

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Агроэкологический факультет

Кафедра почвоведения

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВ И ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПЛОДОРОДИЯ**

Сборник статей  
по материалам Международной научно-практической  
конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения  
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии

Горки, 6–8 декабря 2021 г.

В двух частях

Часть 1

Горки  
БГСХА  
2022

УДК 631.4(045)  
ББК 40.3я73  
С56

В. В. Великанов (гл. редактор),  
Ю. Л. Тибец (зам. гл. редактора),  
Т. Ф. Персикова (отв. за выпуск),  
В. В. Копытовский, В. И. Титова, В. С. Цховребов, М. А. Мазиров,  
Т. Н. Мыслыва, В. Б. Воробьев, С. Д. Курганская, Е. Ф. Валейша,  
О. А. Поддубный, О. В. Мурзова, М. В. Царёва, О. В. Поддубная

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, доцент И. П. Козловская;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Ф. Н. Леонов;  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор Б. В. Шелюто

**Современные проблемы использования почв и повышения их плодородия** : сборник статей по материалам Международ. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры почвоведения БГСХА : в 2 ч. / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия ; редкол.: В. В. Великанов (гл. ред.) [и др.]. – Горки, 2022. – Ч. 1. – 314 с.  
ISBN 978-985-882-227-9.

Приведены доклады участников Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

УДК 631.4(045)  
ББК 40.3я73

ISBN 978-985-882-227-9 (ч. 1)  
ISBN 978-985-882-226-2

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2022

**ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ**  
**(к 100-летию кафедры почвоведения)**

**ДОКЛАДЫ**

УДК [378.095:63]:631.4(09)(446.4)

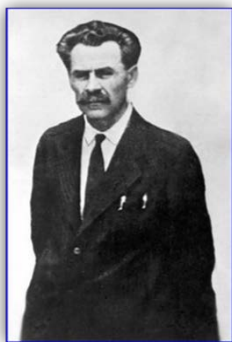
**НАСТОЯЩЕЕ – ЕСТЬ КЛЮЧ К ПОНИМАНИЮ ПРОШЛОГО**  
**(к 100-летию кафедры почвоведения)**

Т. Ф. ПЕРСИКОВА, д-р с.-х. наук, профессор,  
С. Д. КУРГАНСКАЯ, канд. с.-х. наук, доцент,  
О. В. МУРЗОВА, канд. с.-х. наук, доцент,  
Е. Ф. ВАЛЕЙША, канд. с.-х. наук, доцент,  
О. А. ПОДДУБНЫЙ, канд. с.-х. наук, доцент,  
М. В. ЦАРЁВА, канд. с.-х. наук, доцент  
УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

«Если я видел дальше других,  
то потому, что стоял на плечах гигантов».

*Исак Ньютон*

Почвы играют основополагающую роль для жизни на Земле. Рациональное использование почв является одним из неотъемлемых элементов устойчивого сельского хозяйства, а также представляет собой ценный инструмент регулирования климата и путь к сохранению экосистемных услуг и биоразнообразия. Почвенные ресурсы – ничем не заменимое национальное богатство страны. Чем плодороднее почва, тем богаче те, кто ее бережет. Знания о почве закладываются и передаются из поколения в поколение, изучаются свойства почвы и на научной основе.



100-летний юбилей кафедры почвоведения Белорусской государственной орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академии призывает напомнить нам о той роли, которую сыграли в развитии науки почвоведения преподаватели и сотрудники, которые в разные годы работали на кафедре.

На должность первого заведующего кафедрой почвоведения в 1921 году был приглашен ученик В. В. Докучаева, профессор Яков Никитич Афанасьев, выпускник Санкт-Петербургского университета. Рус-

ский ученый, он стал основоположником белорусской школы научного почвоведения. Горецкий период (1921–1931 гг.) был в жизни Я. Н. Афанасьева весьма плодотворным. Уже в 1922 году он организовал широкие почвенные исследования Белоруссии, Брянской и Курской губерний. Вместе с ним работали в эти годы известные ученые: А. Г. Медведев, П. П. Роговой, В. И. Пашин, П. А. Кучинский, В. Н. Протасеня, Н. П. Булгаков.

Интенсивное развитие географического почвоведения продолжил ученик Я. Н. Афанасьева Андрей Григорьевич Медведев. Он заведовал кафедрой с 1935 по 1941 год, а затем с 1944 по 1956 год.



В послевоенный период, под руководством А. Г. Медведева, преподаватели и студенты в составе почвенных отрядов (начальники: Р. М. Искрова, Л. А. Макарова, М. Ф. Комаров, А. В. Калиновский), позднее преобразованных в почвенную экспедицию (начальник А. П. Седлухо), участвовали в проведении сельскохозяйственного районирования территории БССР, продолжали крупномасштабные почвенные исследования в колхозах и совхозах. В это время были изготовлены крупномасштабные почвенные карты, а многочисленные почвенные исследования легли в основу написания агропочвенных очерков для колхозов и совхозов. Начиная с 1960 года, по инициативе А. Г. Медведева совместно с БелНИИПА, были начаты разработки методических и теоретических основ качественной оценки почв, были проведены исследования эрозии почв в Беларуси, которые послужили основой для проектов противоэрозионной организации территории с комплексом почвозащитных мероприятий для всех хозяйств республики с эрозированными почвами.



С 1956 по 1964 год заведующим кафедрой был избран Иван Федосеевич Гаркуша, который продолжал проводить научные исследования в области окультуривания дерново-подзолистых почв. Результаты этих исследований нашли обобщение в его монографии «Окультурирование почв как современный этап почвообразования», отмеченной премией имени В. Р. Вильямса. Написанный им учебник «Почвоведение» выдержал 7 изданий и был издан на 9 языках. Одновременно продолжались крупномасштабные почвенные исследования, в которых принимали участие все преподаватели, работавшие в те годы на кафедре: М. Ф. Комаров, А. В. Калиновский, А. В. Красикова,

Н. Я. Седлухо, Л. А. Макарова, Е. Ф. Богданович, А. Х. Кондюкова, Ю. И. Бланкфельд.



С 1964 года главным направлением исследований кафедры стало развитие концепций расширенного воспроизводства плодородия почв. Решению проблемы способствовало создание проблемной лаборатории питания растений при кафедре агрохимии с отделом гумуса при кафедре почвоведения. В это время обязанности заведующего исполняла Юдифь Израилевна Бланкфельд, которую в 1969 году сменил доктор сельскохозяйственных наук, профессор Анатолий Михайлович Брагин.

После окончания Воронежского сельскохозяйственного института, а затем аспирантуры, А. М. Брагин был в 1949 году в БСХА на должность ассистента кафедры агрохимии. С первых дней работы в академии Анатолий Михайлович проявил большую заинтересованность к проведению исследований. На опытном поле «Иваново» в пятипольном севообороте им был заложен длительный опыт по схеме Д. Н. Прянишникова, в котором он с сотрудниками кафедры почвоведения начали изучать сравнительную эффективность навозной, минеральной и навозно-минеральной систем удобрения. Впервые для дерново-подзолистых легкосуглинистых почв Беларуси были определены нормативы внесения удобрений для достижения бездефицитного баланса гумуса и питательных элементов. Длительные, брагинские, как их называют, опыты вошли в каталог длительных опытов БССР и СССР, а первый из них включен в каталог европейских опытов. Под его руководством кандидатские диссертации защитили: Г. В. Савицкая, И. Р. Вильдфлуш, В. Н. Прокопович, В. И. Каль, Е. И. Петровский, И. В. Цыцковская.



С 1981 до 1998 года кафедрой заведовала Анна Ивановна Горбылева. После окончания Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева, а затем аспирантуры, Анна Ивановна Горбылева по распределению была направлена в Белорусскую сельскохозяйственную академию, где прошла путь от ассистента до заведующего кафедрой почвоведения, профессора, доктора сельскохозяйственных наук. Причем среди академических ученых-агрономов она была первой женщиной-доктором наук. В эти годы основное внимание сотрудников кафедры было направлено на изучение гуму-

сового состояния и свойств почвенного поглощающего комплекса как основных важнейших факторов стабилизации свойств и плодородия почвы при антропогенных нагрузках. Благодаря педагогическому таланту, высокой профессиональной эрудиции и большому трудолюбию, ею подготовлено 17 кандидатов наук: Комаров М. М., Поддубный О. А., Минченко Т. Э., Воробьев В. Б., Валейша Е. Ф., Иванова М. И., Трифоненкова Л. И., Козловская И. П., Лаломова Т. В., Чернуха Г. А., Миронова Т. П., Петровская В. А., Хайченко В. А., Кротов Д. Г., в том числе граждане России (Паукштис С. И), Египта (Ахмед Саид Метвали), Вьетнама (Нгуен Хьу Тхань).

За цикл исследований, посвященных вопросам эволюции почвенного плодородия и комплексным проблемам охраны почв, оптимизации минерального питания растений и почвенных процессов с целью создания высокопродуктивных и чистых агроценозов на дерново-подзолистых почвах, на конкурсной основе, в 2004 году А. И. Горбылевой была присуждена престижная премия им. академика Д. Н. Прянишникова, учрежденная Правительством России для ученых в области агрохимии.

Под ее непосредственным руководством, усилиями преподавателей и сотрудников кафедры созданы геологический кабинет, а также первый и единственный в Республике Беларусь почвенный музей. В них представлены почвенные монолиты основных типов почв Республики Беларусь и стран СНГ, а также богатая коллекция минералов и горных пород, которые являются большим подспорьем в образовательном процессе.



С 1998 по 2011 год руководил кафедрой ученик А. И. Горбылевой Вадим Борисович Воробьев. Являясь выпускником агрономического факультета БГСХА, он в 1988 году защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Накопление и качество растительных остатков некоторых сельскохозяйственных культур в связи с гумусовым состоянием и удобрением дерново-подзолистых почв». Результаты дальнейших научных исследований легли в основу докторской диссертации: «Трансформация гумусового состояния дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы под влиянием антропогенной нагрузки», защита которой состоялась в 2019 году. Под руководством Вадима Борисовича кандидатские диссертации защитили: Г. В. Седукова, И. М. Швед, И. Ю. Грищенко и С. И. Ласточкина.

Славные традиции кафедры с сентября 2011 года продолжил выпускник факультета агрохимии и почвоведения БГСХА, ученик А. И. Горбылевой кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Поддубный Олег Андреевич, который работал в должности заведующего



кафедрой по январь 2012 года. Олег Андреевич на кафедре с 1990 года и прошел путь от ассистента до заведующего кафедрой. В 2001 году защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Влияние величины содержания гумуса в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах на трансформацию почвенных фосфатов». Высокие деловые и организаторские качества дали возможность Олегу Андреевичу длительное время работать заместителем декана

агрономического, а затем агроэкологического факультетов, а с 2013 года по настоящее время – начальником учебно-методического управления академии. В этот период исследования продолжались в соответствии с тематикой научных исследований кафедры.

С февраля 2012 года по настоящее время возглавляет кафедру доктор сельскохозяйственных наук, профессор Тамара Филипповна Персикова.



Тамара Филипповна окончила БГСХА, факультет агрохимии и почвоведения, в 1974 году. Преподавательская ее деятельность началась в 1986 году, когда после окончания аспирантуры, она была зачислена ассистентом на кафедру агрохимии. В 1987 году она успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему: «Продуктивность клевера лугового в зависимости от

условий питания на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах Беларуси» и была избрана старшим преподавателем, а затем и доцентом кафедры агрохимии. В 2003 году Т. Ф. Персикова защитила докторскую диссертацию на тему: «Научные основы эффективности использования биологического азота в условиях дерново-подзолистых легкосуглинистых почв Беларуси». Ее диплом доктора сельскохозяйственных наук прошел настрификацию в России и эквивалентен диплому полученному в Российской Федерации.

