Содержание обменного аммония определялось по ГОСТ 26489–85 [1], нитратов – по ГОСТ 26488–85 [2], pH – потенциометрическим методом (ГОСТ 58594–2019) [3].

Содержание нитратного азота ( $\text{NO}_3^-$ ) показало статистически значимые различия между зонами ( $p = 0.0002$ ). В контрольной зоне концентрация нитратов составила  $20.46 \pm 1.54$  мг/кг, что на 26 % выше по сравнению с зоной водовыпуска ( $16.26 \pm 0.73$  мг/кг,  $p = 0.0006$ ) и на 15 %

выше зоны водосброса ( $17.40 \pm 0.86$  мг/кг,  $p = 0.0047$ ). Снижение содержания нитратов в прудовых почвах свидетельствует об активном потреблении этой формы азота фитопланктоном и макрофитами, составляющими основу естественной кормовой базы для молоди рыб.

Содержание обменного аммония ( $\text{NH}_4^+$ ) варьировало в диапазоне 2.50–2.64 мг/кг без статистически значимых различий между зонами ( $p = 0.43$ ). Низкие коэффициенты вариации (5.3–7.4 %) указывают на равномерное распределение аммонийной формы азота. Умеренное содержание  $\text{NH}_4^+$  благоприятно для развития зоопланктона и бентоса, служащих кормом для рыб, при этом отсутствие избыточных концентраций снижает риск токсического воздействия на ихтиофауну.

Реакция среды донных отложений варьировала от слабощелочной до щелочной (рН 7.4–7.7) с достоверными различиями между зонами ( $p = 0.008$ ). Слабощелочная реакция (рН 7.4–7.6) оптимальна для жизнедеятельности кормовых организмов и молоди рыб, обеспечивая максимальную биодоступность питательных элементов и активизацию нитрифицирующих бактерий.

Выявленный азотный режим донных отложений обеспечивает благоприятные условия для формирования устойчивых трофических связей. Оптимальное соотношение нитратного и аммонийного азота способствует развитию фито- и зоопланктона без применения дорогостоящих искусственных кормов, что существенно снижает себестоимость выращивания рыбы и обеспечивает доступную качественную продукцию для населения.

#### Литература

1. ГОСТ 26488–85. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1985. 15 с.
2. ГОСТ 26489–85. Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1985. 19 с.
3. ГОСТ Р 58594–2019. Почвы. Метод определения обменной кислотности. Москва. 2020. 9 с.

Исследование выполнено при поддержке гранта в рамках конкурса «Наука-2030».

Работа рекомендована к.б.н., с.н.с. НИЛ «ЦАБТ» ДГТУ Д.А. Козыревым.

КОЛИЧЕСТВО И СОСТАВ  
МИНЕРАЛЬНО-АССОЦИИРОВАННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО  
ВЕЩЕСТВА ПАХОТНЫХ И ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВ  
В ОКРЕСТНОСТЯХ г. САЛЕХАРДА

Т.И. Низамутдинов  
Санкт-Петербургский государственный университет,  
t.nizamutdinov@spbu.ru

Investigation of MAOM-C in agricultural soils in Yamal region. It was found that the amount of MAOM-C varies only slightly with fallow age ( $R^2 = 0.11$ ). The carbon content in the  $<0.053$  mm fraction equals  $19.3 \pm 3.9$  g/kg soil. Moreover, the proportion of MAOM-C from SOC is  $66.6 \pm 6.1$  %.

Исследовали структурные пулы органического вещества (ПОВ) в агрогенно-аккумулятивных почвах, действующих и залежных (возрастом до 25 лет) с/х угодий в окрестностях г. Салехарда (ЯНАО). Пулы ПОВ выделяли методом гранулометрического фракционирования, ПОВ во фракции 0.053–2 мм относили к твердым органическим частицам (РОМ), во фракции  $<0.053$  мм к пулу минерально-ассоциированного органического вещества (МАОМ).

Установлено, что количество минерально-ассоциированного ПОВ слабо изменяется в зависимости от возраста залежи ( $R^2 = 0.11$ ). Количество углерода органических соединений во фракции  $<0.053$  мм равняется  $19.3 \pm 3.9$  г/кг почвы. При этом доля минерально-ассоциированного углерода от общего его содержания в почве составляет  $66.6 \pm 6.1$  %. Исследуемые почвы имеют бедный минералогический состав с доминирующей долей кварца, количество слоистых силикатов минимально, что, по-видимому, ограничивает физическую защиту ПОВ и образование устойчивых органоминеральных матриц.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 24-44-0006.

Работа рекомендована д.б.н., проф. РАН, зав. кафедрой прикладной экологии СПбГУ Е.В. Абакумовым.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЛИМИНЕРАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА АЛАРФЕСТ  
НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

В.В. Никитина

МГУ им. М.В. Ломоносова, pvasilisa2004@yandex.ru

The aim of the research is to evaluate the influence of the polymer-mineral material Alarfest as the soil ameliorant on the crop structure of the winter wheat. Obtained results demonstrate that Alarfest can be used to water regulation and plant nutrition. The preparation affects some parameters of crop structure.

В настоящее время тестируются различные мелиоранты с определенными свойствами для получения максимально возможного урожая культур при неблагоприятных погодных изменениях. Среди них особое внимание стоит обратить на различные сорбирующие материалы. В НИИ Механики МГУ им. М.В. Ломоносова была разработана линейка полимерно-минеральных материалов (ПММ), одним из которых является Аларфест. Основу Аларфеста составляет цеолит с добавлением различных полимеров. В сухом состоянии он представляет собой мелкодисперсный порошок, который можно вносить в почву туковыми сеялками. При увлажнении Аларфест превращается в вязкую коллоидную систему, которая не утрачивает своих свойств в течение длительного времени. При внесении в почву препарат может регулировать не только влажность, но и режим питания в зоне корня растения. Абсорбируя питательные вещества, Аларфест может быть источником последних в стрессовых ситуациях, улучшать обмен веществ и оказывать стимулирующее развитие растений.

Цель работы – оценить влияние ПММ Аларфест в качестве мелиоранта на структуру урожая озимой пшеницы, выращенной в климатических условиях Московского региона РФ.

В 2024–2025 году в НИИ Механики МГУ им. М.В. Ломоносова был заложен микроделяночный опыт в трех вариациях: контроль, 100 и 200 г/м<sup>2</sup> ПММ Аларфест (препарат вносился в рядки). Почва была определена как урбанозем гумусированный слабо-средне мощный на культурном слое, покровном суглинке и насыпном грунте. Культура – пшеница озимая, сорт Московская 40. По ГТК Селянинова вегетационный период (310 дней) характеризуется как умеренно увлажненный (1.30). В структуре урожая оценивали продуктивную кустистость, длину колоса, число зерен и их массу с единичного колоса, массу 1000 зерен.

По результатам исследования были сформулированы следующие выводы:

1. При внесении препарата продуктивная кустистость увеличилась с 1.68 (контроль) до 1.81 (100 г) и 2.35 (200 г); длина колоса увеличилась на 0.5 см (200 г); масса зерна с колоса возросла на 0.16 г (100 г).

2. На числе зерен с колоса, а также массу 1000 зерен внесение препарата не отразилось.

Полученные результаты показывают необходимость продолжения исследований по изучению влияния ПММ Аларфест на рост и развитие сельскохозяйственных культур в полевых условиях.

Работа рекомендована к.б.н., инженером Т.В. Локалиной.

УДК 631.4

## НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ УСТАНОВЛЕНИЯ ЭТАЛОННЫХ УЧАСТКОВ НА ЗЕМЛЯХ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

С.С. Огородников

Московский авиационный институт, sir.ogorod@yandex.ru

Paper substantiates soil reference (benchmark) sites across land-use types as baselines for soil health and contamination assessment. It summarizes approaches (Soil Health Gap, CREU, EU benchmarking), proposes land-category classification, and formulates principles for site selection, design, and statistical comparison to support regional quality standards.

Эталонный участок трактуется как природный аналог референтного материала: его свойства статистически описаны, а пространственно-временная вариабельность известна, что обеспечивает сопоставимость измерений и позволяет отделять эффект землепользования от природной неоднородности. Обобщён международный опыт бенчмаркинга почв и применения концепций Soil Health Gap и Cropland Reference Ecological Units (CREU), показывающих критичность локальной привязки эталона к типу почвы, климату и рельефу. Предложена классификация эталонных участков по категориям земель: сельскохозяйственные (целинные аналоги или участки с наилучшей практикой управления), лесные (коренные и старовозрастные сообщества), урбанизированные и промышленные (условно-фоновые территории вне зоны влияния), нарушенные (донорские/целевые участки для рекультивации), а также заповедные площадки долгосрочного наблюдения. Сформулированы принципы отбора и мониторинга: стратификация территории, парный или репрезентативный ди-

зайн, подтверждение минимальной преобразованности, оценка внутренней вариации и достаточного числа наблюдений на эталоне, синхронность программ наблюдений, статистическое сравнение распределений показателей. Показано, что эталонные данные необходимы для расчёта фоновых концентраций, выявления техногенного накопления и формирования регионально адаптированных порогов качества.

Рекомендовано сочетать полевые обследования, ГИС-стратификацию и дистанционное зондирование для поиска кандидатов в эталоны и создания реестра эталонных территорий. Важным условием признана репрезентативность: для устойчивой оценки референтного уровня целесообразно использовать десятки пробных точек в пределах однородной единицы и фиксировать дисперсию показателей. Для практики нормирования предложено переходить от универсальных нормативов к системе бенчмарков, специфичных для региона и типа почв, что снижает риск ложной диагностики деградации и повышает управляемость мер по охране и восстановлению при сохранении сопоставимости методик отбора.

УДК635.21:631.531:631.4

## РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ИСКУССТВЕННЫХ ГРУНТОВ В СЕМЕНОВОДСТВЕ КАРТОФЕЛЯ

Е.А. Подолян

ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва,  
podolian.ea@yandex.ru

The application of artificial soils based on high-moor peat in plant growing, specifically in potato seed production, which is particularly relevant in the context of import substitution. The combination of organic and mineral fertilizers in the soil composition provided a statistically significant increase in tuber mass compared to the control (113 %).

Один из основных методов семеноводства картофеля – клональное микроразмножение картофеля *invitro*. Этап адаптации микрорастений картофеля при переносе из условий *invitro* в *exvitro* критически зависит от состава грунта, его структуры и обеспеченности элементами питания.

Цель работы: определить влияние различных вариантов грунтовых смесей и удобрений на рост и урожайность микрорастений картофеля отечественных сортов в условиях *exvitro*.

Основу искусственных грунтов составлял верховой раскисленный торф. Он применялся как в чистом виде, так и в смеси торф:почва:песок 3:1:1. Почва – дерново-подзолистая легкосуглинистая. К данным грунтам добавляли минеральное удобрение в дозе N90P90K120 и органическое удобрение КМН (N = 4.07 %, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 4.43 %, K<sub>2</sub>O = 2.67 %). Также в схему опыта был включен вариант совместного внесения КМН и минерального удобрения N30P30K30.

Агрохимический состав грунтов, представлен в таблице.

Таблица. Агрохимический состав грунтов, мг/100 г.

Субстрат	pH <sub>KCl</sub>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	C <sub>орг</sub>
Торф	5.11	0.90	10.57	0.10	0.48	34.04
Почва	5.23	0.71	5.63	13.7	41.62	1.36
Смесь	5.15	2.45	4.69	15.2	33.61	5.89

Опытные грунты помещали в 5-литровые сосуды, в которых культивировали микрорастения картофеля *ex vitro*.

Сочетание изучаемых органического и минерального удобрений обеспечило наибольшую прибавку к контролю: количество клубней – на 2.8 шт./растение, масса клубней – на 113 %. Наиболее эффективным оказался вариант грунта на основе торфа в смеси с дерново-подзолистой почвой и песком (3:1:1) при добавлении компоста КМН и минеральных удобрений NPK (рис.).

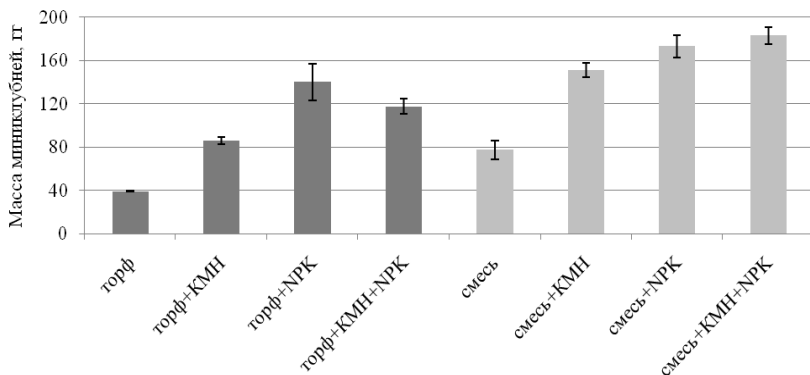


Рисунок. Влияние опытных грунтов на массу мини-клубней на одном растении, г (отображены средние значения и стандартные отклонения по выборке).