С 1999 по 2012 год Т. Ф. Персикова работала деканом агроэкологического факультета, профессором кафедры агрохимии. В это время научные исследования ею проводились по темам входящим в Государственные программы научных и фундаментальных исследований.

Являясь заведующей кафедрой почвоведения она не только сохранила сложившиеся к этому времени традиции, но и определила новые, перспективные направления научных исследований, направленные на:

– изучение закономерностей изменения свойств дерново-подзолистых почв при использовании куриного помета с целью научного обоснования системы мероприятий по снижению отрицательных последствий его утилизации;

– оценку эффективности влияния на урожайность и качество зеленых культур (укропа, салата, петрушки, шпината) и картофеля органического удобрения на основе термически обработанного куриного помета;

– мониторинг плодородия дерново-подзолистых почв Беларуси пути его сохранения, повышения и рационального использования.

Под ее руководством подготовлено и защищено 6 магистерских и 7 кандидатских диссертаций (А. Г. Подоляк, А. В. Какшинцев, И. И. Сергеева, А. А. Ходянков, Н. Л. Почтовая, Е. А. Блохина, Ю. В. Коготько).

Кафедра имеет свои филиалы: РУП «Учхоз БГСХА», РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», где в целях совершенствования уровня теоретической и профессиональной подготовки, овладения современными методами почвенных исследований и эффективными технологиями повышения плодородия почв студенты проходят учебную и производственную практики, а преподаватели и сотрудники кафедры – стажировку. Преподаватели кафедры являются постоянными участниками международных, республиканских съездов и конференций, научно-производственных семинаров. С периодичностью 3–5 лет на кафедре проводятся международные научно-практические конференции с последующим изданием сборников материалов конференций.

Сотрудники кафедры постоянно поддерживают и расширяют научные связи с ведущими учеными России, Украины, Казахстана, Азербайджана, что позволило выйти на высокий уровень научных исследований как по постановке целей и задач, так и по способам их реализации. На кафедре большое внимание уделяется изданию научной, учебной и методической литературы. За последние десять лет коллективом кафедры подготовлены и изданы 1 учебник, 5 учебных пособий, 2 справочника, 52 учебные программы, 6 учебно-методических комплексов для самостоятельной работы студентов, в том числе 3 – электронных, 5 монографий, 4 рекомендации производству, около 450 статей, 1 отраслевой регламент, сборники и материалы конференций. Результаты многих исследований внедрены в сельскохозяйственное производство и образовательный процесс.

Кафедра почвоведения постоянно оказывает консультационную помощь хозяйствам республики по разработке и внедрению современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур и рационального использования почв. За годы существования



кафедры, сотрудниками и преподавателями, проведена большая научно-исследовательская работа. Исследования прошлых лет всегда были востребованы и продолжаются в настоящее время. Они нашли отражение более чем в 40 кандидатских и 4 докторских диссертаций.

В настоящее время на кафедре работают профессор Т. Ф. Персикова; доценты С. Д. Курганская, О. А. Поддубный, Е. Ф. Валеяша, О. В. Мурзова, М. В. Царева; заведующий учебной лабораторией Н. А. Подлипская и лаборант Т. А. Крижик. Преподаются следующие дисциплины: почвоведение, почвоведение с основами геологии, почвы Беларуси, геология, картография почв, мелиоративное почвоведение, основы рационального землепользования и обучаются студенты агрономического, агроэкологического, землеустроительного и мелиоративно-строительного факультетов очной и заочной формы получения образования.

Работа преподавателей кафедры всегда получала высокую оценку со стороны руководства УО БГСХА, Академии наук Республики Беларусь, Международной академии аграрного образования. Не случайно, академиками Академии наук Республики Беларусь стали Я. Н. Афанасьев, А. Г. Медведев, И. Ф. Гаркуша, заслуженным работником высшей школы – А. М. Брагин, академиком Международной академии аграрного образования, лауреатом премии имени академика Д. Н. Прянишникова, стипендиатом Президента Республики Беларусь – А. И. Горбылева, член-корреспондентом Международной академии аграрного образования – В. Б. Воробьев; академиком Международной академии аграрного образования, Отличником образования Республики Беларусь, которому установлена персональная надбавка Президента Республики Беларусь за выдающийся вклад в развитие высшего образования; а также который награждён медалью «Почетный агрохимик» (Россия), в 2021 г. Указом Президента Республики Беларусь медалью Франциска Скорины, нагрудным знаком отличия «За заслуги в сельском хозяйстве» (приказом Министра сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь) – Т. Ф. Персикова.

Сегодня кафедра почвоведения активно развивается. Научный задел, созданный нашими великими предшественниками, является прочным фундаментом для последующих исследований в области почвоведения.

## ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ И МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ БЕЛАРУСИ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС

И. М. БОГДЕВИЧ, академик НАН Беларуси,  
Ю. В. ПУТЯТИН, д-р с.-х. наук, доцент,  
И. С. СТАНИЛЕВИЧ, канд. с.-х. наук

Институт почвоведения и агрохимии,  
г. Минск, Республика Беларусь

*Представлен критический обзор эффективности сельскохозяйственных защитных мер, проведенных после аварии на ЧАЭС, предотвращено свыше 40 % коллективной внутренней дозы облучения населения и обеспечено производство продуктов питания с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в 2–5 раз ниже допустимого уровня. Предложены меры повышения эффективности капиталовложений при воспроизводстве плодородия пахотных и луговых почв.*

**Ключевые слова:** защитные меры,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , известкование, калийные и фосфорные удобрения, гумус, pH, подвижные формы фосфора и калия в почве.

Авария на Чернобыльской АЭС обусловила долговременные последствия для сельского хозяйства Беларуси, где значительная доля земель была одновременно загрязнена радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  (23 %) и  $^{90}\text{Sr}$  (10 %), которые интенсивно мигрируют по биологическим и пищевым цепочкам. Широкомасштабные защитные меры и целенаправленная социальная политика руководства страны позволили успешно решить первоочередные задачи здравоохранения и производства нормативно чистых продуктов питания. Актуальными остаются долговременные проблемы ядерной аварии. Из 3678 населенных пунктов, оказавшихся на загрязненной территории, 479 было отселено, 1033 выведено из зоны загрязнения, в результате улучшения радиационной обстановки за 35 лет. По прогнозу специалистов, еще свыше 400 поселений останется в зоне загрязнения до конца нынешнего века [1].

Целью настоящей работы является критический анализ эффективности защитных мер и оценка их роли в воспроизводстве плодородия пахотных и луговых почв за послеаварийный период.

Исследованы пахотные и луговые почвы, загрязненные радионуклидами и эффективность защитных мер в Беларуси за послеаварийный период. Используются результаты стационарных полевых опытов и сопряженных учетов на производственных посевах в районах Гомельской и Могилевской области по влиянию удобрений и мелиорантов на урожайность сельскохозяйственных культур и переход  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в продукцию, проведенных в Институте почвоведения и агрохимии под руководством авторов. Метод исследований – системный ана-

лиз динамики степени кислотности, содержания гумуса, подвижных форм фосфора и калия в почвах в сопоставлении с оптимальными параметрами.

В проведении защитных мероприятий выделено три этапа: 1986–1991 гг., 1992–2000 гг. и с 2001 г. по настоящее время. На первом этапе были проведены неотложные меры, чтобы предотвратить острые детерминистские эффекты у населения от внешнего и внутреннего облучения. Главными мероприятиями были эвакуация и дополнительное отселение жителей из территорий с недопустимо высокой плотностью загрязнения радионуклидами, дезактивация населенных пунктов и дорог, выведение из пользования сильнозагрязненных земель. На используемых землях проведено осушение заболоченных участков и запашка дернины, мелиоративное известкование кислых почв, внесены повышенные дозы фосфорных и калийных удобрений, введен ряд ограничений. Защитные меры были правильными, но эффективность их на раннем этапе (1986 г.) была невысокой, вследствие недостатка ресурсов и специальных знаний у организаторов производства, ограниченной информации сельских жителей [2]. Динамичность радиационной обстановки требовала более совершенного радиационного контроля и защитных мероприятий. В Беларуси была создана система научного обеспечения, реализованная в пятилетних Государственных программах ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы. В период 1991–2003 гг. научное обеспечение АПК по проблемам сельскохозяйственной радиологии координировал Институт почвоведения и агрохимии, а с 2004 г. – Институт радиологии. Разработаны технологии подбора культур, сортов, обработки почв, эффективного известкования, дифференцированного применения калийных, фосфорных и комплексных удобрений для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и снижения перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в продукцию [3–5].

Второй этап комплексных защитных мер (1992–2000 гг.) включал целевое формирование почв с заданными агрохимическими свойствами для снижения перехода радионуклидов в растительную продукцию. Это позволило поэтапно ужесточать допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в продуктах питания (РКУ-92, РДУ-1993, РДУ-97, РДУ-99). Практически вся продукция, поступающая из общественного сектора для переработки на продукты питания, стала соответствовать санитарно-гигиеническим нормативам.

Оптимизация агрохимических показателей плодородия почв предусматривается и на третьем периоде защитных мероприятий, (с 2001 года) для завершения реабилитации загрязненных территорий и перехода к устойчивому экономическому развитию (табл. 1).

Таблица 1. Сельскохозяйственные защитные меры на загрязненных землях Беларуси

Годы	Известкование, тыс. га	Улучшение пастбищ, тыс. га	Дополнительное внесе- ние удобрений, тыс. т	
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
2001–2005	229,3	55,8	113,6	408,9
2006–2010	161,8	32,9	124,0	424,1
2011–2015	132,1	5,2	105,3	360,4
2016–2020	135,0	2,8	105,1	331,1
<b>2001–2020</b>	<b>658,2</b>	<b>96,7</b>	<b>448,0</b>	<b>1524,5</b>

Важным результатом этого периода является повышение качества производимых продуктов питания, при содержании <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в них значительно ниже санитарно-гигиенических нормативов, не только в крупнотоварном производстве, но и в личных подворьях. По оценке экспертов Чернобыльского Форума МАГАТЭ комплекс защитных мер, проведенных на загрязненных землях Беларуси, был весьма эффективным, так как позволил предотвратить свыше 40 % коллективной внутренней дозы облучения [4].

Важно также гарантировать радиоэкологическое качество производимых продуктов питания на перспективу. Поэтому уже ряд лет на 80–90 % площади пашни поддерживается оптимальный уровень кислотности, содержания подвижных форм фосфора и калия, с некоторым запасом прочности, на 10–20 % выше, чем на незагрязненных почвах (табл. 2).

Таблица 2. Динамика средневзвешенных показателей плодородия пахотных почв в загрязненных районах (1) в сравнении с незагрязненной (2) пашней Беларуси

Показатели		Годы				
		1985	1992	2000	2012	2020
Гумус, %	1	2,01	2,33	2,31	2,26	2,25
	2	2,04	2,25	2,28	2,23	2,27
рН КСl	1	5,62	5,84	5,93	5,92	5,85
	2	5,61	5,88	5,98	5,89	5,84
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	1	140	197	201	220	216
	2	141	186	179	186	175
K <sub>2</sub> O, мг/кг	1	152	180	182	224	236
	2	171	182	174	204	202

Заметно повысилось плодородие почв улучшенных сенокосов и пастбищ. Первостепенной целью на перспективу становится дальнейшее повышение продуктивности используемых земель и качества конечной продукции. В ряде районов республики, остается актуальной задача снижения себестоимости товарной продукции и повышения окупаемости капиталовложений.