УДК 631.41

## НАКОПЛЕНИЕ ФОСФОРА В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРУДА КАК МАРКЕР ЭВТРОФИРОВАНИЯ ВОДОСБОРНОЙ ТЕРРИТОРИИ

А.Г. Поляков, Е.А. Мун

Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону  
ag.polyakov@mail.ru

Phosphorus is one of the limiting factors of freshwater ecosystem productivity. Excessive phosphorus input from catchment areas leads to eutrophication of water bodies. Up to 90 % of phosphorus accumulates in bottom sediments, where its mobile forms may act as a source of secondary pollution.

Целью исследования являлась сравнительная оценка содержания подвижных форм фосфора и показателей кислотности ( $pH_{H_2O}$ ) в донных отложениях пруда и почвах прилегающих территорий для выявления закономерностей их распределения как биогеохимического маркера эвтрофирования.

Рыбопродуктивность водоёмов определяется обеспеченностью экосистемы доступными формами фосфора, что подчёркивает биогеохимическую связь донных отложений с функционированием трофических цепей и качеством водных биоресурсов.

Исследование проводилось в лаборатории ДГТУ. Объектом являлся выростной пруд молоди рыб в Быковском районе Волгоградской области. Отбор проб осуществлялся в трех локациях: контрольный участок (поле), зоны водовыпуска и водосброса. Определение  $P_2O_5$  проводилось методом Мачигина (ГОСТ 26205–91) [1],  $pH_{H_2O}$  – потенциометрическим методом (ГОСТ 58594–2019) [2].

Установлено, что концентрация подвижного фосфора в донных отложениях пруда выше контрольных значений  $9.036 \pm 0.258$  (мг/кг): в зоне водовыпуска –  $17.466 \pm 0.572$  мг/кг (в 1.93 раза), в зоне водосброса –  $15.474 \pm 1.166$  мг/кг (в 1.71 раза). Выявлена выраженная пространственная неоднородность: максимальное накопление в зоне водовыпуска указывает на первичное осаждение элемента при поступлении воды с водосборной территории. В условиях отсутствия искусственного кормления фосфор в пруд поступает преимущественно за счет поверхностного стока удобрений с полей и деструкции естественной органической массы.

Уровень  $pH_{H_2O}$  всех локаций варьировал в диапазоне 7.4–7.7. Корреляционный анализ всех данных не выявил значимой связи между  $pH_{H_2O}$  и  $P_2O_5$ . Однако в зоне водовыпуска обнаружена положительная

корреляция ( $r = 0.96$ ,  $p = 0.01$ ), указывающая на локальную зависимость подвижности фосфора от кислотно-щелочного режима в точке поступления воды.

Фосфор жизненно необходим рыбам для формирования скелета, энергетического обмена и синтеза биомолекул, обеспечивая высокий уровень питательной ценности их тканей.

Результаты подтверждают роль пруда как мощного аккумулятора фосфора водосборной территории. Значительное обогащение донных отложений подвижными формами фосфора может рассматриваться как биогеохимический маркер активного эвтрофирования территории. Пространственная гетерогенность в распределении фосфора и выявленная локальная зависимость от  $pH_{H_2O}$  имеют важное значение для разработки мер по управлению качеством воды и предотвращению эвтрофикации малых водоемов.

#### Литература

1. ГОСТ 26205–91. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. Комитет стандартизации и метрологии СССР, Москва, 1991. 10 с.

2. ГОСТ 58594–2019. Почвы. Метод определения обменной кислотности. Стандартиформ, 2019. 9 с.

Исследование выполнено при поддержке гранта в рамках конкурса «Наука-2030».

Работа рекомендована к.б.н., с.н.с. НИЛ «ЦАБТ» ДГТУ Д.А. Козыревым.

УДК 631.474

### РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННО-ЗЕМЕЛЬНОГО ПОКРОВА ТУРАНО-УЮКСКОЙ КОТЛОВИНЫ

В.А. Тюнькин

ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», Москва,  
Россия, vsevolodtunkin@gmail.com

Retrospective monitoring of soil and land cover is a fundamental approach to identify long-term changes in soils under changing land use conditions. The Turano-Uyuk basin is characterized by high vulnerability of landscapes, changes in the nature of land use and intensive processes of soil degradation. The paper substantiates the need for retrospective monitoring of soil and land cover for sustainable land management

В XX веке почвенный покров Турано-Уюкской котловины подвергся масштабным изменениям в результате распашки целинных земель, расширения пашни и последующего изменения структуры землепользования.

Анализ научных источников показывает, что традиционные формы мониторинга, ориентированные либо исключительно на почвенный покров, либо только на землепользование, не позволяют адекватно оценить реальные масштабы и механизмы деградации земель. Почвенный покров и земельный покров изменяются взаимосвязано, но с разной скоростью и разной степенью проявления в пространстве и во времени.

Именно поэтому в современных исследованиях всё большее распространение получает концепция почвенно-земельного покрова, объединяющая субстантивный и утилитарный подходы. Ретроспективный мониторинг почвенно-земельного покрова (РМПЗП) основан на совместном анализе архивных почвенных карт, землеустроительных материалов и многовременных данных дистанционного зондирования Земли в единой ГИС-среде.

Для Турано-Уюкской котловины необходимость РМПЗП обусловлена высокой степенью деградации сельскохозяйственных угодий, резкой сменой почвенных процессов вследствие сокращения пашни и перевода земель в залежь после 1990-х годов, а также выраженной пространственной мозаичностью почв и форм землепользования в межгорных котловинах. В связи с этим РМПЗП является ключевым инструментом научно обоснованного анализа и управления земельными ресурсами региона и разработки адаптивных стратегий устойчивого природопользования.

Работа рекомендована к.б.н., в.н.с. Д.И. Руховичем.

УДК 631.4

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА  
НА ЗАПАСЫ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА  
В ПОЧВАХ АРИДНЫХ И ПОЛУАРИДНЫХ РЕГИОНОВ**

Ю.А. Усманова, О.Х. Эргашева

Национальный университет Узбекистана, Ташкент

glazizakhon@yandex.ru, eolimaxon90@gmail.com,

usmanovayulduz073@gmail.com

This thesis examines soil organic carbon (SOC) stocks and their distribution in light sierozem soils under climate change conditions. The study analyzes SOC distribution in both upper and deeper soil layers, its impact on

soil fertility and agricultural sustainability. The results highlight changes associated with climate variability, water resources and agro-irrigation practices, providing a scientific basis for effective soil resource management.

Органический углерод почвы (SOC) является ключевым компонентом для плодородия почвы и экологической устойчивости. Он играет важную роль в сохранении питательных веществ, поддержке роста растений, а также в глобальном углеродном цикле и процессах изменения климата. В последние годы в результате изменения климата наблюдаются существенные изменения содержания органического углерода и его распределения из-за повышения температуры, изменений режима осадков и сокращения водных ресурсов.

В Узбекистане и странах Центральной Азии, особенно на светлых серозёмах, запасы органического углерода и содержание гумуса тесно связаны с геоморфологическими особенностями региона, эрозийными процессами и сельскохозяйственными практиками. Изменение климата оказывает прямое влияние на почвенные ресурсы, что может угрожать урожайности и устойчивости сельского хозяйства. Поэтому оценка SOC и разработка мер по его сохранению имеют важное значение как в региональном, так и в глобальном масштабе.

Научные исследования показывают, что распределение органического вещества в почве определяется не только верхними слоями, но и более глубокими горизонтами, в зависимости от климатических условий и наличия грунтовых вод. Сельскохозяйственные практики, ирригационные системы, выбор сортов растений и севооборот, существенно влияют на сохранение SOC и увеличение его запасов. Почвы в засушливых регионах являются крупнейшими резервуарами углерода, поддерживая его в форме гумуса, что влияет на концентрацию CO<sub>2</sub> и интенсивность фотосинтеза, необходимого для роста растений. В светлых серозёмах дефицит влаги и интенсивное орошение напрямую воздействуют на запасы органического углерода. Согласно Н. Муравьевой, (1959) в верхних горизонтах светлых серозёмов запасы углерода составляют 8.56–12.35 т/га. По данным А.М. Расулова (1976), в верхнем слое почвы светлых серозёмов Кашкадарьинского конуса выноса запасы SOC составляют 11.58–14.36 т/га. В ходе эволюционного развития и формирования агро-орошаемого слоя наблюдается десятикратное снижение запасов SOC в пахотных горизонтах.

Например, исследования в 2024–2025 гг. массиве Гузар Кашкадарьинской области показали, что в верхнем слое светлых серозёмов запасы SOC составляли 1.973–2.62 т/га. Это указывает на влияние природного

(изменение климата, особенности материнской породы) и антропогенных факторов деградации (интенсивное земледелие, монокультура хлопчатника, нерациональное орошения, отсутствие севооборота в прошлом). В связи с чем целью нашей работы было разработать новые подходы по повышению SOC деградирования светлые серозёмов региона.

Работа рекомендована проф. Л. Гафуровой.

УДК 330.15

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО КАК ОСНОВА ОХРАНЫ ПОЧВ,  
КЛИМАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ И РАЦИОНАЛЬНОГО  
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

М.Д. Хомяков

Государственный университет по землеустройству, Москва  
khommatzxc@gmail.com

The analysis of individual norms of the draft law «On land management», developed by the Ministry of Agriculture of Russia, is given. Agroecological zoning and agricultural zoning are assumed for the country's territory. Solving the problems of harmonizing the effective work of the agro-industrial complex at the regional level and improving the environmental situation will be inextricably linked to the implementation of integrated land management.

Минсельхоз России 03.03.2025 г. разместил на портале regulation.gov.ru проект нового Федерального закона «О землеустройстве» (ID проекта 02/04/03-25/0015515). Он будет направлен на создание системы стратегического управления земельными ресурсами, потребует усиление цифровизации и централизации планирования в этой сфере, узаконит федеральную и региональные карты сельскохозяйственных земель, регламенты их использования и схемы работ по сохранению плодородия почв при повышению эффективности АПК. Суть землеустройства – это комплекс мероприятий по изучению состояния земель, планированию и организации рационального использования земель и их охраны, описанию местоположения и (или) установлению на местности границ объектов землеустройства, организации рационального использования гражданами и юридическими лицами земельных участков для осуществления сельскохозяйственного производства. Оно проводится в отношении образованных в соответствии с законодательством РФ территорий, зон, земельных участков и их частей. Землеустройство также может проводить-

ся в отношении территории РФ, территории субъекта РФ, территории муниципального образования или их части, совокупности земельных участков (частей земельных участков); является механизмом, обеспечивающим планирование использования земли как природного ресурса и природного объекта на основе агроэкологических принципов.

В Указе Президента РФ от 07.05.2024 № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» предписано установить следующие целевые показатели и задачи, выполнение которых характеризует достижение национальной цели «Устойчивая и динамичная экономика». В том числе, увеличение к 2030 году объема производства продукции АПК не менее чем на 25 % по сравнению с уровнем 2021 года; увеличение к 2030 году экспорта продукции АПК не менее чем в полтора раза по сравнению с уровнем 2021 года; утверждение и реализация программ адаптации к изменениям климата на федеральном, региональном и корпоративном уровнях.

Основу этого должно составлять землеустроительное обеспечение устойчивой структуры функционирования природно-территориальных комплексов различного уровня. Землеустройство на землях сельскохозяйственного назначения, прежде всего – комплекс мероприятий по изучению состояния почв и земель, планированию и организации рационального их использования и охраны.

Работа рекомендована к.э.н. Д.А. Лавровым.

УДК 631.611

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ЗЕМЛИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ В ПОСТАГРОГЕННЫЙ ПЕРИОД

А.С. Шевчук

Хабаровский федеральный исследовательский центр  
shevchuk\_aleksanr@mail.ru

The serious problems of this period were: soil degradation, reduction of agricultural land area and redistribution of forms of ownership of agricultural land. It is planned to increase the acreage of agricultural land involved in the turnover by at least 30 thousand hectares by 2030, including at least 20 thousand hectares by 2026.

Хабаровский край находится в зоне рискованного земледелия. Его территория очень неоднородна с точки зрения возможности разви-

тия сельского хозяйства. В северных районах природно-климатические условия сильно ограничивают возможности сельскохозяйственного производства. В южных районах, где вегетативный период измеряется 120–160 днями, имеется возможность для относительно масштабного развития растениеводства и животноводства [7].

До 1990-х годов сельское хозяйство края развивалось высоким и стабильным темпом. С 1991 по 2010 в истории развития сельского хозяйства отмечался так называемый постагрогенный период. В этот период значительная часть ресурсов и сельскохозяйственного производства были преобразованы в мелкое производство – в хозяйства населения и фермерские (крестьянские) хозяйства. Это привело к ряду отрицательных изменений в составе сельскохозяйственных земель [2].

Серьезной проблемой являлось сокращение площади земель сельскохозяйственного назначения. По данным государственных докладов о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края с 1990 по 2022 в крае наблюдалось 20-кратное увеличение залежи и сокращение пашни почти на 20 % [1, 4, 5, 6]. Наряду с экономическими и организационно-хозяйственными причинами большое влияние на сокращение площади пашни оказывали и негативные изменения почвенного покрова, особенно дегумификация, а также уплотнение, эрозия, дефляция, вторичное заболачивание и закустаривание, деградация структурно-агрегатного состояния пахотного горизонта.

В последние годы в соответствии с государственными программами (О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса РФ 14.05.2021) [3] происходит восстановление и вовлечение в хозяйственный оборот неиспользуемых краевых земель (пашни); увеличение посевной площади за счет вовлеченных в оборот залежных земель. Планируется увеличение посевной площади не менее чем на 30 тыс. гектаров к 2030 году, в том числе не менее чем на 20 тыс. гектаров к 2026 году. С 2020 года в крае в оборот уже введено 7.7 тыс. га земли.

#### Литература

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Хабаровского края в 2022 году. Хабаровск, 2023. 304 с. URL: <https://mpr.khabkrai.ru/Deyatelnost/Ekologiya/Gosudarstvennyj-doklad-o-sostoyanii-i-ob-ohrane-okruzhayushej-sredy-Habarovskogo-kraja?version=special> (дата обращения: 20.10.2024).

2. Гражданкин А.И., Кара-Мурза С.Г. Белая книга России: Строительство, перестройка и реформы: 1950–2012 гг. М: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. 560 с.

3. О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации. Постановление Правительства РФ от 14 мая 2021 № 731 //Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/603604725/> (дата обращения: 3.05.2024).

4. Регионы России. Социально-экономические показатели: Стат. сб. / Росстат. Москва, 2023. 1126 с. URL: [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region\\_Pokaz\\_2023.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Region_Pokaz_2023.pdf) (дата обращения: 4.06.2024)

5. Состояние природной среды и природоохранная деятельность в Хабаровском крае в 1990 году: Доклад комитета экологии и природных ресурсов Хабаровского края / Под ред. А.А. Коленченко. Хабаровск, 1991. 101 с.

6. Состояние природной среды и природоохранная деятельность в Хабаровском крае в 2000 году: Департамент природных ресурсов по Дальневосточному региону / Под ред. В.М. Болтрушко. Хабаровск, 2001. 157 с.

7. Сухомиров Г.И. Сельское хозяйство Хабаровского края и перспективы его развития // Региональное стратегическое планирование: опыт Хабаровского края / материалы научно-практической конференции/ под общ. ред. А.Н. Демьяненко. Хабаровск: Институт экономических исследований Дальневосточного отделения РАН, 2016. С. 208–222.

Работа рекомендована к.с.-х.н. Л.А. Матюшкиной.



Школьная секция

*От наблюдения к исследованию*

Chernozem is a non-renewable natural resource that takes thousands of years to form. Its preservation and rational use are crucial for ensuring food security and ecological balance.

Чернозём – это уникальная по своей плодородности почва, которую по праву называют «чёрным золотом» земледелия. Её тёмный, почти чёрный цвет напрямую связан с высоким содержанием гумуса – органического вещества, которое и делает чернозём столь ценным для сельского хозяйства.

Цель работы – изучить ключевые свойства чернозёма и экспериментально подтвердить его преимущества для роста растений.

Задачи:

- охарактеризовать основные свойства чернозёма;
- оценить влияние чернозёма на рост и развитие растений в сравнении с песком и глиной;
- выявить комплекс факторов, определяющих высокое плодородие чернозёма.

Объект исследования: образцы чернозёма (глубина отбора 0–20 см).

Методы исследования

Биологическое тестирование:

Используемые растения: лук репчатый (*Allium cepa*, сорт «Стурон»); салат листовой (*Lactuca sativa*, сорт «Лолло Росса»); томаты (*Solanum lycopersicum*, сорт «Черри»).

Условия проведения эксперимента: контейнеры объёмом 1 л (по 5 повторностей); освещённость: 12 ч/сутки (люминесцентные лампы, 8 000 лк); полив: 100 мл воды каждые 3 дня (дистиллированная вода).

Методика замеров (через 42 дня после посадки):

высота лука – от корневой шейки до кончика самого длинного листа (точность  $\pm 0.1$  см); масса салата – взвешивание надземной части после подсушивания салфеткой (точность  $\pm 0.1$  г); высота томатов – от корневой шейки до точки роста главного стебля (точность  $\pm 0.1$  см).

Типы субстратов для сравнения:

- чернозём (отобран на пахотном поле, Тульская область);
- песок речной (просеянный, фракция 0.5–1 мм);
- глина озёрная (просушенная и измельчённая, фракция  $< 0.1$  мм).

## Результаты

Таблица. Результаты биотестирования через 42 дня.

Показатель	Чернозем	Песок	Глина
Высота лука, см	18.5±1.2	12.3±0.8	9.7±0.6
Масса салата, г	45.2±2.1	28.4±1.5	19.8±1.0
Высота томатов, см	35.6±2.0	22.1±1.3	16.4±1.1

Эксперимент показал, что растения в чернозёме существенно превосходят аналоги в песке и глине: по высоте лука – на 50.4 % (песок) и 90.7 % (глина); по массе салата – на 59.2 % (песок) и 128.3 % (глина); по высоте томатов – на 61.1 % (песок) и 117.1 % (глина).

На основании проведённого эксперимента и изученной нами информации можно сделать выводы.

Биопродуктивность чернозёма значительно выше, чем у песка и глины: растения в чернозёме превышают по высоте аналоги в песчаной почве на 30–60 %, в глинистой – на 50–100 %. Ключевые факторы плодородия чернозёма: высокое содержание гумуса, обеспечивающее питательный режим; зернисто-комковатая структура, способствующая аэрации и водопроницаемости.

Песок и глина уступают из-за быстрого стока воды и бедности питательными веществами (песок), недостатка кислорода и высокой плотности (глина).

Чернозём – ценный невозобновляемый ресурс, требующий защиты от деградации.

Работа рекомендована учителем дополнительного образования и советником директора по воспитанию МОУ Самарская СОШ К.А. Дудиной.

УДК 663.954

МЕТОД ЧАЙНОГО ПАКЕТИКА: ОТ СИЛОСА ДО ЧЕРНОЗЁМА

А.Е. Авдеева, Д.А. Дудин

МОУ Самарская СОШ, поселок Куркино, Тульская область

dudina9393@list.ru

We conducted a study using the «tea bag» method (Tea Bag Index) in different soils. The results of the method helped us: to assess soil fertility and predict its productivity in agriculture, to optimize fertilizer application and manage crop rotation.

Метод «чайного пакетика» (Tea Bag Index) – это способ оценки биологической активности почвы, основанный на измерении скорости разложения разных сортов чая. Он позволяет косвенно определить активность почвенных микроорганизмов.

Метод важен для агрономии, так как скорость разложения органических веществ напрямую влияет на плодородие почвы. Быстрое разложение обогащает почву питательными веществами, но может приводить к потере углерода и снижению потенциального плодородия. В экологии метод помогает изучать глобальный углеродный цикл: разлагая органику, микроорганизмы выделяют  $\text{CO}_2$ , влияя на климат.

На скорость разложения чая влияют: температура почвы (особенно для зелёного чая); кислотность (рН) (критично для ройбуша); микробиологическая активность (зависит от комплекса факторов: температура, рН, наличие питательных веществ); влажность и структура почвы (пористость, содержание глины/песка).

Цель нашего исследования – оценить биологическую активность различных почв и органических субстратов с помощью метода Tea Bag Index, выявить ключевые факторы, определяющие скорость разложения органического материала.

#### Материалы и методы

Мы провели исследования данным способом в разных почвах и субстратах: почва пшеничного поля (агропочва, среднесуглинистая, рН  $\approx 6.8$ ), почва приусадебного участка (городская почва, супесчаная, рН  $\approx 7.2$ ), сенаж (консервированная травяная масса, влажность  $\approx 50\%$ ), кроличий навоз (свежий, органическое вещество  $\approx 25\%$ ), навоз КРС (зрелый, органическое вещество  $\approx 30\%$ ), силос кукурузный (влажность  $\approx 70\%$ , рН  $\approx 4.2$ ).

Использованы чайные пакетики двух типов: зелёный чай Berton leaf (быстроразлагаемый субстрат); ройбуш Вкусвилл (медленноразлагаемый субстрат). Каждый пакетик взвешивался до и после эксперимента с точностью до 0.01 г. Пакетики помещались на глубину 10 см в каждый из исследуемых субстратов. Эксперимент проводился в полевых условиях (естественные температурно-влажностные режимы). Длительность экспозиции: 90 дней.

#### Результаты исследования

В таблице представлены средние значения скорости разложения за 90 дней.

Таблица. Скорость разложения чая в различных субстратах и почвах.

Субстрат/ почва	Потеря массы зелёного чая, %	Потеря массы ройбуша, %	T, °C	Влажность, %	pH
Почва пшеничного поля	68.4	42.1	18.5	24.3	6.8
Почва приусадебного участка	62.7	38.9	17.9	22.1	7.2
Сенаж	75.2	51.3	20.1	50.0	5.8
Кроличий навоз	81.6	58.4	21.3	45.4	7.0
Перегной КРС	79.8	56.7	20.8	48.5	6.9
Песчаная почва	28.6	15.3	15.5	12.8	6.0
Силос	85.3	63.2	19.7	70.0	4.2

Зелёный чай разлагается быстрее ройбуша во всех субстратах. Разница наиболее выражена в богатых органикой субстратах (силос, кроличий навоз) и сглаживается в почвах.

Метод Tea Bag Index эффективно отражает биологическую активность различных почв и органических субстратов. Наибольшая скорость разложения наблюдается в силосе, кроличьим навозе и навозе КРС, что обусловлено высокой микробиологической активностью и оптимальными физико-химическими условиями. Почвы (пшеничное поле, приусадебный участок) демонстрируют более низкую активность из-за менее благоприятных условий для микроорганизмов. Тип органического материала (зелёный чай vs ройбуш) значительно влияет на скорость разложения, особенно в богатых субстратах.

Ключевые факторы, определяющие разложение: температура, влажность, pH и микробиологическая активность.

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

УДК 631.42

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВЫ ШКОЛЬНОГО ДВОРА В ПРОЕКТЕ ОЗЕЛЕНЕНИЯ

К.А. Анушина, Е.М. Налиткина

ГБОУ СОШ № 263, Санкт-Петербург, mira7mira@yandex.ru

The «Greening of the School Yard» project is being implemented at School No. 263 in the Admiralteysky District of St. Petersburg, and it aims to create a comfortable and environmentally friendly educational environment

for students. The successful implementation of this project will improve the appearance of the school grounds and create a safe and harmonious space that supports the learning process. The involvement of students in the preparation of the grounds, the design of the landscaping, and the care of the plants will help to develop their environmental awareness and engagement in school life. Part of this project involves the study of the soil in the area. Currently, there are very few landscape features on the school grounds. The purpose of our study was to determine the physical and chemical properties of the soils in the schoolyard.

Проект «Озеленение школьного двора» осуществляется на базе школы № 263 Адмиралтейского района Санкт-Петербурга и направлен на создание комфортной и экологически чистой образовательной среды для учащихся. Успешная реализация этого проекта позволит улучшить внешний вид школьного участка и создать безопасное и гармоничное пространство, способствующее учебному процессу. Участие учащихся в подготовке участка, проектировании дизайна озеленения и уходе за растениями поможет развить их экологическую грамотность и вовлеченность в школьную жизнь.

Частью этого проекта стало исследование почв данного участка. Размер общей газонной площади составляет около 2500 м<sup>2</sup>, участок ориентирован с юга на север, но на южной стороне имеется затенение за счет жилого дома. На газонах кроме обычной газонной травы и крупных деревьев пока нет других ландшафтных форм – в целом, можно сказать о малой облагороженности данного участка. Целью нашего исследования являлось определение физико-химических свойств почв пришкольной территории для выявления их пригодности и правильного подбора видов для дальнейшего озеленения.

В начале октября 2024 года мы провели анализ почв на содержание железа, меди, нитратов, активного хлора и значение pH. Забор проб осуществлялся из 5 точек с разных частей участка, глубина выкопанного прикопа в каждой точке была 30 см. Затем посредством разведения пробы в дистиллированной воде мы проводили исследование тест-набора (табл. 1).

Активный хлор был в пределах 5 мг/л во всех взятых пробах, это допустимые нормы по ПДК. В целом, можно говорить о норме железа, меди и pH в исследуемых почвах (норма для почв – pH = 7), кроме небольшого увеличения показателей нитратов – возможно это результат использования территории для выгула собак.

Таблица 1. Аналитические показатели качества почв школьного участка.

Номер точки	Fe(II), мг/л	Cu, мг/л	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	pH
1	3	30	15	5
2	3	5	15	5
3	3	30	5	6
4	3	5	5	7
5	3	5	5	6

В апреле 2025 года мы провели мониторинг условий среды: влажности, освещенности, температуры в тех же точках с помощью мультифункционального прибора (табл. 2).

Таблица 2. Физические показатели среды школьного участка.