В целом, проведенные защитные меры в АПК после Чернобыльской аварии были высокоэффективными, предотвратили свыше 40 % коллективной внутренней дозы облучения населения и обеспечили производство продуктов питания с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в 2–5 раз ниже допустимого уровня согласно РДУ-99. Создан фундамент плодородия почв для гарантии производства нормативно чистых продуктов питания на перспективу. Наиболее проблемным является комплекс вопросов повышения плодородия песчаных и минерализованных, мелко залежных торфяных почв. Обсуждаются меры повышения эффективности капиталовложений при воспроизводстве плодородия пахотных и луговых почв.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси / Под ред. Ю. А. Израэля и И. М. Богдевича. – Москва-Минск: НИА-Природа, 2009. – 140 с.
2. Чернобыльская катастрофа: эффективность мер защиты населения, опыт международного сотрудничества / Б. С. Пристер [и др.]. – Киев: Украин. ядерное общество, 2007. – 64с.
3. Пуятин, Ю. В. Минимизация поступления радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в растениеводческую продукцию / Ю. В. Пуятин. – Минск: РУП Институт почвоведения и агрохимии, 2008. – 255 с.
4. Fesenko, S. V. Twenty years' application of agricultural countermeasures following the Chernobyl accident: lesson learned / S. V. Fesenko. R. M. Alexakhin et al. // Journal of Radiological Protection. – № 26 (2006) – С. 351–359.
5. 35 лет после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий: национальный доклад Республики Беларусь / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 152 с.

УДК 631.8-027.236

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ ПРИ ИХ ДЛИТЕЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В УСЛОВИЯХ ВЯТСКО-КАМСКОЙ ЗЕМЛЕДЕЛЬЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ РФ**

Т. Ю. БОРТНИК, д-р с.-х. наук, доцент,  
А. Ю. КАРПОВА, канд. с.-х. наук,  
К. С. КЛЕКОВКИН, аспирант,  
В. И. МАКАРОВ, канд. с.-х. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Ижевск, Российская Федерация

*В статье представлено обобщение данных длительного полевого опыта (1979–2019 гг.), заложенного на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве на красно-буром опесчанном суглинке по изучению эффективности систем удобрения озимых*

*зерновых культур, картофеля и ячменя. Приведена средняя продуктивность культур севооборота и изменение агрохимических показателей почвы за 40 лет.*

**Ключевые слова:** системы удобрения, агрометеорологические условия, длительный полевой опыт, продуктивность, дерново-подзолистые почвы.

На территории Вятско-Камской земледельческой провинции широко распространены дерново-подзолистые почвы, отличающиеся низким потенциальным плодородием. Подзолистый процесс почвообразования способствует выщелачиванию элементов питания из верхних горизонтов. Продуктивность сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах, в первую очередь, определяется состоянием плодородия почв; в современных экономических условиях высокоинтенсивное ведение сельского хозяйства возможно только на почвах с высоким уровнем плодородия. В связи с этим дерново-подзолистые почвы нуждаются в постоянном внесении органических и минеральных удобрений. Изучение различных систем удобрения в условиях длительного полевого опыта позволяет отследить, каким образом периодическое внесение извести, а также минеральных и органических удобрений в течение десятков лет изменяет уровень плодородия дерново-подзолистой почвы и влияет на продуктивность сельскохозяйственных культур.

Совершенствование систем удобрения на дерново-подзолистых почвах, как один из важнейших приемов повышения продуктивности, отмечают многие современные исследователи [1; 4–5]. Установлено, что при длительном использовании органических и минеральных удобрений почва аккумулирует элементы питания, улучшаются ее агрофизические, агрохимические и биологические свойства [1, 2]. В то же время интенсивность воздействия удобрений на продуктивность культур в значительной степени зависит от агроклиматических условий. Доказано [3], что чем больше количество выпавших осадков за вегетационный период, тем лучше усваиваются элементы питания растениями и, соответственно, выше их урожайность. При засушливых условиях вегетационного периода эффективность действия удобрений снижается.

Цель исследований: изучить влияние длительного применения систем удобрения культур зернопропашного севооборота на дерново-подзолистых почвах Вятско-Камской земледельческой провинции.

Действие систем удобрений изучалось в условиях длительного полевого опыта, который был заложен в 1979 г. на опытном поле ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА (с. Июльское Воткинского района Удмуртской Республики Российской Федерации) и продолжается в настоящее время. Исследования проводятся в четырехпольном полевом зернопаропропашном севообороте (занятый пар – озимые зерновые –

пропашные – ячмень). Схема опыта включает 17 вариантов различных сочетаний и соотношений удобрений на фоне известкования и без него [1]. Полные дозы минеральных удобрений определяются с учетом биологических особенностей культур. Органические удобрения (подстиличный навоз) вносятся один раз в севообороте под пропашные культуры, известкование по полной гидролитической кислотности проводится один раз за две ротации севооборота. Опыт заложен в четырехкратной повторности, размещение делянок в повторениях рендомизированное. Почва опытного участка типичная для условий Вятско-Камской земледельческой провинции дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая на красно-буром опесчанном суглинке. При закладке опыта почва была слабокислая ( $pH_{KCl} = 5,20$ ) со средним содержанием гумуса (1,93 %), низким содержанием подвижных форм фосфора (69 мг/кг) и калия (91 мг/кг) по Кирсанову [1].

Территория Удмуртской Республики относится к умеренно-холодному климатическому поясу. Продолжительность вегетационного периода с температурой воздуха более  $10^{\circ}C$  составляет около 125 суток при сумме активных температур 1900–2100. Суммарное количество атмосферных осадков по климатической норме составляет 475–490 мм/год. Таким образом, агроклиматические ресурсы Удмуртии благоприятны для выращивания сельскохозяйственных культур, предусмотренных зональными системами земледелия [3].

В табл. 1 представлено обобщение за 10 ротаций севооборота (1981–2017 гг.) по наиболее ярким вариантам систем удобрения; урожайность основных культур переведена в зерновые единицы. Средние ежегодные дозы элементов питания за годы исследований составили: под озимые зерновые –  $N_{69}P_{68}K_{53}$ ; под картофель –  $N_{87}P_{70}K_{105}$  и под ячмень –  $N_{60}P_{50}K_{40}$ .

Озимые зерновые культуры являются одними из наиболее важных для сельскохозяйственного производства Нечерноземной зоны России; их продукция используется как для пищевых, так и для кормовых целей. В длительном опыте возделывали озимую рожь и озимую тритикале. Продуктивность этих культур довольно сильно различалась по годам, что в значительной степени определялось агрометеорологическими условиями вегетационных периодов. В течение исследований отдельные годы отличались избыточным увлажнением или, наоборот, недостатком влаги. Так, в 2010 г. в течение вегетации были выражены экстремально высокие температуры при почти полном отсутствии осадков. В этом году в длительном опыте возделывали озимую тритикале, которая относительно хорошо перезимовала и сформировала средний уровень продуктивности. Было отмечено, что в условиях 2010 г. варианты, где использовали систематическое известкование, показали более высокую устойчивость растений к неблагоприятным условиям.

В целом озимые зерновые культуры нетребовательны к уровню кислотности почвы, в связи с этим не выявлено существенное влияние известкования на продуктивность этих культур в среднем за годы исследований (табл. 1).

Таблица 1. Влияние систем удобрения на продуктивность культур севооборота (Удмуртская Республика, 1981–2015 гг.)

Вариант	Озимые зерновые		Картофель		Ячмень	
	М ± Δм т зерн. ед./га	V, %	М ± Δм т зерн. ед./га	V, %	М ± Δм т зерн. ед./га	V, %
1. Без удобрений (к)	1,92 ± 0,43	29,7	1,93 ± 0,86	42,8	1,56 ± 0,18	15,6
2. Известь по 1Нг	2,19 ± 0,62	36,9	2,18 ± 1,02	44,5	1,87 ± 0,16	11,2
3. N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	3,75 ± 0,76	26,5	3,68 ± 1,56	40,5	3,08 ± 0,72	31,0
4. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	4,05 ± 0,79	25,6	3,80 ± 1,54	38,6	3,23 ± 0,81	32,9
5. Известь + навоз 40 т/га	2,56 ± 0,82	25,6	3,53 ± 1,47	39,7	2,38 ± 0,38	20,8
6. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	4,17 ± 0,82	25,9	4,33 ± 1,58	34,8	3,54 ± 0,73	27,0

Примечание. М ± Δм: среднее и доверительный интервал,  $P = 0,05$ ; V, %: слабая до 10 %; средняя 10–20 %; сильная более 20 %.

В то же время минеральная система удобрений способствовала увеличению продуктивности практически вдвое относительно контроля без удобрений. Органическая система удобрения на фоне известки привела к увеличению продуктивности зерновых на 0,64 т зерн. ед./га, что составляет 33,3 % по отношению к абсолютному контролю.

В среднем за годы исследований наиболее высокую эффективность показала органоминеральная система удобрения на фоне известкования, которая способствовала повышению продуктивности озимых зерновых культур относительно контроля на 2,25 т зерн. ед./га. Следует отметить, что степень вариации продуктивности сильная, что объясняется неустойчивостью агрометеорологических условий по годам.

Картофель для условий Вятско-Камской земледельческой провинции также является одной из важнейших культур. Многими исследованиями отмечена высокая отзывчивость данной культуры на удобрения. Но эффективность использования удобрений и их влияние на продуктивность картофеля также в значительной степени определяются агрометеорологическими условиями вегетационных периодов, что выявлено при обобщении результатов длительного опыта с 1981 г. (табл. 1). Так, коэффициенты вариации продуктивности картофеля изменялись в преде-



лах 39,7–44,5 %, т. е. вариация сильная. На основе корреляционно-регрессионного анализа установлены наиболее высокие коэффициенты корреляции продуктивности с количеством атмосферных осадков, выпавших за вегетационные периоды ( $r = 0,58 \pm 0,05$ ).

В среднем в год использование минеральной системы удобрения способствовало увеличению продуктивности картофеля на 1,75 т зерн. ед/га, что соответствует 90,7 % по отношению к абсолютному контролю. Органическая система удобрения на фоне извести также положила влияние на продуктивность картофеля – прибавка составила 1,60 т зерн. ед/га. Однако наиболее существенное влияние выявлено при использовании органоминеральной системы удобрения, которая способствовала в среднем получению прибавки продуктивности 2,40 т зерн. ед/га.

Ячмень является основной зернофуражной культурой как России, так и Удмуртской Республики. Высокая пластичность и адаптивный потенциал позволяют возделывать его во всех регионах Вятско-Камской земледельческой провинции. Установлено, что эта культура хорошо отзывается на известкование и применение органических и минеральных удобрений. В наших исследованиях в длительном опыте наиболее существенно на продуктивность ячменя влияла минеральная система удобрения как на фоне известкования, так и без него; прибавки в среднем в год в этих вариантах по отношению к абсолютному контролю составили – 1,67 и 1,52 т зерн. ед/га соответственно (табл. 1). Систематическое применение подстилочного навоза в последствии в сочетании с известкованием (вариант 5) уступало органоминеральной системе удобрения (вариант 6), где получена наиболее высокая средняя ежегодная продуктивность ячменя – на 1,98 т зерн. ед/га по отношению к контролю без удобрений. Следует отметить, что эффективность систем удобрения ячменя также в значительной степени зависела от агрометеорологических условий вегетационных периодов; коэффициенты вариации в вариантах с удобрениями изменялись в пределах 20,8–32,9 %.

В табл. 2 представлены изменения агрохимических свойств дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы при использовании различных систем удобрения за 40 лет длительного опыта.

Сельскохозяйственное использование дерново-подзолистой суглинистой почвы без применения удобрений и мелиорантов привело к снижению содержания гумуса на 0,42 %, подкислению на 0,20 ед. рН, и агроистощению почвы по содержанию подвижного калия на 45 мг/кг.

Таблица 2. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы под влиянием длительного использования систем удобрения (2019 г.)