Номер точки	Влажность, %	Температура, °C	Освещенность, лк
1	59	21	62600
2	63	16	15000
3	53	19	20000
4	60	18	58600
5	61	18	60560

В результате из полученных данных мы можем сделать вывод, что освещенность большей территории достаточная для выращивания большинства растений открытых пространств в нашей климатической зоне, также температурные данные дают подтверждение этому выводу. Но характер почв: она очень плотная (при выполнении прикопа это ощущалось) и сложна в обработке, создает дополнительную сложность в дальнейшем этапе озеленения – подготовке грунта и посадке растений.

Таким образом, проведенные исследования показали, что почвы пришкольной территории обладают благоприятными физико-химическими свойствами и могут быть использованы для озеленения территории при незначительной подготовке, обработке и улучшении ее качества путем внесения микроэлементов.

Работа рекомендована педагогом дополнительного образования ГБОУ СОШ № 263 О.А. Лятневой.

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ  
МЕТОДОМ ЧАЙНОГО ПАКЕТИКА

(НА ПРИМЕРЕ ПОСЁЛКА КУРКИНО, ТУЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ)

С.И. Гранкина, Д.Н. Самсонова, Д.А. Дудин

МОУ Самарская СОШ, посёлок Куркино, Тульская область

dudina9393@list.ru

The Tea Bag Index method consists of burying tea bags with a certain type of tea in the soil for a fixed period (usually 90 days). We conducted a study with green tea, Rooibos tea, homemade Willow tea. They are available in most countries, which allows you to compare data from different regions.

Большинство процессов, протекающих в почве, связаны с жизнедеятельностью микроорганизмов. Так, почвенные бактерии играют ключевую роль в процессах минерализации и гумификации опада, от которых зависит способность почв обеспечивать растения питательными веществами. Поэтому оценка биологической активности почв служит важным инструментом мониторинга их плодородия и общего экологического состояния.

Для изучения биологической активности почв широко применяется метод чайного пакетика (Tea Bag Index, ТБИ). Метод имитирует процесс разложения растительного опада и позволяет оценить скорость минерализации органики в почве.

*Цель работы* – апробация метода чайного пакетика для оценки биологической активности почв на территории посёлка Куркино (Куркинский район, Тульская область).

В исследовании использованы два вида чая: зелёный чай (Verton leaf) и чай ройбуш (Вкусвилл). Работы проводились согласно общепринятой методике (Keuskamp et al., 2013) со следующими параметрами: глубина закладки пакетиков – 8–10 см; длительность эксперимента – 90 дней. Повторность в каждой точке – 3 пакетика каждого вида чая. Закладка чая проводилась в нескольких точках. Точки исследования выбраны с учётом разнообразия ландшафтных условий посёлка: приусадебный участок (чернозём типичный), заброшенное поле (дерново-подзолистые почвы), прихрамовая территория (парковая зона) (культурный слой антропогенно-преобразованной почвы).

Перед закладкой все пакетики были взвешены с точностью до 0.01 г. После извлечения из почвы их высушивали при температуре 60 °С и повторно взвешивали (табл.).

Также был проведен эксперимент вне протокола. Мы исследовали заготовленный в домашних условиях Иван-чай, закапывая его в марлевых кисетах в тех же точках на 90 дней.

Таблица. Потеря массы чая.

Вид чая	Средняя исходная масса, г	Средняя конечная масса, г	Потеря массы, %
Зелёный чай	2.50±0.02	1.15±0.03	54.0±1.2
Ройбуш	2.48±0.03	1.65±0.04	33.5±1.5
Иван-чай	2.52±0.02	1.08±0.03	53.1±1.3

Вывод: Метод чайного пакетика успешно апробирован для оценки биологической активности почв посёлка Куркино. Наибольшая скорость разложения отмечена для иван-чая (53.1 %) и зелёного чая (54.0 %), что указывает на высокую активность почвенных микроорганизмов. Ройбуш разлагался медленнее (33.5 %), что связано с его химическим составом. Метод демонстрирует потенциал для мониторинга почв в агрономии и экологии, однако требует стандартизации условий эксперимента.

#### Литература

1. Keuskamp J.A., Dingemans B.J.J., Lehtinen T., Sarneel J.M., Hefting M.M. Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems // *Methods Ecol. Evol.*, 2013. Vol. 4. P. 1070–1075.

Работа рекомендована советником директора по воспитанию МОУ Самарская СОШ Дудиной К.А.

УДК 641.46

### МОНИТОРИНГ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШОГО ПЕСЧАНОГО КАРЬЕРА СЕЛА РУССКАЯ БУЙЛОВКА: РЕЗУЛЬТАТЫ 2025 ГОДА

К.С. Дедова<sup>1</sup>, А.А. Касьянов<sup>1</sup>, Н.Н. Каширская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МКОУ Русско-Буйловская СОШ, с. Русская Буйловка,  
kristina.dedova2stray.1y@unternet.ru

<sup>2</sup>ИФХиБПП РАН, г. Пущино, nkashirskaya81@gmail.com

Phosphatase activity measured in the embryozems of the large sand quarry in the rural settlement Russkaya Buylovka. In comparison with the results of previous years, in 2025, there was a lower variation in phosphatase

activity at different sites of the quarry, which is associated with the transition of embryozems from the initial stage to the organo-accumulative stage.

Развитие эмбриоземов на территории большого песчаного карьера в Русско-Буйловском сельском поселении наблюдается нами с 2021 по 2025 год. Поверхность почвы на дне карьера покрывается слоем неразложившихся растительных остатков и приобретает темную окраску. Молодые эмбриоземы инициальной стадии развития переходят в органо-аккумулятивную стадию. Продолжается зарастание высыхающих водоемов и смена пионерной растительности разнотравьем и злаками.

Образцы почвы 2025 года были отобраны для оценки фосфатазной активности из слоя 0–10 см под бортами карьера, на территории двух высыхающих водоемов и на участке, где в течение пяти лет наблюдалась наиболее быстрая смена растительного покрова (рис.).

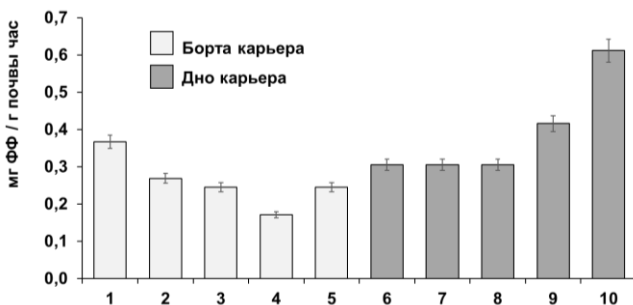


Рисунок. Фосфатазная активность в почвенном слое 0–10 см: под солянкой холмовой у южного борта карьера (1); под тополем белым у восточного борта (2, 3); под акацией желтой (4) и осокой (5) у западного борта; под рогозом обыкновенным (6), люцерной серповидной (7), сосной обыкновенной (8) на берегах высыхающего водоема в центре карьера; под тополем белым (9) и сухоцветником лиловым (10) на сухом зарастающем участке.

Вблизи бортов карьера значения фосфатазной активности уменьшались от 0,37 до 0,17 мг фенолфталеина / г почвы час в ряду солянка холмовая – тополь белый – акация желтая (рисунок, № 1–4). На берегах высыхающих водоемов на дне карьера (№ 6–8) фосфатазная активность не различалась и была заметно выше, чем на аналогичном участке у западного борта (№ 5). Максимальная активность наблюдалась на зарастающем участке под сухоцветником лиловым (№ 10). Здесь она была в 1,5 раза выше, чем на соседнем участке под тополем белым (№ 9). По сравнению с результатами предыдущих лет, в 2025 году было

отмечено меньшее варьирование фосфатазной активности на разных участках карьера, что связано со стабилизацией растительного покрова и переходом эмбриоземов из инициальной стадии развития в органо-аккумулятивную стадию.

Работа рекомендована учителем химии и биологии МКОУ СОШ Русско-Буйловская Т.П. Каширской.

УДК 631.4

## ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ И ДРЕВЕСНОЙ ЛИСТВЫ ПРИМОРСКОГО ПАРКА ПОБЕДЫ И ЯБЛОНЕВОГО САДА

М.Е. Дроздова, А.И. Новикова

ЭБЦ «Крестовский остров», г. Санкт-Петербург, bez-alina@yandex.ru

The objects of the research are urban soils and their ecological condition. The samples of the soils and leaves were selected in two parks of St. Petersburg: Primorsky Victory Park and Apple orchard. The research began in 2025 and it is still going on.

Городская почва – это искусственное образование, возникшее в результате антропогенной деятельности на урбанизированных территориях и утратившее значительную часть свойств естественных природных почв.

Химический состав городской почвы отличается от состава естественной и представляет собой смесь естественных почвенных компонентов (минералы, органика, вода, воздух) и антропогенных загрязнителей, таких как тяжелые металлы (свинец, цинк, кадмий, медь, никель), нефтепродукты (бензапирен), соли (от реагентов), строительная пыль.

Цель работы: провести оценку экологического состояния Приморского парка Победы и яблоневого сада.

Задачи:

1. Отобрать образцы почв и листьев для оценки их состояния.
2. Провести химический анализ образцов.
3. Оценить состояние образцов

В процессе работы было проведено определение кислотности, а также изучение наличия белков, углеводов, аммонийного азота, фосфора и калия в почвах Яблоневого сада и Приморского парка Победы. Вторым объектом исследования является древесная листва. Листья деревьев являются эффективными тест-объектами при проведении экологического мониторинга. При проведении исследования были определе-

ны следующие показатели состава листьев: кислотность, наличие сульфатов и крахмала.

Калия в образцах почвы яблоневого сада и Приморского парка Победы 20 мг/л, фосфора 120 мг/л, белок есть, углеводов нет, аммонийный азот отсутствует. В образцах листьев Приморского парка Победы и яблоневого сада аммонийный азот отсутствует, крахмала нет, фосфора 120 мг/л, калия 80 мг/л.

Результаты исследования показали наличие в почвах аммонийного азота в небольшом количестве. Фосфор в изучаемых почвах также содержится в достаточном количестве для благоприятного роста и развития растений.

Однако калий в почвах содержится в недостаточном количестве, что может привести к замедлению роста растений. Также исследованные почвы богаты белками, что способствует улучшению структуры почвы и режима питания растений.

Работа рекомендована научным руководителем, педагогом дополнительного образования А.И. Новиковой.

УДК 641.46

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМНЫХ И ЧЕРНОЗЕМНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ СЕЛА БОЛЬШАЯ КАЗИНКА

А.Е. Каплиев<sup>1</sup>, Н.Н. Каширская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МБОУ Павловская СОШ № 3, г. Павловск, Россия

Karlijov\_evgenij@mail.ru

<sup>2</sup>ИФХиБПП РАН, г. Пущино, nkashirskaya81@gmail.com

Microbial abundance and fertility of chernozems and meadow soils in arable, fallow and virgin areas of the village Bolshaya Kazinka assessed. The most fertile soils found in a flood meadow, in an oak grove and in a potato garden, while the poorest soils found on the shore of an overgrown lake and in an abandoned orchard.

Почвы Павловского района Воронежской области в основном представлены черноземами, которые занимают около 90 % от площади района. В условиях более высокой влажности здесь образуются плодородные луговые почвы. Целью работы было изучение биологической активности черноземов и луговых почв на пахотных, залежных и целинных участках села Большая Казинка. В задачи входило измерить плодородие по содержанию NPK с помощью универсального датчика и

оценить численность сапротрофных микроорганизмов, растущих на твердой глюкозо-пептонно-дрожжевой среде. Среди черноземов в группе залежных почв (рис. № 1–3) биологическая активность на заброшенных огородах была выше, чем в саду. Максимальная численность сапротрофов отмечена в целинной почве дубовой рощи (№ 6) – в 12 и 4 раза больше, чем на пахотных участках картофельного огорода (№ 5) и кукурузного поля (№ 4) соответственно. При этом наиболее высокое содержание NPK наблюдалось на огороде, в почву которого вносились минеральные удобрения. В группе луговых почв максимальное содержание NPK отмечено в почве заливного луга (№ 7), обогащаемого органическим веществом при разливах Дона. В луговой почве у озера «Солонцы» (№ 8), которое в последние десятилетия высыхает и не заливается донской водой, численность сапротрофных бактерий была в 4.3 раза меньше, а содержание NPK – в 8 раз меньше, чем на заливном лугу.

Таким образом, наиболее плодородные почвы села Большая Казинка обнаружены на заливном лугу, в дубовой роще и на картофельном огороде, а наиболее бедные почвы – на берегу озера «Солонцы» и в заброшенном фруктовом саду.