Вариант	Г <sub>гумус</sub> , %	рН <sub>КС1</sub>	Н <sub>Г</sub>	S	V, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			ммоль/100 г почвы			мг/кг почвы	
<i>Перед закладкой опыта, 1979 г.</i>	1,93	5,20	2,80	10,8	79	69	91
1. Без удобрений (к)	1,51	5,00	2,22	9,5	81	72	46
2. Известь по 1Нг	1,92	6,02	1,12	12,2	92	108	58
3. N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2,69	4,45	3,12	9,4	75	168	65
4. Известь + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2,32	5,81	1,48	13,2	90	228	66
5. Известь +навоз 40 т/га	2,69	5,68	1,43	11,2	89	160	56
6. Известь + навоз 40 т/га + N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	2,58	5,83	1,26	13,0	91	214	85

Систематическое известкование способствовало устранению избыточной кислотности почвы и позволило повысить подвижность почвенных фосфатов. Использование минеральной системы удобрения без известкования привело к сильному подкислению пахотных угодий, хотя способствовало расширенному воспроизводству плодородия по содержанию гумуса и подвижного фосфора.

Наиболее эффективной для повышения плодородия почв следует считать органоминеральную систему удобрения на фоне известкования, которая позволила улучшить все агрохимические характеристики почв, за исключением содержания подвижного калия.

В результате обобщения данных длительного полевого опыта за 1979–2019 гг. можно сделать следующие выводы.

1. Системы применения удобрений определяют уровень продуктивности сельскохозяйственных культур и способствуют получению существенных прибавок относительно контроля без удобрений. Органоминеральная система удобрения на фоне систематического известкования имела преимущество перед минеральной и органической системами; при использовании сочетания Известь + навоз 40 т/га + N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> увеличение продуктивности в среднем в год относительно контроля составило: при возделывании озимых зерновых культур – 2,25 т зерн. ед./га; картофеля – 2,40 и ячменя – 1,98 т зерн. ед./га.

2. Продуктивность культур севооборота (озимых зерновых, картофеля, ячменя) в значительной степени зависит от агрометеорологических условий вегетационных периодов.

3. Систематическое применение известкования, органических и минеральных удобрений в течение 40 лет способствовало изменению агрохимических показателей дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы: снижению кислотности, накоплению содержания гумуса и подвижного фосфора, однако при всех системах удобрения выявлено агроистощение почвы по содержанию подвижного калия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бортник, Т. Ю. Агрохимические основы воспроизводства плодородия дерново-подзолистых почв и повышения продуктивности агроценозов в Вятско-Камской земельно-деревенской провинции : спец. 06.01.04: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Т. Ю. Бортник. – М., 2019. – 42 с.
2. Мажайский, Ю. А. Использование органических и минеральных удобрений для восстановления плодородия основных типов почв / Ю. А. Мажайский, О. В. Черникова // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти ученых: А. И. Горбылевой, Ю. П. Сиротина, В. И. Тюльпанова / редкол.: Т. Ф. Персикова (отв. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – С. 83–85.
3. Макаров, В. И. Агроклиматические ресурсы Удмуртии и их связь с урожайностью зерновых культур (на примере Ижевской ГМС) / В. И. Макаров // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2016. – Т. 26. – № 3. – С. 112–121.
4. Персикова, Т. Ф. Совершенствование системы удобрения проса при возделывании в условиях Северо-Востока Беларуси / Т. Ф. Персикова, Ю. В. Коготько // Агрохимический вестник. – 2020. – № 5. – С. 28–32.
5. Поддубная, О. В. Потенциальная продуктивность почв и оптимизация питания ячменя / О. В. Поддубная, О. В. Симанков // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти ученых: А. И. Горбылевой, Ю. П. Сиротина, В. И. Тюльпанова / редкол.: Т. Ф. Персикова (отв. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – С. 339–340.

УДК 631.67(479.24)

## СОВРЕМЕННОЕ МЕЛИОРИТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Э. А. ГУРБАНОВ

Азербайджанский архитектурно-строительный университет,  
г. Баку, Азербайджанская Республика

М. Г. МУСТАФАЕВ, Ф. М. МУСТАФАЕВ, Н. М. ГУСЕЙНОВА  
Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана,  
г. Баку, Азербайджанская Республика

З. Р. ГУРБАНОВА

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,  
г. Баку, Азербайджанская Республика

*В статье дана подробная информация о современном состоянии мелиорируемых почв Азербайджанской Республики. На основании проведенных исследований были изучены глубина грунтовых вод, их формирование и минерализация. Были проведены проверочные солевые съемки и учтены состояние коллекторно-дренажных систем. Результаты показывают, что величина питания грунтовых вод Кура-Араксинской низменности происходит за счет различных источников, которые указаны в данной работе.*

*При правильном использовании коллекторно-дренажных сетей и периодически проводимых солевых съемок учтены состояние коллекторно-дренажных систем. Результаты показывают, что величина питания грунтовых вод Кура-Араксинской низменности происходит за счет различных источников, которые указаны в данной работе.*

**Ключевые слова:** мелиорированные почвы, грунтовая вода, коллекторно-дренажная система, оросительная сет.

К низменной орошаемой зоне Азербайджанской Республики относятся земельные массивы Кура-Араксинской низменности и часть Гянджа-Казахского массива, с суммарной площадью 26 тыс.км<sup>2</sup>, что составляет 60 % всех земель с оросительной сетью в Южном Кавказе. Эта зона принадлежит к сухим субтропикам и является основной базой для выращивания различных сельскохозяйственных культур. Низменная орошаемая зона Азербайджана – аридная зона, и все почвы в ней более или менее засолены. Вследствие этого урожайность хлопчатника ниже нормальной на 25–40 %.

Для успешного развития орошаемого земледелия в этой зоне требуется применение не только методов орошения, но и проведение предварительной промывки почво-грунтов в пределах корнеобитаемого слоя, что можно сделать лишь на фоне систематического дренажа. Это обусловлено наличием на небольшой глубине под поверхностью земли соленых грунтовых вод и климатическим условием зоны [1, 2, 3].

В зависимости от сезона дефицит влаги воздуха составляет от 20 до 40 %. Испаряемость достигает 1000 мм в год и летом выражается величиной 14 мм в день. В целом климатические условия Кура-Араксинской низменности вполне благоприятны для выращивания ценных сортов хлопчатника.

Большая часть низменной зоны Азербайджана характеризуется высоким положением зеркала грунтовых вод (табл.1).

Таблица 1. Глубины грунтовых вод в низменной зоне Азербайджана

Глубина, м	Площадь	
	га	%
Грунтовые воды на поверхности земли	53300	2,1
0–1	141400	5,4
1–2	590000	22,7
2–3	363300	14,0
3–5	740600	28,5
5–10	554700	21,3
Глубже 10	156700	6,0
Итого...	2600000	100,0

На уровень грунтовых вод оказывает сильное влияние дренажная сеть. Действие последней противоположно орошению. На орошаемых недренированных землях уровень грунтовых вод за 5 лет (2012–2017 гг.) поднялся на 0,276 м, в то время как на дренированных землях он поднялся за тот же период всего на 0,030 м.

Величина питания грунтовых вод Кура-Араксинской низменности за счет различных источников видна из табл. 2.

Таблица 2. Формирование грунтовых вод Кура-Араксинской Низменности

Размер питания	Атмосферные осадки	Речные, русловые и оросительные воды	Ливневые воды со склонов	Артезианские оросительные воды	Карау и кяхризы	Глубинные напорные воды	Подток из коренных пород предгорий	Подрусловые воды рек	Конденсационные воды	Все источники питания
м <sup>3</sup> /с	32,1	38,6	10,0	3,8	6,0	30,0	5,0	1,5	23,0	150,0
%	21,4	25,7	6,7	2,5	4,0	20,0	3,3	1,0	15,4	100

Из данных табл. 2 следует, что модуль формирования грунтовых вод Кура-Араксинской низменности в среднем равен 6 л/с·км<sup>2</sup>. По отдельным территориям низменности он колеблется от 3,3 (юго-восточная Ширван, 1900 км<sup>2</sup>) до 11,4 л/с·км<sup>2</sup> (Карабахская степь, 3250 км<sup>2</sup>).

Модуль питания грунтовых вод за счет фильтрации глубинных высоконапорных вод в среднем по Кура-Араксинской низменности выразился величиной 1,2 л/с·км<sup>2</sup>, хотя по отдельным он колеблется от 0,9 (юго-восточная Ширван) до 3,9 л/с·км<sup>2</sup> (Мильская степь, 3750 км<sup>2</sup>).

Видимые уклоны грунтовых вод в пределах низменной зоны настолько малы (в среднем 0,00016), что создалось представление об абсолютной бессточности последних. В действительности, грунтовые воды стекают как в сторону Куры и Аракса, так и в сторону моря. Сток грунтовых вод к морю наблюдается даже визуально по всему морскому побережью и подтверждается сравнением величин гидростатических столбов морской воды и вод грунтового потока, проведенных к единичному удельному весу. Аналогичная картина соотношения гидродинамических столбов грунтовых и речных вод, приведенных к единичному удельному весу, получается и для всех гидрогеологических поперечников, проведенных нормально к рекам [3, 4, 5].

Минерализация грунтовых вод низменной зоны отличается большим разнообразием, но преобладают здесь сильноминерализованные воды. Из табл. 3 видно, что грунтовые воды с минерализацией меньше 2 г/л занимают всего 1,5 % территории Кура-Араксинской низменности. Это воды вблизи рек и каналов, по преимуществу гидрокарбонатного состава. Третью часть (33,3 %) территории занимают грунтовые воды сульфатного типа с содержанием солей от 2 до 10 г/л.

Таблица 3. Минерализация грунтовых вод низменной зоны Азербайджана

Минерализация грунтовых вод (по сухому остатку), г/л · км <sup>2</sup>	Площадь	
	га	%
Больше 100	11500	0,5
100–80	68500	2,6
80–70	333400	12,9
70–60	186900	7,2
60–50	47500	1,8
50–40	215600	8,3
40–30	548800	21,0
30–20	105500	4,1
20–10	178900	6,8
10–5	436600	16,9
5–2	426300	16,4
Меньше 2	41500	1,5
Итого...	2601000	100

Почти одну треть территории занимают воды с общей минерализацией 10–40 г/л. Это воды хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные. На остальной части территории распространены воды с минерализацией больше 40 г/л. Это по преимуществу воды сульфатно-хлоридные. Источники и размер поступления солей в грунтовые воды Кура-Араксинской низменности видны из табл. 4.

Таблица 4. Формирование солевого состава грунтовых вод Кура-Араксинской низменности

Характеристика	Атмосферные осадки	Речные русловые и оросительные воды	Длинный сток со склонов предгорий	Артезианские оросительные воды	Карасу и кяхризы	Глубинные напорные воды	Подток из коренных пород предгорий	Подрусловые воды	Конденсационные воды	Все источники питания
Дебит, м <sup>3</sup> /с	32,1	38,6	10,0	3,8	6,0	30,0	5,0	1,5	23,0	150,0
Минерализация, г/л	19,3	19,7	19,7	19,8	19,3	12,2	6,4	1,0	9,6	15,9
Солевой сток, кг/с	619	760	198	74	116	367	32	1,5	221	2388,5
Модуль солевого стока, г/с	24,76	30,40	7,92	2,96	4,64	14,68	1,28	0,06	8,84	95,54

Наибольшее (32 %) солевое питание грунтовых вод осуществляется за счет речных русловых и оросительных вод (30,4 л/с·км<sup>2</sup>), наименьшее – за счет подрусловых вод рек (0,06 л/с·км<sup>2</sup>). Ежегодно в грунтовые воды Кура-Араксинской низменности приносится 75,3 млн. т со-

лей (30,12 т/га в год). Из этого общего поступления солей часть уходит с потоком грунтовых вод в Каспийское море, часть с грунтовым потоком стекает в Куру и Аракс, часть солей удаляется растениями. Оценивая суммарной солевой сток в размере 12 %, получаем в среднем остаток солей, равный 26,5 т/га, т. е. почти в 12 раз больше, чем предполагалось раньше.