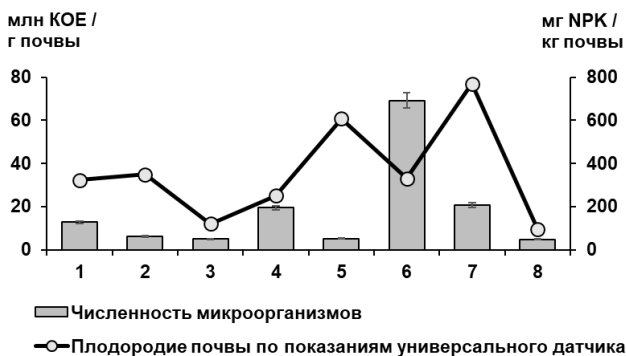


Рисунок. Биологическая активность верхнего слоя почв села Большая Казинка в слое 0–10 см. Черноземы: залежные участки огородов, заброшенных 20 и 30 лет назад (1, 2) фруктовый сад, заброшенный 25 лет назад (3), пахотные участки кукурузного поля и картофельного огорода (4, 5), целинный участок в дубовой роще (6). Луговые почвы: заливной луг (7), зарастающее озеро (8).

Работа рекомендована учителем химии и биологии МКОУ СОШ Русско-Буйловская Т.П. Каширской.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ  
ЗАБРОШЕННЫХ МОЛОЧНО-ТОВАРНЫХ ФЕРМ  
СЕЛА РУССКАЯ БУЙЛОВКА

М.Д. Кириенко<sup>1</sup>, В.В. Зябина<sup>1</sup>, Н.Н. Каширская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МКОУ Русско-Буйловская СОШ, с. Русская Буйловка,  
drive-shares-dm-noreply@google.com

<sup>2</sup>ИФХиБПП РАН, г. Пушкино, nkashirskaya81@gmail.com

An assessment of microbial abundance and phosphatase activity in the territory of abandoned dairy farms carried out. The soils of recently abandoned farms show a high biological activity of disturbed soils, and its indicators decrease as the soil recovers, approaching the background level.

Известно, что в культурных слоях древних поселений сохраняются признаки скотоводства – высокие значения численности сапротрофных микроорганизмов и фосфатазной активности. Модельным объектом для исследования археологических памятников могут служить молочно-товарные фермы, заброшенные в последней четверти прошлого века. Целью работы было оценить численность сапротрофных микроорганизмов (ЧСМ) и фосфатазную активность (ФА) в почвенных слоях 0–10 и 10–20 см на территории четырех ферм. Для сравнения была изучена песчаная фоновая почва на целинном участке, расположенном в 200 м. к юго-западу от здания фермы № 1.

Результаты работы представлены на рисунке. На территории скотных загонов молочно-товарных ферм ФА была выше, чем в фоновой почве, и наибольшие величины этого показателя отмечены в почве фермы № 4. Здесь также наблюдалось максимальное значение ЧСМ в верхнем слое: в 4–5 раз выше, чем в остальных вариантах. Почвы ферм № 1 и № 2 были близки к фоновой почве по уровню ЧСМ в слое 0–10 см, а на участке фермы № 3 значение этого показателя было в 1.5 раза меньше. Ферма № 3 была заброшена первой, и к настоящему времени произошла археологизация всех ее построек, контуры которых можно наблюдать только на спутниковой карте. Участок отбора образцов на территории фермы № 3 характеризуется наличием разнотравно-злаковой растительной ассоциации, в отличие от бывших загонов остальных ферм, до сих пор покрытых рудеральной растительностью. На территории ферм № 1 и № 4, здания которых до настоящего времени сохранились без разрушений, отмечены высокие значения ФА в слое 10–20 см.

Таким образом, на территории ферм, заброшенных сравнительно недавно, выявлена высокая биологическая активность нарушенных участков, и ее показатели снижаются по мере восстановления почвы, приближаясь к фоновому уровню.

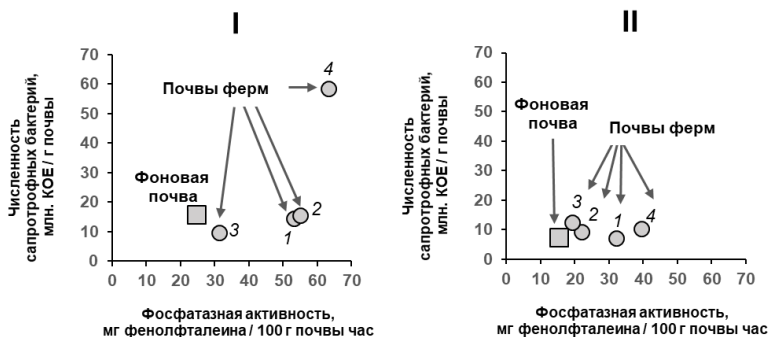


Рисунок. Биологическая активность в почвах заброшенных молочно-товарных ферм в слоях 0–10 см (I) и 10–20 см (II).

Работа рекомендована учителем химии и биологии МКОУ СОШ Русско-Буйловская Т.П. Каширской.

УДК 631.42:624.133

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЧВЫ НА ПРЕДМЕТ ЕЁ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ ЗАКЛАДКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО УЧАСТКА «ОКНО В ЗЕЛЁНЫЙ МИР» НА ТЕРРИТОРИИ ТОГАОУ «МИЧУРИНСКИЙ ЛИЦЕЙ»

Е.А. Кирина, Я.М. Манылова

ТОГАОУ «Мичуринский лицей», Тамбовская область

aleksandrkirin72@gmail.com

The scientific work presents the results of a chemical analysis of soil of the experimental site on the territory of Michurinsky Lyceum. Soil acidity, humus content, and mechanical composition were determined.

Почва – это верхний, рыхлый, плодородный слой земли, который образуется и развивается в результате взаимодействия растений, животных, микроорганизмов, материнской породы и является самостоятельным природным образованием. Одним из главных признаков плодородия почвы является наличие в ней гумусовых веществ. Почвы отличаются механическим составом, который существенно влияет на их вод-

ные, воздушные, механические и химические свойства. На рост и развитие растений большое влияние оказывает кислотность почвы (рН). Многолетние садовые культуры развивают мощную корневую систему, предпочитая высокоплодородные, рыхлые, влагоёмкие почвы. При закладке современных плодовых насаждений необходим анализ почвенных условий.

Целью исследований служила оценка почвы на предмет её пригодности для закладки экспериментального яблоневого сада.

В задачи исследований входило:

1. Изучить литературу, материалы в сети Интернет для получения информации о плодородии, механическом составе и кислотности почвы.
2. Определить структуру, содержание гумуса, рН почвы исследуемого участка.

Физико-химические свойства исследуемых почв изучали в Учебно-исследовательской лаборатории химии и физики почв ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ. Содержание гумуса определяли методом мокрого сжигания по И.В. Тюрину, механический состав – методом «шнура», кислотность почвы – рН-метром карманного типа HI 98100 Checker Plus.

Территория, планируемая под закладку экспериментального участка «Окно в зелёный мир», ранее не использовалась для сельскохозяйственных целей. Согласно «Атласу почв Тамбовской области» Л.В. Степановой, В.Н. Красина (2012) почвы данного участка представлены чернозёмом выщелоченным.

По гранулометрическому составу исследуемая почва является средним суглинком, преобладающие фракции: мелкий песок и крупная пыль. Визуальная оценка образцов исследуемой почвы по их окраске (тёмно-серая) показала, что почва является среднегумусной. Химический анализ почвы по методу И.В. Тюрина выявил содержание гумуса в пределах 5.2 %. рН почвенной вытяжки составила 6.14, что говорит о кислотности близкой к нейтральной.

Таким образом, почвы исследуемой территории представлены среднесуглинистым чернозёмом со средним содержанием гумуса, что соответствует требованиям к составу почвы при закладке насаждений яблони.

Работа рекомендована к.с.-х.н., доц., зав. каф. И.Б. Кириной.

## ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ СЕЛИТЕБНОЙ ЗОНЫ

Д.Ю. Козина<sup>1,2</sup>, А.Б. Александрова<sup>1,3</sup>, И.Г. Кайнова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МБУДО ЦДТ «Танкодром»

<sup>2</sup>МБОУ «СОШ № 144»

<sup>3</sup>ИПЭН АН РТ, Казань, adabl@mail.ru

The soils of the residential part of the urban development of 1950–1990 and the recreational area are characterized by optimal density, good water permeability and structural condition. The soils of modern buildings (2016) are characterized by increased friability, unfavorable aggregate composition and water permeability.

Почвы служат источниками питательных элементов растений и играют важную роль в депонировании различных соединений, в том числе и поллютантов. Физические свойства почв обуславливают водно-воздушный режим почв, а также могут выступать индикаторами состояния почв. Поэтому изучение почв, в частности селитебной зоны в условиях города, является актуальной задачей.

Цель исследования: изучить физические свойства почв селитебной зоны г. Казани разной временной постройки, начиная с 1950-х годов. Задачи: 1) исследовать пространственное распределение почв селитебной зоны и проективное покрытие растений; 2) изучить некоторые физические свойства почв; 3) построить карты, характеризующие физические свойства почв.

Согласно спутниковым снимкам и архивным данным селитебная территория была разделена на три зоны по этапам застройки: застройка 1950–1990 гг. (зона 1), рекреационная зона (зона 2), зона современной застройки (начиная с 2016 года) (зона 3). На выделенных участках (зонах) летом 2025 г. были заложены почвенные прикопки и отобрано в общей сложности 24 смешанных образца верхнего горизонта. Изучение физических свойств почв (плотность сложения, агрегатный состав, водопроницаемость) проводилось в трех повторностях общепринятыми в почвоведении методами в лаборатории Института проблем экологии и недропользования АН РТ.

### Выводы

1. Почвенный покров открытых участков исследованной селитебной территории представлен урбаноземами и реплантоземами. Проективное покрытие растительности (ППР) 90–100 % наблюдалось на урбаноземах и реплантоземах зон 1 и 2. ППР 50–60 % отмечалось на территории зоны 3.

2. Плотность сложения почв застройки 1950–1990 гг. и рекреационной зоны составила  $1.05 \pm 0.11$  г/см<sup>3</sup>, что сопоставимо с естественными зональным почвам региона.

Почвы современной застройки характеризовались повышенной рыхлостью, плотность сложения составила  $0.6 \pm 0.05$  г/см<sup>3</sup>, что объясняется привнесом торфяной смеси на поверхность почв при конструировании реплантоземов.

Структурное состояние исследованных почв по содержанию агрегатов 0.25–10 мм в почвах зон 1 и 2 оценивается как «хорошее» (62–67 %), в почвах зоны 3 – «неудовлетворительное» (35–37 %).

Водопроницаемость почв зон 1 и 2 характеризовалась как «хорошая» ( $168 \pm 15$  мм/час), в почвах зоны 3 – как «провальная» ( $860 \pm 10$  мм/час)

3. Составлены карты пространственного распределения структурного состояния и водопроницаемости почв селитебной зоны с использованием программы QGIS. Выделены почвы с благоприятными и неблагоприятными свойствами.

Работа рекомендована к.б.н., с.н.с. ИПЭН АН РТ А.Б. Александровой.

УДК 631.10

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОБНОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ РАЗНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ АППЛИКАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

В.Е. Короткова

МБОУ «Гатчинская СОШ № 12

«Центр образования», [simbioz\\_12@mail.ru](mailto:simbioz_12@mail.ru)

Soil microorganisms influence the gas composition of the atmosphere's surface layer, thereby contributing to climate regulation. It's important to know not only the number and diversity of living organisms in the soil but also to understand their activity.

Почвенные микроорганизмы влияют на газовый состав приземного слоя атмосферы, тем самым, вносят определённый вклад в регуляцию климата. Важно знать не только о количестве живых организмов в почве их разнообразии, но и понимать, насколько они активны.

Данное исследование стало частью Всероссийского исследовательского проект «ЗакопайЧай», запущенного Молодежной Лаборато-

рией карбомониторинга наземных экосистем Института физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, который нацелен на получение новых данных об активности микроорганизмов почв с различных уголков нашей страны.

Цель работы: провести анализ микробной активности почв пяти экосистем в Гатчинском районе Ленинградской области аппликационным методом. Для исследования были выбраны следующие экосистемы: смешанный лес, берег реки, разнотравный газон, клумба в городе, парк.

Основные задачи: провести гранулометрический анализ почв исследуемых экосистем, сравнить микробную активность почв данных экосистем.

Методы исследования: полевой эксперимент, взвешивание с высокой точностью, наблюдение и фиксация условий среды, сравнительный анализ данных, статистическая обработка результатов. В ходе работы был использован стандартный протокол и чайные пакетики, рекомендованные для применения на территории Российской Федерации.

Исследование проводилось в период с 17.06.2025 по 19.10.2025.

Результаты исследования. Наибольшая скорость разложения зелёного чая зафиксирована в экосистеме «Берег реки». Возможно, это связано с повышенной влажностью почвы. В остальных экосистемах средняя скорость разложения зелёного чая практически одинакова.

Наибольшая скорость разложения чая Ройбуш выявлена в экосистеме «Разнотравный газон» на приусадебном участке, однако из-за обнаружения не всех опытных образцов экосистемы «Берег реки» нет возможности сравнить результаты образцов этих экосистем.

Вывод: в результате работы было установлено, что скорость разложения зелёного чая выше в экосистеме «Берег реки» с лёгким суглинком, а скорость разложения чая Ройбуш выше в экосистеме «Разнотравный газон» со средним суглинком.

Работа рекомендована учителем биологии высшей квалификационной категории С.А. Гуськовой.