С минерализацией грунтовых вод тесно связано засоление почвогрунтов. Степень засоленности почв в низменной зоне Азербайджана колеблется в довольно широких пределах. В среднем для верхней однометровой толщи почво-грунтов солесодержание колеблется от 0,1 до 5 % [6, 7, 8]. Распределение земель с разной степенью засоления приводится в табл. 5, из которой видно, что 37 % территории низменной зоны хлопководства занимают почвы с засолением больше 3 %. Только 22,1 % территории относится к районам с засоленностью почв меньше 0,5 %, т. е. к слабозасоленным землям. Наиболее высокие степени засоления земель наблюдаются главным образом в восточной части низменности и в отдельных очагах концентрации и солей – в солончаках (табл. 5).

Таблица 5. Распределение земель с разной степенью засоления в низменной зоне

Земля с солесодержанием, %	Площадь	
	га	%
Больше 3	962,200	37,0
3–2	82,100	3,2
2–1,5	332,700	12,4
1,5–1,0	220,200	8,5
1,0–0,5	438,200	16,8
0,5–0,25	575,600	22,1
Итого...	2611,000	100%

История развития вторичного засоления почв в пределах низменной зоны Азербайджана вкратце сводится к следующему. Когда в первые годы с целью орошения были поданы на природные плоские пониженные участки земли больше количества воды для опреснения, то почвенные соли, вымываясь из почв, оттеснялись на соседние повышенные участки и постепенно их засоляли. Однако «чальное» орошение продолжалось недолго. С течением времени все чалы были использованы, и населению в дальнейшем пришлось ориентироваться на окружающие чалы повышенные участки. Для освоения последних также приходилось (и приходится) предварительно промывать их. Промывные воды отжимают соленые грунтовые воды в чалы, которые быстро засоляются. Таким образом, все целинные земли низменной зоны в большей или меньшей степени засолились [6, 7].

Грунтовые соленые воды на орошаемых участках поднимались настолько близко к корнеобитаемой зоне почво-грунтов, что урожайность земель катастрофически снижалась. Приходилось находить новые участки под орошение. Так возникло «кочевое» орошение, отнимавшее много труда на освоение новых участков. Все земли низменной зоны Азербайджана оказались более или менее засоленными, и потребовалось принятие радикальных мер по восстановлению былой урожайности почв [8, 9].

При проведении промывок земель на фоне систематического дренажа происходило уменьшение засоленности почво-грунтов в однометровой толще.

Неудовлетворительно работали дренажи и коллекторы, построенные взрывным способом. В течение 30 лет со времени их сооружения они несколько не улучшили мелиоративного состояния орошаемых земель. Теперь дренажи сооружаются с помощью экскаваторов, как правило, открытые, но эксплуатация их весьма сложна. Особенно много затруднений вызывают плывуны, в которых нередко проходятся дренажи и коллекторы.

Периодически проводимая солевая съемка на промывных участках земель показывает заметное снижение засоления почв во всех трех случаях, когда удовлетворительно действует дренаж. Наблюдения показали также, что добиться полного опреснения сильнозасоленных земель при существующей системе дренажа в течение одного сезона нельзя. Промывка на таких землях должна проводиться в течение нескольких лет [10, 11, 12].

При промывке почв на фоне глубокого дренажа происходит опреснение, которое затрагивает также и толщу второго метра. В противоположность этому, на орошаемых площадях низменной зоны Азербайджана без дренажной сети ежегодно происходит увеличение минерализации грунтовых вод в среднем на 4 %.

Потребовалось почти 60 лет непрерывных экспедиционных и стационарных исследований на опытно-мелиоративных и режимных станциях Азербайджана, прежде чем была разработана и окончательно принята рациональная схема коллекторно-дренажной сети на землях Кура-Араксинской низменности. Эта схема разработана с расчетом не только на рассоление почво-грунтов, но и на опреснение грунтовых вод на глубину порядка 5–7 м.

Эффективность проводимых мелиоративных мероприятий контролируется систематическими повторными солевыми съемками и регулярными наблюдениями за уровнем, температурой и химическим составом грунтовых вод по всей низменности. Данные этих контрольных



исследований показывают, что в результате проведенных комплексных мелиоративных мероприятий достигнуто вполне устойчивое опреснение и систематическое снижение уровня и минерализации грунтовых вод на всех дренируемых участках.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулрагимов, Т. И. Некоторые результаты промывок засоленных земель в Куру-Араксинской низменности / Т. И. Абдулрагимов, М. С. Нунупаров // Мелиорация и водное хозяйство. – 1958. – № 12.
2. Волобуев, В. Р. Расчет промывки засоленных почв / В. Р. Волобуев. – М., 1975. – 65 с.
3. Победоносцев, Н. М. Краткий гидрогеологический очерк Нахичеванской равнины (Материалы к общей схеме использования водных ресурсов Кура-Араксинского бассейна) / Н. М. Победоносцев. – Тифлис, 1932.
4. Саваренский, Ф. П. Кура-Араксинская гизменность, ее грунтовые воды и причины их засоления / Ф. П. Саваренский // Почвоведение. – 1929. – № 1–2.
5. Исрафилов, Г. Ю. Гидрогеологические условия / Г. Ю. Исрафилов, Н. М. Победоносцев // Природные условия и природные ресурсы Кура-Араксинской низменности. Баку: АН АзССР, 1965. – С. 27–29.
6. Роговская, Н. В. Методика гидрогеологического районирования для обоснования мелиораций / Н. В. Роговская // Гидрогеолого-мелиоративное районирование. – М., Госгеолтехиздат, 1959. – С. 176.
7. Мустафаев, М. Г. Причины снижения эффективности сельхозпроизводства на землях Азербайджана / М. Г. Мустафаев // Агрехимический вестник. – 2012. – № 3. – С. 43–45.
8. Мустафаев, М. Г. Эффективность проводимых мелиоративных мероприятий и их оценка / М. Г. Мустафаев // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: междунар. науч.-практ. конф. – Рязань: Изд-во РАГУ, 2012. – С. 187–190.
9. Мустафаев, М. Г. Современное состояние орошаемых серо-луговых почв Мильской степи и пути их улучшения / М. Г. Мустафаев, Н. М. Гусейнова, А. Р. Ахмедова, Х. Г. Сулейманова // Актуальные направления развития мелиоративного комплекса Международная научно-практическая конференция, посвященная 90-летию создания ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2021. – С. 191–201.
10. Mustafayev, M. G. Diagnostic parameters of irrigated meadow-serozemic and alluvial meadow soils of the Mugan-Sal'yany massif of Azerbaijan / Mazhaysky Yu. A., Vinogradov D. V. // Russian Agricultural Sciences. – 2018. – Vol. 44, № 6. – P. 551–555.
11. Mustafayev, M. G. Criteria for the evaluation of reclamation status of soils in the Mugan-Salyan massif // Journal of Water and Land Development. – 2015. – № 24(1). – P. 21–26. DOI: 10.1515/jwld-2015-0003.
12. Mustafayev, M. G. Change of the salts quantity and type in the irrigated soils of the Mughan plain and their impact on plants productivity // International Journal of the Science of Food and Agriculture, 2020, № 4 (2). – P. 101–108, <http://dx.doi.org/10.26855/ijfsa>.

## ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ЛИМИТИРУЮЩИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНУЮ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ, ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. В. ЛАПА, академик НАН Беларуси, д-р с.-х. наук, профессор,  
Д. В. МАТЫЧЕНКОВ, канд. с.-х. наук, доцент

РУП «Институт почвоведения и агрохимии»,  
г. Минск, Республика Беларусь

*Проведена оценка факторов, лимитирующих урожай сельскохозяйственных культур, созданы их базы данных для создаваемой интеллектуальной информационной системы сельскохозяйственного производства на уровне сельскохозяйственных предприятий.*

**Ключевые слова:** информационные системы, производительная способность почв, базы данных.

Разработка интеллектуальных систем помощи при принятии решений в сельскохозяйственном производстве в современных условиях является одним из самых востребованных направлений в агропочвоведении. Данное направление получает в настоящий момент статус приоритетного во многих странах как ближнего, так и дальнего зарубежья. Разработка информационных систем для рационального использования почв на основе цифровых технологий и создание специализированных баз данных, которые бы обеспечивали научно обоснованные приемы повышения и сохранения плодородия почв включены в приоритетные направления научной деятельности в Республике Беларусь. В Российской Федерации принята программа «Умное землепользование», которая поставила перед собой целью создание и внедрение интеллектуальной системы планирования и оптимизации агроландшафтов и использования земель в сельскохозяйственном производстве на разных уровнях обобщения (поле, хозяйство, муниципалитет, субъект РФ, страна, зарубежные территории), функционирующей на основе цифровых, дистанционных, геоинформационных технологий и методов компьютерного моделирования.

Объектами исследований является информация о всем разнообразии почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь, инвентаризированная в Почвенной Информационной Системе Беларуси по типовой принадлежности, степени гидроморфизма, гранулометрическому составу почвообразующих и подстилающих пород, характеру строения генетического профиля и их современному агроэкологическому состоянию на разных уровнях обобщения, информация о неоднородности почвенного покрова каждого конкретного землепользова-

ния, а также возделываемые в республике сельскохозяйственные культуры, занимающие основную долю в структуре ее посевных площадей, и их требования к почвенным условиям, то есть объектом исследований является накопленный к настоящему времени объем знаний о почвах республики и их пригодности для возделывания конкретных сельскохозяйственных культур.

Для реализации поставленной цели применялись следующие методы исследований: картографический, аналитический, статистический анализ данных, экспертных оценок, системного анализа.

Важнейшими фактором, определяющим и, в конечном счете, плодородие почв, является ее классификационная принадлежность, определяемая рядом соподчиненных свойств: типовая принадлежность почв, гранулометрический состав, подстиление. Еще одним фактором, влияющим на достижение максимальной урожайности сельскохозяйственных культур, является режим увлажнения почв. Повышенная кислотность также является лимитирующим фактором получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Большинство почв луговых земель Беларуси имеет от природы кислую реакцию почвенной среды, что часто является лимитирующим фактором в повышении продуктивности сенокосов и пастбищ.

Получение планируемых урожаев сельскохозяйственных культур в значительной мере обуславливается уровнем обеспеченности растений элементами питания. В этой связи первостепенной задачей системы удобрения является оптимизация питания растений при минимальных затратах удобрений. Высокая их эффективность может быть достигнута лишь в том случае, когда внесение элементов питания, лимитирующих рост и развитие растений, полностью компенсирует дефицит питательных веществ в почве и соответствует нуждаемости в них растений.

Практика показывает, что прибавка урожая от улучшения одного фактора, обычно лимитирующего урожай, бывает большей, если одновременно улучшается и другой лимитирующий фактор. Так, максимальной прибавки от азота можно добиться только, если культуры получают фосфор, калий и воду в достаточных количествах.

Почвы республики характеризуются большой пестротой по уровню плодородия. Большие различия между полями наблюдаются по типам почв, гранулометрическому составу, степени увлажнения, эродированности, закаменности, агрохимическим показателям, удаленности от производственных центров и другим показателям. Поэтому при планировании системы использования земли, оптимизации структуры посевных площадей и системы севооборотов следует учитывать особенности каждого рабочего участка (поля).

Для учета максимально возможного количества факторов, лимитирующих производительность возделываемых культур, в основу базы

данных положена информация об агропроизводственных группировках почв [1]. Кроме общей агропроизводственной группировки почв республики по пригодности под сельскохозяйственные культуры, большое значение в современных условиях имеют частные (специализированные) группировки для каждой из культур с учетом их индивидуальных требований к почвенным условиям. В этих группировках для конкретной сельскохозяйственной культуры в каждой степени пригодности приводится перечень классификационных единиц почв с учетом типовой принадлежности, степени и режима увлажнения, гранулометрического состава почвообразующих и подстилающих пород, агроэкологического состояния, которые по своим показателям и производительной способности соответствуют той или иной группе пригодности почв. Такие группировки почв разработаны под наиболее требовательные к почвенным условиям культуры, возделываемые в республике: озимую пшеницу, озимое тритикале, яровую пшеницу, ячмень, лен, сахарную свеклу, озимый рапс. Используя данные частных агропроизводственных группировок, регламенты возделывания сельскохозяйственных культур, различные рекомендации, нормативы и справочники [2, 3], были созданы базы данных лимитирующих урожай факторов для следующих культур: озимая пшеница, озимое тритикале, озимая рожь, яровая пшеница, ячмень, лен, сахарная свекла, озимый рапс, люцерна, кукуруза на зерно, кукуруза на зеленую массу, картофель, лен долгунец.

В самой базе данных значение типа почв, увлажнения, гранулометрического состава и подстилания представлены в виде кодировки согласно «Номенклатурному списку почв Беларуси» [4], являющемуся отраслевым стандартом цифровой почвенной картографии Беларуси. Следует отметить также, что базы данных могут быть пополнены информацией о дополнительных факторах, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур, содержание микроэлементов, содержание кальция, и т. д.

Исходя из классификационной принадлежности почвенного покрова, а также факторов, лимитирующих урожайность возделываемой культуры, производится присвоение почвенному контуру цифровой почвенной карты то или иное значение самого фактора, то есть лимитирующим может быть не только один, но и целая совокупность факторов. Здесь следует различать те факторы, которые могут быть изменены в процессе окультуривания почвенного покрова, и те, которые являются перманентными, то есть постоянными и не могут быть изменены в обозримом будущем. К таким относится типовая принадлежность почв, характер и гранулометрический состав как подстилающих пород, так и самих почв. Следующей является задача установление влияния факторов для данной сельскохозяйственной культуры для всего элементарного участка. Используя геостатистический метод объ-

единения контуров на основе идентичности заданного параметра, в конечном итоге присваивается значение лимитирующего фактора в целом конкретного рабочего участка. Для этого используются методы статистической обработки нечисловых данных. Таким образом производится установление лимитирующих урожай факторов для каждого элементарного участка по каждой культуре.

Для функционирования разрабатываемой интеллектуальной информационной системы сельскохозяйственного производства для целей планирования оптимального использования земельных ресурсов необходима оценка факторов, лимитирующих урожайность сельскохозяйственных культур. Оценка проводится посредством построения картограмм данных факторов, созданных на основе геостатистического анализа почвенного покрова на уровне сельскохозяйственного предприятия.

Это позволяет выявить элементарные участки с недопустимым, допустимым, пригодным и оптимальным значениям кислотности почвенного покрова, содержанием гумуса, содержанием подвижных форм фосфора и калия отдельно для каждой из следующих культур: озимой пшеницы, озимого тритикале, яровой пшеницы, ячменя, льна, сахарной свеклы, озимого рапса. Данные о классификационной принадлежности почвенного покрова позволят установить степень его пригодности для данных культур не только для почвенных контуров, но и для каждого элементарного участка.

Созданы также картограммы комплексной агрохимической характеристики для возделывания сельскохозяйственных культур по элементарным участкам, а также картограммы комплексного показателя плодородия для возделывания вышеперечисленных культур по элементарным участкам с учетом классификационной принадлежности почвенного покрова. Эта работа проделана по каждому объекту исследования для всех элементарных участков.

Данное исследование позволило провести оценку факторов, лимитирующих производительную способность почвенного покрова, на основе геостатистического анализа и создать картограммы оптимальных показателей плодородия почв (классификационная принадлежность, кислотность, содержание гумуса, содержание подвижных форм фосфора и калия) для озимой пшеницы, озимой тритикале, яровой пшеницы, ячменя, льна, сахарной свеклы, озимого рапса по каждому объекту исследования для всех элементарных участков.

Таким образом, выявлены лимитирующие урожай факторы сельскохозяйственных культур (озимая пшеница, озимое тритикале, озимая рожь, яровая пшеница, ячмень, лен, сахарная свекла, озимый рапс) и созданы их базы данных для создаваемой интеллектуальной информационной системы сельскохозяйственного производства. На их осно-

ве проведено установление лимитирующих урожай факторов для каждого элементарного участка по каждой культуре. Базы данных созданы на основе частных агропроизводственных группировок почв, регламентов возделывания сельскохозяйственных культур, рекомендаций по их возделыванию, различных нормативов и справочников.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лапа, В. В. Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур: рекомендации / В. В. Лапа, Г. С. Цытрон, Л. И. Шибут. – Минск, 2011. – 65 с.
2. Земледелие / П. И. Никончик [и др.]; под ред. П. И. Никончика. – Минск, 2014. – 584 с.
3. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сборник отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Респ. унитарное предприятие «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»; ред.: В. Г. Гусаков, Ф. И. Привалов. – Минск, 2012. – 288 с.
4. Смеян, Н. И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н. И. Смеян, Г. С. Цытрон; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2007. – 220 с.

УДК 631.8:631.452

### СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ДЕГРАДАЦИИ ЗАЛЕЖНЫХ МЕЛИОРИРУЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Ю. А. МАЖАЙСКИЙ, д-р с.-х. наук, гл. науч. сотрудник,  
А. А. ПАВЛОВ, канд. биол. наук

Мещерский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова,  
г. Рязань, Российская Федерация

*В данной статье приведен анализ проведенного лизиметрического опыта по выявлению влияния гуминового препарата при совместном применении с биогумусом при уровне грунтовых вод (далее УГВ) от 0,5 до 1,5 м на свойства залежных почв, а также урожайностью и качественным составом сена.*

**Ключевые слова:** гуминовый препарат, биогумус, плодородие, залежные земли, грунтовые воды.

Стратегия развития прикладной агрохимии в наступившем столетии будет определяться в первую очередь стоимостью применения химических и биологических удобрений, а также продолжающимся ростом народонаселения, для обеспечения которого необходимо получение достаточного количества качественных и безопасных продуктов питания с одновременным сохранением почвенного плодородия.

С конца 90-х годов набирает оборот тенденция деградации пахотных земель. Основными причинами чего выступают нерациональное землепользование и невыполнение комплекса агротехнических мероприятий. В результате огромные территории Нечерноземной зоны ока-

зались брошенными, со свободным распространением карантинных сорняков и возбудителей болезней культур, что привело к образованию залежей, зачастую подвергающихся пожарам.

В этой связи большое значение приобретает научный поиск экономически целесообразных приемов освоения залежей Нечерноземной зоны с последующим вовлечением их в сельскохозяйственный оборот.

Изучено три уровня залегания грунтовых вод (далее УГВ): 1,5 м; 1,0; 0,5 м на фоне применения гуминового препарата и биогумуса. Контрольным принят вариант без применения удобрений.

В качестве кормовых культур были использованы смеси вико-овса (с соотношением 1/1) и клевера красного, тимopheевки луговой, ежи сборной (с соотношением 2/1/1).

В качестве удобрений использован гуминовый препарат марки Экорост с концентрацией гумусовых и фульвокислот 50,1 г/л в виде 0,015 % рабочего раствора и биогумус в дозе внесения 10 т/га с содержанием общего азота 1–1,5 %, органического вещества 40–45 %. Внесение осуществлялось в почву перед посевом. Схема опыта представлена в табл. 1.

Таблица 1. Варианты опыта

№ п/п	Почва	Вариант
1	Дерново-подзолистая	Контроль
2		Гумат 150 л/га + Биогумус 10 т/га+УГВ 1,5
3		Гумат 150 л/га + Биогумус 10 т/га+УГВ 1,0
4		Гумат 150 л/га + Биогумус 10 т/га+УГВ 0,5
5	Серая лесная	Контроль
6		Гумат 150 л/га + Биогумус 10 т/га+УГВ 1,5
7		Гумат 150 л/га + Биогумус 10 т/га+УГВ 1,0
8		Гумат 150 л/га + Биогумус 10 т/га+УГВ 0,5

Опытно-исследовательская работа выполнена в соответствии с апробированными методическими указаниями по проведению полевых лизиметрических опытов. Математическая обработка данных выполнена в программном комплексе «STATISTICA».

Положительное влияние удобрений при высоком УГВ на питательный режим почвы оказало достоверное влияние и на продуктивность кормовых трав, результаты представлены в табл. 2. На дерново-подзолистой почве, по отношению к контрольному варианту урожайность зеленой массы вико-овсяной смеси увеличилась на 1413–1489 г/м<sup>2</sup> (в контроле – 2567 г/м<sup>2</sup>), выход сена – на 332–351 г/м<sup>2</sup> (в контроле – 633 г/м<sup>2</sup>), урожайность зеленой массы многолетних трав увеличилась на 114 – 296 г/м<sup>2</sup> (в контроле – 594 г/м<sup>2</sup>), выход сена – на 27–68 г/м<sup>2</sup> (в контроле – 149 г/м<sup>2</sup>). На серой лесной почве, по отношению к контрольному варианту урожайность вико-овсяной смеси зеленой

массы увеличилась на 1540–1802 г/м<sup>2</sup> (в контроле – 2900 г/м<sup>2</sup>), выход сена – на 370 – 434 г/м<sup>2</sup> (в контроле – 715 г/м<sup>2</sup>), урожайность зеленой массы многолетних трав увеличилась на 88 – 178 г/м<sup>2</sup> (в контроле – 720 г/м<sup>2</sup>), выход сена – на 23–49 г/м<sup>2</sup>(в контроле – 176 г/м<sup>2</sup>) (абс.). С увеличением урожайности трав, произошли изменения химического состава. При повышении урожайности, существенно изменялся химический состав сена трав. При влиянии органо-минеральных удобрений и УГВ, на дерново-подзолистой почве содержание сырого протеина в сухом веществе увеличилось с 11,74 в контроле до 13,21–14,15 %, сырого жира с 3,25 до 3,28–3,41 %, сырой золы с 5,92 до 6,64–7,13 %, фосфора с 0,32 до 0,33–0,35 %, кальция с 0,57 до 0,59–0,65 % (абс.).

Немного выше влияние органо-минеральных удобрений и УГВ оказало на серой лесной почве. На опытных вариантах в сухом веществе содержание сырого протеина увеличилось с 12,0 в контроле до 13,38–14,71 % на, сырого жира с 3,17 до 3,34–3,51 %, кальция с 0,62 до 0,63–0,69 %, сырой золы с 6,18 до 6,41–7,81 %, фосфора с 0,34 до 0,35–0,38 % соответственно.

Таблица 2. Урожайность зеленой массы и сена, в среднем за 2017–2019 гг., г/м<sup>2</sup>

№ п/п	Почва	Вариант	2017–2019 гг.			
			Вико-овсяная смесь		Многолетние травы	
			Зеленый корм	Сено	Зеленый корм	Сено
1	Дерново-подзолистая	1	2567	633	594	149
2		3980	965	708	176	
3		4056	984	890	217	
4		3631*	898*	733	182	
5	Серая лесная	5	2900	715	720	176
6		4226*	1032*	808	199	
7		4440	1085	835	205	
8		4702	1149	898	225	

\*Недостовверное значение, коэффициент значимости  $p > 0,05$ .