УДК 631.4

АНАЛИЗ ПОЧВ В ОКРЕСТНОСТЯХ УЧХОЗА «КОМСОМОЛЕЦ»  
МИЧУРИНСКОГО РАЙОНА

А.М. Лаптиева

ТОГАОУ «Мичуринский лицей-интернат», Тамбовская область  
ann.laptieva.00@mail.ru

Research presents a comprehensive study of soils of the «Komsomlets» training farm in the Michurinsky district of the Tambov region, including an analysis of the morphological, agrochemical and ecological characteristics of the soil.

Почвенные условия – важнейшая часть условий среды произрастания сельскохозяйственных растений. Снижение почвенного плодородия является одной из наиболее актуальных проблем сельского хозяйства. Цель исследования – изучить основные качественные характеристики почвы на участке в окрестностях учхоза «Комсомолец» Мичуринского района Тамбовской области и сделать выводы о ее пригодности для использования под садовые насаждения и необходимости внедрения почвоохранных мер. Благоприятными для садоводства характеристиками почвы являются высокая мощность и зернистая структура гумусового слоя, отсутствие ограничивающего горизонта для развития корневой системы деревьев (карбонатов). Неблагоприятными – признаки оглеения, сопутствующие застою влаги и развитию восстановительных условий.

Изучение характеристик почв агроэкосистемы в районе учхоза «Комсомолец» организовывалась на базе ТОГАОУ «Мичуринский лицей-интернат» в сотрудничестве со специалистами Мичуринского ГАУ (МичГАУ) летом 2025 г. Проводилось изучение строения почвенного профиля, структуры и гранулометрического состава почвы, физических и агрохимических свойств, а также оценка ее экологического состояния методом биоиндикации. Агрохимические анализы проводились в лаборатории МичГАУ. Анализ физических свойств проводился в соответствии с градациями, представленными в пособии В.Д. Иванова, Е.В. Кузнецовой «Оценка почв». Влажность определялась термостатно-весовым методом. Кислотность определялась титрованием солевой вытяжки, содержание минеральных солей – колориметрически. Экологические характеристики – по составу растений-индикаторов, например, клевера ползучего, клевера полевого, хвоща полевого. Метод исследования биоиндикация состоит из анализа естественного растительного

покрова, искусственной биоиндикации и сравнительного анализа. Было установлено, что почва в исследуемом районе – аллювиально-луговая, суглинистая, глубокоогуленная с погребенными горизонтами. Она характеризуется высоким плодородием обеспеченностью основными элементами минерального питания (НРК). В качестве меры плодородия были использованы агрохимические показатели. Кислотность пахотного слоя – от 5.04 до 5.25. Влага хорошо удерживается.

Так как почвы суглинистые, требуется их аэрация. Уровень техногенной нагрузки на исследуемом участке небольшой, загрязненность химическими реагентами незначительна, экологические условия можно считать благоприятными для выращивания культурных растений.

Таким образом, основные характеристики почвы в окрестностях учхоза «Комсомолец» Мичуринского района Тамбовской области можно считать нормальными для закладки плодовых культур на карликовых подвоях и хорошими для ягодников и овощных культур при достаточном рыхлении; специальных почвоохранных мероприятий не требуется.

Работа рекомендована учителем биологии ТОГАОУ «Мичуринский лицей-интернат» А.Ю. Труновым.

УДК 631.4

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ ПОСЕЛКА: ОТ АГРОКОМПЛЕКСА ДО ЧАСТНОЙ ТЕПЛИЦЫ

М.А. Морозов, К.А. Дудина

МОУ Самарская СОШ, поселок Куркино, Тульская область  
dudina9393@list.ru

The research is aimed at studying how different farming methods within the same locality change the «face» of the soil. Three types of land use often coexist in villages: 1. Industrial fields (agribusiness); 2. Home gardens. 3. Greenhouses.

Почва – это зеркало ландшафта, но в поселке это «зеркало» сильно искажено человеком. Актуальность работы обусловлена необходимостью понять, как разные режимы использования (интенсивный промышленный и бережный частный) влияют на устойчивость почвенного покрова нашего поселка.

Исследование направлено на изучение того, как разные способы ведения хозяйства в пределах одного населенного пункта меняют «ли-

цо» почвы. В поселках часто соседствуют три типа землепользования: 1. Промышленные поля (АПК): интенсивная обработка, тяжелая техника, монокультуры. 2. Домашние огороды: многолетнее внесение органики (навоз, компост), ручной труд. 3. Теплицы: закрытый грунт, искусственный микроклимат, повышенные дозы удобрений.

Целью исследования было выявление характера и степени изменения морфологических и физико-химических свойств почв под влиянием различных систем землепользования (промышленные поля АПК, домашние огороды, частные теплицы).

Для исследования были выбраны 3 точки отбора проб:

Точка 1: Пашня местного АПК (зерновые).

Точка 2: Огород с 20-летней историей возделывания.

Точка 3: Почва из теплицы.

Методы: метод «мокрого просеивания» для оценки прочности структуры, органолептический метод (определение цвета и влажности), использование лакмусовых полосок для определения уровня кислотности.

Результаты исследования

1. Почва АПК оказалась наиболее уплотненной («плужная подошва»), структура глыбистая, цвет сероватый из-за выноса гумуса, рН: 5.8 (слабокислая среда) 2. Огородная почва имеет зернистую структуру (идеальную по Докучаеву), темный, почти черный цвет, что говорит о высоком содержании гумуса, рН 6.8 (близко к нейтральной среде) 3. Тепличный грунт – рыхлый, но бесструктурный (пылеватый), часто с белесым налетом солей на поверхности, рН 7.5 (слабощелочная среда).

Исследование показало, что наиболее устойчивой и «здоровой» является почва домашних огородов. Это обусловлено регулярным внесением органики (навоз, компост), что поддерживает высокий уровень гумуса; ручным трудом, минимизирующим механическое воздействие на структуру; сбалансированным кислотно-щелочным режимом (рН около 6.8).

Почвы АПК страдают от физической деградации: переуплотнение («плужная подошва»), разрушение структуры (глыбистость), снижение содержания гумуса (сероватый цвет), кислая реакция среды (рН 5.8).

Почвы теплиц подвержены химическому стрессу: бесструктурность и пылеватость; накопление солей (белёсый налёт); сдвиг рН в щелочную сторону (7.5).

Для сохранения почв поселка необходимо внедрение принципов органического земледелия на полях АПК и контроль солевого баланса в теплицах.

Исследование подтвердило, что тип землепользования кардинально влияет на состояние почв. Домашние огороды демонстрируют пример устойчивого агроценоза, тогда как промышленные поля и теплицы требуют коррекции методов обработки для предотвращения деградации.

Работа рекомендована советником директора по воспитанию МОУ Самарская СОШ, Куркинского района К.А. Дудиной.

УДК 631.4

## ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

В.В. Сутеева

Центр дополнительного образования «Созвездие», г. Тутаев,  
Ярославская область, irina19041972@yandex.ru

Bioretesting is one of the available methods for checking soil for contamination. The article presents the results of an experiment on growing peas on urban soils with varying degrees of contamination.

Загрязнение почв – одна из актуальных экологических проблем. Существуют разные методы проверки почвы на загрязнение. Один из них – биотестирование. Для проведения исследования в качестве тест-культуры был выбран горох посевной. В качестве объектов биотестирования были выбраны почвы различной степени загрязнения.

Цель исследования – выявить, где в городе более чистая почва путем сравнения скорости прорастания семян гороха.

Гипотеза исследования – скорость прорастания семян гороха будет зависеть от механического состава почвы и от степени загрязнения, корни растений гороха будут хуже развиваться в плотной (глинистой) почве, а также в более загрязненной, что будет отражаться на развитии надземной части растения.

Методы исследования

Отбор почвы осуществлялся методом конверта. Почву отбирали в парке «Центральный», а также возле автодороги Рыбинск-Ярославль в черте города Тутаева.

Для определения механического состава почвы использован «мокрый метод» – скатывание почвы в шнур. Наблюдение за скоростью роста гороха заключалось в измерении высоты растений и длины корней.

Проростили весь горох, проращивание производилось на влажных салфетках в течение 4 суток при комнатной температуре при поддержании постоянной влажности, отобрали всхожие горошины. Заложили опыты в почве, взятой из парка, возле дороги и кокосовом субстрате (контроль). Поместили по 5 горошин на глубину 5 мм в каждый контейнер в трехкратной повторности в каждом опыте. Все опытные образцы были помещены в одинаковые условия (стояли на подоконнике, проводилось увлажнение по мере необходимости).

Горох выращивали в течение двух недель с 20 января 2025 года по 3 февраля 2025 года, в конце эксперимента измерили высоту каждого растения и длину корней. По полученным данным, вычислили средние значения и построили диаграмму.

#### Результаты исследования

В почве из парка содержится больше глины, «колечко из колбаски» почвы растрескалось незначительно, мы отнесли почву по механическому составу к тяжелым суглинкам. Почва, взятая возле дороги, поддавалась скручиванию в «колбаску», «колечко из колбаски» заметно потрескалось. По внешнему виду «колечка» можно сделать вывод, что в ней содержится больше песка, поэтому мы отнесли этот образец к среднему суглинку.

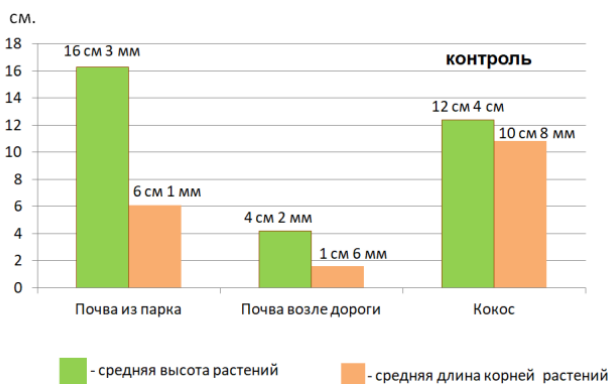


Рисунок. Результаты эксперимента.

На диаграмме (рис.) можно увидеть, что в почве из парка средняя высота растений гороха – 16.3 см. Это больше, чем в контроле в кокосе. В почве, взятой у дороги, высота гороха – 4.2 см, что намного меньше, чем в контроле.

В почве из парка средняя длина корней растений гороха – 6.1 см, что меньше, чем в контроле в кокосе. В почве, взятой у дороги, длина

корней гороха – 1.6 см, что значительно меньше, чем в контроле. Такие результаты получились потому, что в кокосе корни могли свободно расти, также там полностью отсутствовало загрязнение. В почве из парка корням было расти труднее, потому что почва глинистая, плотная, но в ней практически отсутствует загрязнение, так как парк находится в удалении от дорог. Это доказано тем, что стебли гороха развивались лучше, чем в кокосе. А в более рыхлой почве, взятой у дороги, корни росли хуже всех, потому что там присутствует сильное загрязнение.

Загрязнение придорожной почвы пылью, химическими реагентами, выхлопными газами от автомашин, которые изменяют её химический состав и структуру, ухудшает условия для роста корней растений и усвоение питательных веществ, поэтому рост растений замедляется.

В результате проведения биотестирования было показано, что почвы вдоль автодороги Рыбинск-Ярославль загрязнены, почва в парке сравнительно чистые. Гипотеза подтвердилась.

Мне интересно проверить другие растения в качестве биотестеров.

Работа рекомендована педагогом дополнительного образования И.В. Кочиной.

УДК 641.46

## ФЕРМЕНТАЦИЯ СЛИВОК И МОЛОЧНЫХ КОКТЕЙЛЕЙ МИКРООРГАНИЗМАМИ ИЗ ГРУНТА ЗАПОЛНЕНИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ СОСУДОВ

А.Р. Тимошина<sup>1</sup>, А.А. Давыдова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МКОУ Русско-Буйловская СОШ, с. Русская Буйловка  
Timoshina144@gmail.com

<sup>2</sup>Тульский государственный университет, г. Тула, Россия  
d9vidovanasty29@gmail.com

Cultures of bacilli and cocci capable of fermenting milk have been isolated from archaeological sources. The cocci culture showed the best results of fermentation of dairy raw materials containing fats, sugars and flavorings.

Почва является основным природным банком при поиске культур микроорганизмов с любыми необходимыми свойствами [1] и способствует сохранению ценных штаммов бактерий, связанных с деятельностью человека в прошлом [2]. С древних времен для приготовления пищевых продуктов использовались молочнокислые бактерии, и до сих

пор остается вероятность найти их сохранившиеся формы покоя в грунте археологических сосудов. Выделение и тестирование биотехнологически значимых штаммов из археологических источников является важной задачей на стыке почвенной микробиологии и археологии. Целью нашей работы было тестирование двух потенциально ценных бактериальных культур на способность к сбраживанию молочного сырья. Изолят спорообразующих бацилл был выделен из грунта заполнения горшка эпохи бронзы, из погребения курганного могильника Засновка (Липецкая область). Изолят кокков, не способных к образованию спор, был выделен из горшка-печи, из отложений урартской культуры на поселении Мецамор (Армения). Колонии, полученные на томатно-соковым агаре, засеивали в сливки жирностью 30 % и в молочные коктейли жирностью от 2 до 3,2 %. Бациллы сбраживали большинство вариантов в течение 1 суток до получения твердых молочных сгустков. Кокки показывали аналогичный результат только при сбраживании сливок, тогда как сбраживание сырья с низким содержанием жира они осуществляли в течение нескольких суток. В процессе длительного хранения образовавшихся кисломолочных продуктов, культуры бацилл и кокков обнаружили бактерицидные свойства, предохраняя продукты от порчи, которая наблюдалась в незасеянных образцах ультрапастеризованного сырья. Лучшие органолептические показатели консистенции и аромата кисломолочных продуктов показали медленно растущие кокки, выделенные из горшка-печи урартской культуры. В дальнейшем, планируется таксономическая идентификация и оценка биологической безопасности выделенных штаммов.