Внесение гуминового препарата в сочетании с биогумусом оказало достоверное положительное влияние на показатели плодородия, способствуя активации процессов образования питательных веществ. Накопление продуцируемых нитратов в большей степени зависело от температурного режима и уровня минерального питания растений и характеризовало обеспеченность почвы доступным азотом для растений. За период исследований в дерново-подзолистой почве на варианте без внесения удобрений содержание составило NO<sub>3</sub> – 13,3 мг, с применением удобрений и фиксации разновысокого УГВ – 21,7–24,5 мг на 1 кг почвы соответственно. Фиксация на 1 м УГВ повышала концен-



трацию  $\text{NO}_3$  до 24,5 мг на 1 кг. Повышенное влияние было выявлено на серой лесной почве, на варианте без внесения удобрений содержание  $\text{NO}_3$  было 16,1 мг, с применением удобрений и установлением разновысокого УГВ – 25,3–27,5 мг на 1 кг почвы. Установление на 0,5 м УГВ повышало концентрацию  $\text{NO}_3$  до 27,5 мг на 1 кг.

Полученные данные свидетельствуют о непосредственном влиянии применяемых удобрений на динамику минерализации нитратного азота. Увеличение темпов этого процесса связано с улучшением почвенных условий, что является важным фактором развития микроорганизмов в почвенном горизонте 0–20 см. Повышенный УГВ усиливал влияние на процессы минерализации азота. При близком залегании грунтовых вод в случае смыкания их с инфильтрационными водами, возможны потери нитратной формы азота. Одновременно в условиях снижения УГВ возможен подъем нитратного азота восходящим током влаги по градиенту концентрации, то есть миграция нитратного азота в большей части зависит от гранулометрического состава, определяющего интенсивность передвижения влаги.

В среднем период исследований, в дерново-подзолистой почве на варианте без внесения удобрений содержание  $\text{K}_2\text{O}$  – 60,1 мг, с применением удобрений и установлением разновысокого УГВ – 111,4 – 119,8 мг на 1 кг. На серой лесной почве на контрольном варианте  $\text{K}_2\text{O}$  – 100,8 мг, с применением удобрений и высоким УГВ 161,1–164,2 мг на 1 кг. В среднем за три года исследований, в дерново-подзолистой почве на варианте без внесения удобрений содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 37,1 мг, с применением удобрений и установлением разновысокого УГВ – 71,7–75,7 мг на 1 кг. На серой лесной почве на контрольном варианте  $\text{K}_2\text{O}$  – 79,8 мг, с применением удобрений и высоким УГВ 121,4–124,4 мг на 1 кг.

В состав самих органо-минеральных удобрений входит фосфор и калий. Внесение данных дозировок оказало влияние на накопление этих веществ в почве. Повышение УГВ способствует формированию благоприятных условий для образования питательных веществ.

При применении органо-минеральных удобрений и установлении высокого УГВ, тем самым изменяя условия увлажнения, повышалась агроэнергетическая эффективность применяемых приемов.

В расчетах были учтены и посчитаны производственные затраты, количество затраченной обменной энергии и полученной с урожаем. Коэффициент энергетической эффективности на дерново-подзолистой почве при контрольном варианте составил 1,9, на варианте с применением органо-минеральных удобрений и установлением УГВ 1,0 м, коэффициент составил 2,4. Энергия себестоимости снизилась с 4,6 ГДж/т до 3,8 ГДж/т соответственно. На серой лесной почве коэффициент энергетической эффективности при контрольном варианте составил 2,1, на варианте с применением органо-минеральных удобрений и

установлением УГВ 0,5 м, коэффициент составил 2,5. Энергия себестоимости снизилась с 4,0 ГДж/т до 3,4 ГДж/т соответственно.

Применение органо-минеральных удобрений способствовало увеличению показателей энергетической эффективности, причем высокий УГВ 0,5–1,0 м способствовал данной зависимости. Коэффициент энергетической эффективности увеличился с 1,9 и 2,1 на контрольных вариантах дерново-подзолистой (при УГВ 1,0м) и серой лесной почвы (при УГВ 0,5 м), до 2,4 и 2,5 ед. соответственно. Таким образом снизилась энергия себестоимости продукции с 4,6 и 4,0 на контрольных вариантах до 3,8 и 3,4 ГДж/т соответственно.

Максимальный экономический эффект был достигнут на вариантах с применением ГЭ в дозе 150 л/га и биогумуса 10 т /га при УГВ 1,0 дерново-подзолистой почве, УГВ 0,5–0,7 на серой лесной почве, условно чистый доход увеличился с 0,92 и 2,04 на контрольных вариантах до 3,63 и 4,71 тыс. руб/га соответственно и прибавка составила 2,71 и 2,67 тыс. руб/га. Уровень рентабельности увеличился с 5,12 и 8,87 на контрольных вариантах до 10,52 и 14,01 %, прибавка составила 5,4 и 5,14 % соответственно.

Проведенные исследования показали, что использование ГЭ в сочетании с биогумусом при близком УГВ оказывает положительное влияние на уровень плодородия почвы при освоении залежных земель. Лучшими результатами обладали варианты применения ГЭ в дозе 150 л/га с биогумусом при внесении в полном объеме в первый год исследований. Причем на дерново-подзолистой влияние УГВ наилучшее при уровне 1,0 м, а на серой лесной почве при уровне 0,5–0,7.

В целях улучшения основных показателей плодородия почвы, продуктивности и содержания питательных веществ в кормовых травах рекомендуется применять органо-минеральные удобрения в виде гуминового препарата в дозе рабочего раствора 150 л/га (0,015 %) в комплексе с биогумусом в дозе 10 т/га непосредственно перед посевом в почву, при соблюдении общепринятых агротехнических мероприятий по механической обработке почвы с целью сохранения влаги и борьбы с сорной растительностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дзыбов, Д. С. Научно-практические основы биологического метода исключения залежной растительности из сукцессионного процесса / Д. С. Дзыбов // Земледелие. – 2016. – № 2. – С. 13–18.
2. Оптимизация параметров почвенных режимов лугов Окской поймы / Ю. А. Мажайский [и др.] // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2017. – № 3 (32). – С. 3–8.
3. Семенов, Н. А. Райграс однолетний как индикатор агрогенного воздействия на экологические свойства почвы при возделывании на корм и семена / Н. А. Семенов, В. А. Золотарев, А. Н. Снитко // Вестник ТГУ. – 2014. – № 19 (5). – С. 34–35.

4. Чердакова, А. С. Экологическая оценка влияния различных гуминовых препаратов на состояние техногенно-измененных серых лесных почв: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / А. С. Чердакова. – Рязань, 2016. – С. 71–80.

5. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2016 году. М., 2017. – 220 с.

УДК 502.521 (470.311)

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

М. А. МАЗИРОВ, д-р биол. наук, профессор,  
Н. С. МАТЮК, д-р с.-х. наук, профессор,  
В. Д. ПОЛИН, канд. с.-х. наук, доцент

РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева,  
г. Москва, Российская Федерация

*Впервые за 105-летний период функционирования Длительного опыта Дояренко – Прянишникова для условий южной части таежно-лесной зоны дана углубленная оценка динамики параметров экологического состояния различных агробиоценозов (вечный пар, залежь, бессменный ячмень, севооборот и севооборот во времени) при воздействии на них антропогенных факторов с разной величиной энергетических субсидий, которая выражается количественными и качественными характеристиками изменения состояния органического вещества, трансформации, аккумуляции и перераспределения содержания биофильных элементов и энергетических потоков в верхней части почвенного профиля (0–100 см), что определяет разный уровень плодородия почвы. Все определения агрохимических показателей плодородия выполнены по соответствующим ГОСТ.*

**Ключевые слова:** запасы гумуса, подвижного фосфора, обменного калия, общего азота, агробиоценозы, энергетические субсидии.

Изучение экологических функций дерново-подзолистых легкосуглинистых почв южной части таежно-лесной зоны за более чем 105-летний период выполнены в Длительном опыте РГАУ-МСХА им. К. К. Тимирязева в агробиоценозах, различных как по направленности, так и по интенсивности процессов обмена веществами и энергией (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика объектов исследования

Уровень плодородия почвы	Варианты длительного опыта
1	2
Очень низкий	поле 105-летнего чистого пара без поступления источников энергии с содержанием органического углерода на уровне квазиравновесного состояния, обеспеченного гранулометрическим составом (0,5–0,6 % C <sub>орг</sub> ); очень низкими запасами гумуса (36,6 т/га) с соотношением накопленной энергии к ее потерям при минерализации гумуса как 1:9

1	2
Естественный	75-летняя травянистая залежь с содержанием $C_{орг}$ 1,4–1,5 %, запасами гумуса 59,6 т/га и соотношением накопленной энергии биоценозом многолетних трав к энергии минерализации гумуса как 10:1
Низкий	монокультуры яровых культур на фоне без удобрений и извести с содержанием $C_{орг}$ 0,8–0,9 %, запасами гумуса 56,2 т/га и соотношением поступившей энергии с растительными остатками к отчужденной с минерализацией гумуса, основной и побочной продукцией как 1:2
Средний	севооборотные участки с биоразнообразием сельскохозяйственных растений с 1950 г. после 38-летнего чистого пара на фоне внесения $N_{100}P_{150}K_{120}$ и 20 т/га навоза ежегодно с соотношением поступившей энергии с различными субсидиями к ее потерям как 1:1,7, с содержанием $C_{орг}$ 1,2–1,3 %, и запасами гумуса в пахотном слое 66,7 т/га
Высокий	поля зернопропашного севооборота (чистый пар – оз. рожь – картофель – ячмень с подсевом клевера – клевер – лен) на идентичном фоне питания с 1912 г. ( $C_{орг}$ 1,3–1,4 %, запасы гумуса – 79,8 т/га) с соотношением между теми же компонентами как 1:1,5

Биологическая продуктивность почвенного покрова, как результат влияния биоэнергетических и геохимических процессов превращения веществ, выражается в накоплении, сохранении и воспроизводстве энергии, высвобождающейся в результате циклической фиксации и эмиссии соединений углерода, азота, фосфора, калия и других биофильных элементов, что изменяет плодородие почвы [2, 3].

Длительное воздействие на почвенный покров различных типов почв технологическими приемами разной интенсивности (удобрения, мелиоранты, приемы обработки, вызывает изменение их морфологических признаков, гумусированности и содержания биофильных элементов не только пахотного, но и в нижележащих горизонтах по сравнению с их естественными аналогами [1, 4, 5].

Наши исследования показали, что вовлечение залежных земель в интенсивный сельскохозяйственный оборот и их длительное использование при естественном воспроизводстве плодородия (вечный пар без внесения агрохимикатов) снижало запасы гумуса во всех слоях метровой части профиля, которое составило: в пахотном слое (23,0 т/га), корнеобитаемом 0–30 см (17,6 т/га), слое 0–50 см (20,7 т/га), а в слое 0–100 см эти различия составили 41,7 т/га по сравнению с 75-летней залежью (табл. 2).

Таблица 2. Изменение запасов гумуса (т/га) по слоям верхней части почвенного профиля, 2017 г.

Агробиоценозы	Слой почвы, см			
	0–20	0–30	0–50	0–100
Залежь, контроль	59,6	70,8	94,2	143,1
Вечный пар	36,6	53,2	73,5	101,4
Бессменный ячмень	56,2	76,2	107,6	158,0
Севооборот во времени с 1950 г.	66,7	82,7	108,8	159,2
Севооборот с 1912 г.	79,8	103,4	140,1	197,3
НСР <sub>05</sub>	9,8	10,4	14,1	19,3

При бессменном возделывании ячменя обеспечивается поступление в почву 1,8 т/га растительных остатков, что улучшает гумусовое состояние почвы и ее плодородие. Так, запасы гумуса в слое 0–30 см возросли на 23 т/га, в слое 0–50 см – на 34,1, а в слое 0–100 см – на 56,6 т/га по сравнению с вечным паром.

Дальнейшее обогащение почвы органическим веществом за счет внесения в среднем за 75 лет 17,3 т/га навоза ежегодно в полях севооборота во времени увеличивало запасы гумуса в пахотном слое на 7,1 т/га, а в слоях 0–30, 0–50 и 0–100 см на 11,9, 14,6 и 16,1 т/га соответственно по сравнению с многолетней залежью.