#### Литература

1. Смирнова И.Э., Саданов А.К. 2020. Агрономически ценные микроорганизмы и их ассоциация для сельского хозяйства. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований (2), 19–23.
2. Kashirskaya N.N. et al. 2025. Biomedicine Potential of Microorganisms Isolated from the Soils of Archaeological Sites. Proceedings of the XVII International Russian-Chinese Symposium «Advanced Materials and Processes» Yekaterinburg, Russia. 233–238.

Работа выполнена за счет финансовой поддержки РФФ, грант 22-68-00010.

Работа рекомендована к.б.н. с.н.с. лаборатории археологического почвоведения ИФХиБПП РАН Н.Н. Каширской.

УДК 641.46

ФОСФАТАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ И РАЗЛОЖЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ  
ОСТАТКОВ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ПОЧВ ПРИУСАДЕБНЫХ  
УЧАСТКОВ И РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН  
СЕЛА РУССКАЯ БУЙЛОВКА

А.Р. Тимошина, О.В. Шкарбан, Ю.И. Грачева,  
Д.Н. Шапочанская, И.А. Гамалеева  
МКОУ Русско-Буйловская СОШ, с. Русская Буйловка,  
Timoshina144@gmail.com

Before starting a long-term experiment on tea decomposition in the soil, an assessment of the phosphatase activity of soils carried out. The phosphatase activity in soils near the highway in an area with heavy traffic was 1.5–3 times lower than near the highway in an area with low traffic.

Индекс чайных пакетиков – это показатель скорости разложения растительных остатков, для расчета которого в качестве тестовых наборов используются чайные пакетики [1]. Отмечается относительно высокая скорость разложения зеленого чая в почвах, богатых органическим веществом [2], а в почвах с антропогенными нарушениями усиливается деструкция сложных органических остатков, моделью которых служит чай ройбуш [1]. Целью нашей работы была оценка антропогенной нагрузки на почвы приусадебных участков и рекреационных зон села Русская Буйловка Павловского района Воронежской области. В августе 2025 года был проведен выбор участков, закладка чайных пакетиков в почву на глубину 8 см, отбор образцов и определение фосфатазной активности (ФА) для последующего ее сравнения с интенсивностью разложения растительных остатков. Эксперимент был заложен под деревьями на территории действующего огорода, заброшенного двора, церковного сада, школьного стадиона и пришкольного парка. Различия антропогенной нагрузки на почвы обусловлены различным расстоянием от автомобильной трассы, проходящей вдоль улицы Ленина, а также различной интенсивностью движения автомобилей на двух участках этой трассы.

Наибольшие значения ФА наблюдались в почвах под березами в 20 м. от автомобильной трассы на участке с низкой интенсивностью движения и в 200 м. от трассы на участке с высокой интенсивностью движения. Активность вблизи трассы с высокой интенсивностью движения была в 1.5–3 раза меньше. Таким образом, по снижению фосфатазной активности, нами отмечено негативное влияние автомобильной

трассы на растительные и микробные сообщества почв. В дальнейших исследованиях, в качестве исходной гипотезы, ожидается более высокая относительная скорость разложения зеленого чая по сравнению с чаем ройбуш в почвах с меньшей степенью антропогенной нагрузки.

#### Литература

1. Елумеева Т.Г. и др. Содержание органического вещества и скорость разложения стандартного материала в почвах высокогорных фитоценозов Тебердинского национального парка // Почвоведение (12), 2023, 1628–1643.

2. Сальник Н.В. и др. Оценка скорости разложения органического вещества почвы в городских и степных экосистемах ростовской области методом «чайных пакетиков» // Сборник материалов Международной научной конференции Биологическое разнообразие и биоресурсы степной зоны в условиях изменяющегося климата, Ростов-на-Дону, 2022, 402–405.

Работа рекомендована Каширской Т.П., учителем химии и биологии МКОУ СОШ Русско-Буйловская.

УДК 631.4

### ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА «TEA BAG INDEX» ЗА ТРИ СЕЗОНА НА ТЕРРИТОРИИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

И.А. Филаретов

ГБУ ДО ДДИОТ Фрунзенского района Санкт-Петербурга,  
iliafill456@gmail.com

A soil biological activity assessment was conducted using the "Tea Bag Index". The tea bags were buried in three stages in the summer of 2024 and 2025, and in the winter of 2024–25. The most biologically active soil was located on the south side of the building. During the winter, microorganisms are less active than in the summer.

Почва – это важный компонент практически всех экосистем. Причем большинство выполняемых почвами экологических функций осуществляются почвенными микроорганизмами. В связи с этим оценка биологической активности этих микроорганизмов особенно важна для понимания происходящих в почве процессов. Одним из простых и доступных методов оценки биологической активности почв является метод «Tea bag index».

Настоящее исследование является частью многолетнего эксперимента, который выполнялся в период с мая 2024 года по декабрь 2025 года.

Целью данной работы являлась оценка биологической активности почвы на территории Фрунзенского района города Санкт-Петербурга в течение 3 сезонов.

Для достижения поставленной цели необходимо было выполнить следующие задачи:

1. Сравнить скорость потребления микроорганизмами разных сортов чая.
2. Сравнить биологическую активность в разных по гранулометрическому составу почвах.
3. Сравнить активность микроорганизмов зимой и летом.
4. Сравнить между собой биологическую активность почв, определённую в два разных вегетационных сезона.
5. Выявить зависимость биологической активности почвы от её кислотности.

Оценка проводилась международным методом «Tea Bag Index» с применением стандартного протокола и коммерчески доступных сортов чая.

Были получены следующие результаты:

1. Зелёный чай «Berton Green Leaf» потреблялся микроорганизмами быстрее, чем чай «Ройбуш».
2. Почва с наибольшей биологической активностью оказалась на участке «Юг».
3. Кислотность почвы практически не различается на исследуемых участках, следовательно, биологическая активность не зависела от неё.
4. В вегетационный период биологическая активность почв была выше, чем в зимний период.
5. На участке «Север» биологическая активность возросла летом 2025 года, по сравнению с летом 2024 года, на участке «Юг» – упала, на участках «Дорога» и «Парк» – практически не изменилась.

Работа является частью пилотного проекта волонтерской науки по исследованию микробиологической активности почв г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области с применением метода «Tea Bag Index», организованным Центральным музеем почвоведения имени В.В. Докучаева и всероссийского проекта «Закопай чай».

Работа рекомендована педагогом ГБУ ДО ДДЮТ Фрунзенского района Н.Н. Александровой и м.н.н. ЦМП им. В.В. Докучаева А.А. Кузьминой.

ФИТОТЕСТИРОВАНИЕ ПОЧВЫ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ  
ПРОТИВОГОЛОЛЁДНЫМ РЕАГЕНТОМ

М.Н. Хусяинова, У.Д. Кулакова

ГАОУ МО «Долгопрудненская гимназия», Московская область  
peestovska@yandex.ru

Phytotesting has shown that doses of anti-icing agent harmful to plants should be detected using the applicate method. The tested doses of anti-icing agent inhibited oat sprouts to a greater extent than the roots of the test plants.

На улицах городов наряду с механическим способом удаления наледи широко применяются противогололёдные реагенты (ПГР). По данным мониторинга в почвах отмечается накопление основных компонентов ПГР – ионов натрия и хлора. Актуальной экологической проблемой является выявление доз ПГР, опасных для растений в почвах вблизи дорог. Цель нашей работы заключалась в изучении фитотоксичности почвы, загрязнённой ПГР, на высшие растения при моделировании загрязнения в условиях лабораторного эксперимента.

Эксперименты проводили на образцах дерново-подзолистой почвы ( $S_{\text{орг}}$  3.32 %,  $pH_{\text{вод}}$  6.73), отобранной в Солнечногорском районе Московской области. Противогололёдный реагент (ПГР, «Айспик Пауэр»), представленный смесью хлорида кальция ( $CaCl_2$ ) и хлорида натрия ( $NaCl$ ), вносили в концентрациях: 0 (контроль), 0.25; 0.5; 1.0; 2.5 г/кг почвы. После тщательного перемешивания проводили подготовку образцов для элюатного и аппликатного способов планшетного фитотестирования согласно методике «Фитоскан» с использованием тест-растений овса посевного (*Avena sativa* L.). Для элюатного способа готовили водные экстракты (соотношение почва:вода = 1:4), перемешивали на шейкере 2 ч при 120 об/мин, фильтровали и измеряли pH и минерализацию. Фильтровальную бумагу смачивали 10 мл экстракта и раскладывали на ней семена. При аппликатном способе увлажнённую почву помещали в планшет, накрывали фильтровальной бумагой и раскладывали семена. После 96-часовой экспозиции планшетов в климатостате с помощью линейки измеряли длину корней и ростков. Фитозффекты (ФЭ) рассчитывали относительно контроля (незагрязнённая почва). Каждый вариант опыта имел 3 повторности (планшета).

Установлено, что реакция растений на водные экстракты и на твёрдую фазу почвы существенно различается. Угнетение растений при анализе водных экстрактов наблюдалось при концентрации 1.0 г ПГР/кг

(отрицательный ФЭ = -29.03 %), тогда как при анализе твёрдой фазы критическое угнетение (ФЭ = -68.3 %) отмечалось уже при 0.25 г ПГР/кг. Выявлены различия в реакции корней и ростков тест-растений. Длина ростков монотонно снижалась с ростом концентрации ПГР и составляла 39.8; 44.3; 34.7; 28.3 и 24.8 мм при дозах 0; 0.25; 0.5; 1.0 и 2.5 г ПГР/кг соответственно.

Таким образом, при максимальной дозе длина ростков составила 60 % от контроля. При этом относительно низкая концентрация ПГР (0.25 г/кг) вызывала явление гормезиса (стимуляцию) ростков. Длина корней при максимальной дозе составила 75.6 % от контроля. Ростки овса угнетались исследованными дозами ПГР в большей степени, чем корни тест-растений.

Влияние ПГР на почву, а также загрязнений с разными тяжёлыми металлами (ТМ), планируется исследовать в дальнейшей работе.

Работа рекомендована д.б.н., профессором МГУ В.А. Тереховой и куратором проекта, учителем биологии и химии А.А. Бойковой.

УДК 641.46

## СОДЕРЖАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ И ЧИСЛЕННОСТЬ БАКТЕРИЙ В ВЕРХНЕМ СЛОЕ ПОЧВЫ ПРИСТВОЛЬНОГО КРУГА ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ

В.Н. Шевляков<sup>1</sup>, Н.Н. Каширская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МКОУ Русско-Буйловская СОШ, с. Русская Буйловка

Vladimir192218@mail.ru

<sup>2</sup>ИФХиБПП РАН, г. Пущино, nkashirskaya81@gmail.com

In the garden under the fruit trees, the content of nutrients and microbial abundance in the soils of the trunk circle were higher than in the soils outside the trunk circle. A higher number of saprotrophic microorganisms found in slightly alkaline soil compared to neutral soil.

Одной из основных задач садоводства является выращивание плодовых культур. Целью нашей работы было сравнение биологической активности почвы под айвой сорта «Анжерская», грушей сорта «Десертная» и яблоней сорта «Память Ульянищева» в приствольном круге плодовых деревьев, где почва удобрялась, и за границами приствольного круга. Исследование было проведено для подтверждения следующей гипотезы: биологическая активность почвы в приствольном круге должна быть выше, чем за его границами, поскольку удобрение этой

зоны благоприятно воздействует на микроорганизмы. В задачи входило: отобрать образцы почвы в приствольном круге и за его границами; измерить кислотность почвы и содержание питательных веществ (NPK) с помощью универсального датчика Intelligent soil detector (Китай), оценить численность сапротрофных бактерий по числу колоний, растущих на твердой глюкозо-пептонно-дрожжевой питательной среде, сравнить полученные результаты.

Результаты исследования представлены на рисунке. Почвы под айвой и грушей были сходны и отличались от почвы под яблоней. Подтвердилась гипотеза о высокой биологической активности в приствольном круге плодовых деревьев. В слабощелочных почвах (pH 7.5) численность сапротрофных микроорганизмов зависела от содержания питательных веществ. Участок под яблоней с высоким содержанием NPK отличался максимальной численностью бактерий – до 14 млн КОЕ / г почвы. Однако на сходном по содержанию NPK участке почвы за пределами приствольного круга яблони, где был отмечен pH 7.0, численность микроорганизмов была низкой. Для сапротрофных бактерий, которые мы культивировали, оптимальной является слабощелочная среда (pH 7.2–7.4).

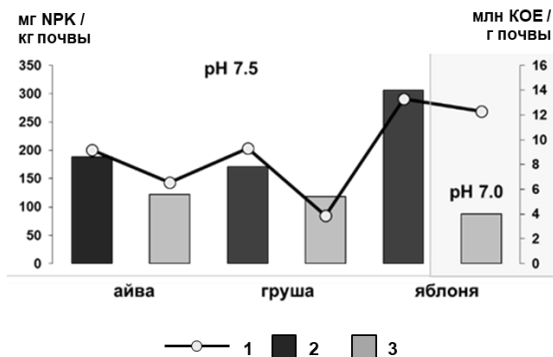


Рисунок. Биологическая активность почв под плодовыми деревьями: содержание питательных веществ (1), численность сапротрофных бактерий в приствольном круге (2), и за пределами приствольного круга (3).

Работа рекомендована учителем химии и биологии МКОУ СОШ Русско-Буйловская Т.П. Каширской.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ СЕЛА  
ПОКРОВКА ПАВЛОВСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

П.Г. Шевченко<sup>1</sup>, Д.Д. Машкалева<sup>1</sup>, Н.Н. Каширская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МКОУ Русско-Буйловская СОШ, с. Русская Буйловка  
petrsevchenko241@gmail.ru

<sup>2</sup>ИФХиБПП РАН – обособленное подразделение ФИЦ ПНЦБИ РАН,  
г. Пушино, nkashirskaya81@gmail.com

An assessment of the biological activity of soils carried out on the territory of two abandoned rural households in the village Pokrovka, Pavlovsky district, Voronezh Region. The number of keratinophilic fungi was higher in the places where animals kept, compared with areas near residential buildings.

Высокая фосфатазная активность почвы и высокая численность грибов, способных использовать в качестве источника питания кератин шерсти и перьев, сохраняются в местах содержания животных и птиц на протяжении длительного времени после забрасывания хозяйственных территорий.

Целью нашей работы было исследование почв двух заброшенных усадеб села Покровка Павловского района Воронежской области. В задачи входило отобрать образцы почвы из слоя 0–20 см, оценить фосфатазную активность колориметрическим методом и определить численность кератинофильных грибов методом посева на стерильную шерстяную ткань.

На территории первой усадьбы, заброшенной около 10 лет назад, на участке у хозяйственных построек наблюдалась максимальная фосфатазная активность, а численность кератинофильных грибов была больше, чем на участке у жилого дома, но меньше, чем на огороде (рис.). На территории второй усадьбы, в настоящее время используемой в качестве дачи, с точно известным расположением зон содержания животных в прошлом, наибольшая фосфатазная активность была отмечена в зоне содержания быков 30 л.н., а максимальная численность кератинофильных грибов – в зоне содержания свиней 25 л.н.

Таким образом, численность кератинофильных грибов была выше в зонах содержания животных, по сравнению с участками у жилых домов, а фосфатазная активность была выше в почвах первой усадьбы, где трава не скашивалась и в течение 10 лет происходило зарастание территории.

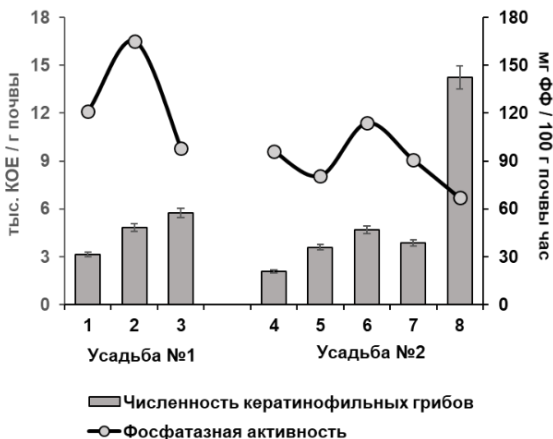


Рисунок. Численность кератинофильных грибов и фосфатазная активность на участках заброшенных усадеб у жилых домов (1, 4), хозяйственных построек (2), на картофельном огороде (3), в зонах содержания животных: коров (5), быков (6), кур (7), свиней (8).

Работа рекомендована учителем химии и биологии МКОУ СОШ Русско-Буйловская Т.П. Каширской.



# Алфавитный список авторов

Khasanova Sarvinoz.....	20	Вознюк Е.С. ....	167
Авдеев И.Е.....	202	Ворончихин В.А. ....	31
Авдеева А.Е. ....	203	Гайдарова С.А.....	33, 124
Автоломеенко Д.А. ....	109	Гамалеева И.А. ....	227
Агейко Д.В.....	33, 124	Ганичев И.А. ....	169
Александрова А.Б. ....	217	Гарайшина А.В. ....	93
Алфертьев Н.Л. ....	139	Горбач Н.М. ....	59, 171
Анушина К.А. ....	205	Горохова С.М. ....	34
Аракелова Л.И. ....	6	Гостинцева Е.В. ....	172
Аржановская А.С. ....	167	Гранкина С.И. ....	208
Арзубов П.А. ....	21	Грачева Ю.И. ....	227
Артюхов Е.А. ....	43	Григорова А.А. ....	174
Артюшенко К.А. ....	23	Григорьева И.И.....	36, 59
Ахметзянова Р.Р. ....	7	Грицай М.А. ....	131, 142
Бакаева Ю.В. ....	9	Давлетзянов И.И.....	132
Бакаева Ю.С. ....	24	Давыдова А.А. ....	225
Барахов А.В. ....	129, 138	Данилин И.В. ....	36
Барова Ч.С. ....	166	Дедова К.С. ....	209
Бауэр Т.В.....	129, 131, 138, 142	Демидова Л.М.....	175
Безбердая Л.А. ....	15	Денева С.В. ....	76
Безлепкина Н.П. ....	128	Деревенец Е.Н. ....	55
Белова Е.С. ....	124	Деткова М.Г. ....	10
Блудов А.А. ....	25	Дроздков С.А. ....	110
Богачкова М.Д. ....	109	Дроздова М.Е.....	211
Богомаз Е.С.....	129, 159	Дудин Д.А. ....	203, 208
Бочарникова Е.Н. ....	157	Дудина Е.А.....	202
Булгакова В.О.....	10	Дудина К.А. ....	221
Бурукина Е.А. ....	92	Дымов А.А. ....	80
Бутова В.В. ....	131, 142	Дятлов И.С. ....	95
Важенский В.Р. ....	13	Ерко Д.А.....	129
Вальков Л.Н.....	26	Жигарев И.В. ....	96
Васенев П.И. ....	28, 110	Задорина И.О. ....	98
Васильев П.В. ....	120		
Вахрушев Л.А.....	30, 80		

Зинякова Н.Б. ....	26	Кужугетова Ш.К. ....	102
Зоткина А.С. ....	133	Кулакова У.Д. ....	230
Зябина В.В. ....	214	Куракулова А.А. ....	99, 103
Иванов Е.Д. ....	135	Кутузова Е.А. ....	105
Иванова В.Д. ....	177	Кутявин И.Н. ....	80
Илюшкова Е.М. ....	38	Кучерова А.Н. ....	141
Кавкаева А. ....	95	Кушнов И.Д. ....	43
Кавунбаева К.М. ....	99, 103	Лагуткина Д.О. ....	45, 120
Казолин Л.Ф. ....	39	Лазарева М.А. ....	47
Кайнова И.Г. ....	217	Лаптиева А.М. ....	220
Калеро Эррера В.К. ....	137	Лебедев И.И. ....	182
Канаева Е.А. ....	95	Лебедева Т.Н. ....	26
Каплиев А.Е. ....	212	Леонов Д.А. ....	106
Карманов В.Н. ....	30, 80	Леонтьев А.А. ....	49
Карпов В.А. ....	109	Лиханова И.А. ....	76
Касьянов А.А. ....	209	Ломоносов М.В. ....	150
Каширская Н.Н. ....	209, 212, 214, 231, 233	Макарова А.С. ....	157
Кашенко Г.А. ....	12	Манакова О.И. ....	51
Кваша П.Г. ....	178	Маньлова Я.М. ....	215
Кириенко М.Д. ....	214	Мартыненко Е.С. ....	108
Кирина Е.А. ....	215	Машкалева Д.Д. ....	233
Киричков М.В. ....	138	Мерзляков Н.С. ....	52
Кирюшина А.П. ....	150	Митичкин Д.Е. ....	54, 184
Кияков Б.Ш. ....	100	Мокиевский Н.В. ....	49
Клиндухова Ю.Ю. ....	180	Морозов М.А. ....	221
Клушина С.И. ....	7	Морозова Е.Д. ....	55
Кобцева М.А. ....	167	Муквич Е.С. ....	174
Козина Д.Ю. ....	217	Мун Е.А. ....	185, 192
Кондрашова Н.А. ....	119	Мухаметзянов В.И. ....	34
Константинов Н.А. ....	40	Налиткина Е.М. ....	205
Короткова В.Е. ....	218	Нарыжная А.В. ....	56
Костецкий Д.М. ....	174	Нестеров А.Д. ....	58
Костикова В.А. ....	13	Нижельский М.С. ....	109
Котов Д.В. ....	15	Низамутдинов Т.И. ....	43, 187
Кравченко М.О. ....	24	Никитенко А.М. ....	28, 110
Красавцева Е.А. ....	139	Никитина В.В. ....	188
Кудерек Д-Х.А. ....	42	Николаева К.П. ....	12

Новикова А.И. ....	211	Сутеева В.В. ....	223
Огородников С.С. ....	189	Сухарев А.И. ....	81
Огородняя С.А. ....	59	Тазиева А.О. ....	7
Осипов А.Ф. ....	21	Тиличко Д.Ю. ....	154
Осокина С.А. ....	61	Тимофеева Я.О. ....	108
Пенязь Е.В. ....	63	Тимошина А.Р. ....	225, 227
Плотникова Е.С. ....	64	Титанюк И.И. ....	156
Подольян Е.А. ....	190	Тоглакпан Д.Р. ....	83
Покида Л.С. ....	13	Тюнькин В.А. ....	73, 193
Поляков А.Г. ....	192	Тюпаева А.Е. ....	84
Поляков В.А. ....	131, 138, 142	Усманова Ю.А. ....	194
Попова А.Г. ....	145	Федоренко А.Н. ....	119
Похвала Н.В. ....	112	Филаретов И.А. ....	228
Походня Е.И. ....	43, 147	Филатова П.И. ....	157
Притула В.О. ....	114	Хасанова А.Х. ....	92
Проценко Т.В. ....	66	Хатламаджиян А.А. ....	151
Романчук М.Р. ....	68	Холопов Ю.В. ....	76
Салчак А.А. ....	71	Холостов Г.Д. ....	120
Салчак О.Б. ....	69	Хомяков М.Д. ....	196
Самигуллин Г.Х. ....	66	Хранцкевич М.В. ....	124
Самсонова Д.Н. ....	208	Хусяинова М.Н. ....	230
Санчай-оол Б.В. ....	72	Чаплыгин В.А. ....	151, 159
Сдвижкова Е.И. ....	73	Чернега М.О. ....	160
Сеньковский Е.О. ....	63	Черникова Н.П. ....	151, 159
Сердюкова М.А. ....	74	Чернявская А.А. ....	175
Серигов К.П. ....	150	Чижевский В.В. ....	122
Скребенков Е.А. ....	76	Чичерин С.И. ....	15
Скурихина П.Д. ....	77	Чохели В.А. ....	133
Смехунов А.Е. ....	151	Шайбулатова М.С. ....	161
Смирнов М.М. ....	115	Шалык С.О. ....	69
Соломонов В.И. ....	157	Шаньгина Ю.Д. ....	17
Соломонова М.Ю. ....	78	Шапочанская Д.Н. ....	227
Спирина А.В. ....	157	Швецова А.А. ....	43, 163
Станилевич И.С. ....	153	Шевляков В.Н. ....	231
Старцев В.В. ....	80, 171		
Султанов Л.В. ....	117		

Шевченко П.Г. ....	233	Яковенко А.М. ....	33, 122, 124
Шевчук А.С. ....	197	Яковлев М.Е. ....	88
Ширшова В.К. ....	86		
Шкарбан О.В. ....	227		
Эргашева О.Х. ....	194		

Научное издание

**Материалы Международной научной конференции  
XXIX Докучаевские молодежные чтения**

**ПОЧВЫ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА**

Печатается без издательского редактирования  
Компьютерная верстка – А.Г. Рюмин  
Дизайн и подготовка обложки – М.Е. Федорова  
с использованием элементов клипарт, разработанного  
Freerik, и технологий искусственного интеллекта

---

Подписано в печать с оригинал-макета заказчика 01.03.2026 г.  
Формат бумаги 60х90/16.

Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 13,95. Тираж 65 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](mailto:izd_lemma@mail.ru)  
<https://lemaprint.ru>