Усиление степени и длительности воздействия на агроландшафт антропогенных факторов в форме пожнивно-корневых остатков растений, удобрений, известковых материалов на полях 105-летнего парозернопропашного севооборота увеличивали как общие запасы гумуса в изучаемых слоях метрового профиля дерново-подзолистой почвы (197,3 т/га), так и интенсивность вертикальной миграции лабильной части органического вещества. Так, в этих вариантах запасы гумуса в пахотном слое возросли на 13,1 т/га, а в слое 0–50 см – на 31,3 т/га по сравнению с функционированием 75-летнего севооборота.

В агробиоценозах различной интенсивности изменялось и соотношение углерода к азоту (С:N). Наши расчеты показали, что наиболее устойчивым и близким к оптимальному (1:10) это соотношение было в поле вечного пара, где азот в основном имел органическое происхождение и входил в состав гумуса. По мере усиления степени антропогенного воздействия на почву за счет внесения органических и минеральных удобрений на полях севооборота оно расширялось до 1:11, а при отсутствии внесения этих веществ (ячмень бессменно) – резко возрастало до 1:16.

Длительное использование почвы под агробиоценозами разной интенсивности сопровождалось не только изменением содержания и перераспределения запасов гумуса в верхней части почвенного профиля, но и в значительной степени определяло содержание в ней подвижных форм фосфора, обменного калия и общего азота.

Исследования показали, что максимальное накопление подвижных фосфатов, как малоподвижного элемента питания, в корнеобитаемом слое 0–30 см отмечалось в севооборотных полях (364 кг/га), а минимальное (271 кг/га) – в вечном пару. На нижележащие горизонты (30–100 см) вечного пара приходилось 51 %, бессменного ячменя – 39 %, севооборота во времени – 28 % и севооборота с 1912 года – 7 % запасов фосфора.

Другие закономерности в накоплении и распределении в верхней метровой части почвенного профиля установлены нами в отношении общего азота. Наиболее высокие его запасы в пахотном слое отмечались на полях севооборота (3,92 т/га) и снижались на 34,8 % в пару и 42,3 % на поле севооборота во времени. В нижележащих горизонтах (20–40 см) см оно составило 19,2–22,9 %, в слоях 40–60 и 60–80 см – от 11,5 % до 16,3 %, а в слое 80–100 см – от 11,1 % до 17,4 % по сравнению с естественной залежью. Изучаемые агробиоценозы по запасам обменного калия в слое 0–100 см можно расположить в следующий убывающий ряд: севооборот (3,08 т/га – севооборот во времени (2,41) – залежь (2,13) – бессменный ячмень (1,77) и вечный пар (1,41 т/га).

При длительном воздействии природных факторов и агротехнических приемов окультуривания дерново-подзолистых почв разной интенсивности отмечается существенное изменение запасов гумуса и биофильных элементов, а также перераспределение энергетических потоков в профиле почвы с увеличением их количества в нижней части почвенного профиля, особенно при высоких дозах органических и минеральных удобрений, которые не полностью используются культурными растениями. Это свидетельствует о том, что при антропогенной нагрузке, превышающей буферную способность почвы и энергетическую емкость существующего агробиогеоценоза, часть энергии отчуждается, т. е. переносится в нижележащие горизонты 60–100 см и становится недоступной. При этом усиливается опасность загрязнения грунтовых вод различными минеральными соединениями, особенно на легкосуглинистых почвах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Матюк, Н. С. Трансформация верхней части почвенного профиля дерново-подзолистых легкосуглинистых почв при длительном окультуривании / Н. С. Матюк, М. А. Мазиров, Д. М. Кашеева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2012. – В. 3. – С. 13–26.
2. Панайотова, Г. Д. Итоги исследований в 45-летнем стационарном опыте с удобрениями в институте полевых культур Болгарии / Г. Д. Панайотова // Теоретические и технологические основы воспроизводства плодородия почв и урожайность сельскохозяйственных культур: материалы Международной научно-практической конференции. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. – С. 122–130.

3. Персикова, Т. Ф. Микробиоценоз почвы смешанных посевов яровое тритикале+люпин в зависимости от условий питания и соотношения компонентов смеси / Т. Ф. Персикова, Н. В. Ключкова // Теоретические и технологические основы воспроизводства плодородия почв и урожайность сельскохозяйственных культур: материалы Международной научно-практической конференции. – М., 2012. – С. 481–490.

4. Соловьев, А. М. Сравнительная оценка энергоёмкости агроэкосистем разной интенсивности при длительном использовании дерново-подзолистой почвы / А. М. Соловьев, В. А. Шевченко, Н. С. Матюк, В. Д. Полин // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 1. – С. 30–33.

5. Хитров, Н. Б. Почвы Длительного опыта ТСХА / Н. Б. Хитров // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2012. – В. 3. – С. 62–68

УДК 631.3.072

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ САЙТ-СПЕЦИФИЧЕСКИХ МЕНЕДЖМЕНТ-ЗОН ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Т. Н. МЫСЛЫВА, д-р с.-х. наук, доцент,  
О. А. КУЦАЕВА, ст. преподаватель,  
А. В. КОЖЕКО, аспирант

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

*Разработаны методические подходы к определению однородных сайт-специфических менеджмент-зон, позволяющие зонировать землепользование для целей точного земледелия в зависимости от качества почвенного покрова с учетом внутри-полевой неоднородности по комплексу агрохимических показателей.*

**Ключевые слова:** точное земледелие, землеустройство, менеджмент-зона, ГИС-технологии.

Интенсивная глобализация процессов мировой экономики привела к ситуации, когда сельскохозяйственное производство как экономически развитых, так и развивающихся стран столкнулось с целым рядом проблем, связанных как с возрастающим уровнем спроса на не возобновляемые энергоресурсы и пресную воду, так и с усилением процессов урбанизации и повсеместным сокращением площадей, пригодных для выращивания сельскохозяйственных культур, которое стало следствием усиления эрозионных процессов и опустынивания, вызванных глобальным потеплением климата [1]. В частности, за последние десять лет сокращение площади пахотных земель в странах Европы, согласно прогнозным оценкам, к 2030 году достигнет 1,12 % [2], а для Республики Беларусь данный показатель колеблется в пределах от 0,1 % до 0,4 % [3]. В условиях постоянного удорожания энергоресурсов, сырья для производства минеральных удобрений и наличия дефицита органических удобрений актуальной становится проблема поиска

путей увеличения экономической эффективности использования земельных ресурсов. Одним из способов ее успешного решения является внедрение инновационных технологий в сфере землепользования, в частности технологий точного земледелия [4].

Важно подчеркнуть, что точное земледелие – это современная концепция управления сельским хозяйством, базирующаяся на использовании цифровых технологий для мониторинга и оптимизации процессов сельскохозяйственного производства [4, 5]. Главная задача современного землеустройства в контексте внедрения точного земледелия заключается в выделении однородных по агрофизическим и агрохимическим свойствам почв и агротехнологическим характеристикам участков пахотных земель – сайт-специфических менеджмент зон. Сайт-специфическая менеджмент-зона, по нашему мнению, является аналогом земельного контура, под которым понимают «часть земной поверхности, выделенную по природно-историческим признакам, состоянию и характеру использования земель, имеющая замкнутую границу, за пределами которой качественные характеристики земель имеют другие значения, отражаемые в государственном земельном кадастре» (ст. 1 КоЗ РБ). В широком понимании сайт-специфическую менеджмент-зону следует рассматривать как один из действенных инструментов для обеспечения устойчивого землепользования в отношении пахотных земель в условиях дефицита энергетических ресурсов и усиления негативного антропогенного воздействия на ландшафты в условиях глобальных изменений климата. Такие зоны используются прежде всего для оптимального размещения посевов сельскохозяйственных культур и разработки технологии их возделывания, основанной на максимальном учете трех факторов: неоднородности почвенного плодородия, потребности растений в элементах питания, а также экологических требований и нормативов.

На основании выполненного анализа имеющейся научной и научно-технической информации можно констатировать, что на сегодняшний день в мире сложилось преимущественно четыре базовых методологических подхода к определению сайт-специфических менеджмент-зон: 1) идентификация сайт-специфических менеджмент-зон в соответствии со значениями одной или нескольких характеристик почвы и ландшафта; 2) определение сайт-специфических менеджмент-зон с использованием карт урожайности; 3) менеджмент-зоны определяются по величине окупаемости затрат на внесение минеральных удобрений и средств защиты растений; 4) комплексный подход, использующий информацию, применяемую при реализации трех предыдущих подходов. По нашему мнению, выбор того либо иного подхода к определению сайт-специфических менеджмент-зон обуславливается следующими положениями: а) сколько градаций менеджмент-зон должно



быть идентифицировано в пределах землепользования, отдельного поля либо земельного участка; б) по какому ключевому признаку следует выполнять градацию поля либо земельного участка на менеджмент-зоны; в) каково оптимальное количество признаков, которые необходимо учитывать при определении менеджмент зон; г) какой из существующих подходов использовать для выделения сайт-специфических менеджмент зон – один либо их комбинацию; д) нужно ли учитывать вид выращиваемых культур и конкретный элемент технологии точного земледелия?

Однако, решающим фактором в выборе подхода к идентификации менеджмент-зон следует считать сложившуюся систему землепользования, а также наличие оперативных и достоверных геопространственных данных, использование которых возможно при их идентификации для целей точного земледелия. Следует отметить, что поскольку элементы технологии точного земледелия только начали внедряться в Республике Беларусь, применение подхода 3, основанного на экономических характеристиках, не представляется возможным из-за отсутствия достоверных статистических данных об этих показателях. В то же время и определение зон по показателям урожайности также имеет ряд ограничений, связанных прежде всего с отсутствием как такового мониторинга урожайности в контексте ее пространственного распределения в пределах поля и учета неоднородностей. В частности, на сегодняшний день в сельскохозяйственных предприятиях Беларуси имеется очень незначительное количество комбайнов, оснащенных приспособлениями для точного геопозиционированного учета урожая, а картирование урожайности – один из ключевых источников данных для выполнения идентификации менеджмент зон с использованием подхода 2, практически не проводится. Выходом из данной ситуации может стать применение данных дистанционного зондирования среднего и высокого разрешения и использование в качестве аналога урожайности значений вегетационных индексов.

Применение для идентификации сайт-специфических менеджмент-зон только данных о почвенных параметрах также представляет определенные трудности, поскольку: 1) имеющиеся картографические материалы, в частности картограммы содержания в почве макро- и микроэлементов, картограммы кислотности часто являются устаревшими и представлены, как правило, на бумажных носителях; 2) в сельскохозяйственных предприятиях не используются датчики, регистрирующие почвенные параметры; 3) определение содержания валового и подвижного азота, а также величины содержания углерода в почве, являющиеся обязательными для учета при определении зон внутривидовой неоднородности параметрами, не предусмотрено в ходе проведения туров агрохимического обследования сельскохозяйственных земель в Республике Беларусь;

4) определение электропроводности почвы, очень часто используемое за рубежом для разграничения зон внутриполевой неоднородности, не является обязательным для определения при проведении туров агрохимических обследований проектно-изыскательскими станциями химизации сельского хозяйства в Беларуси.

Исходя из этого, при разработке методики определения сайт-специфических менеджмент-зон для условий Республики Беларусь необходимо руководствоваться следующими положениями.

1. На начальном этапе внедрения элементов технологии точного земледелия наиболее оптимальным методологическим подходом к идентификации зон внутриполевой неоднородности является подход 1, когда деление на менеджмент-зоны выполняется в соответствии со значениями нескольких характеристик почвы – агрохимических показателей.

2. В качестве универсальных исходных показателей рекомендуются агрохимические показатели, которые являются обязательными для определения при проведении туров агрохимических обследований сельскохозяйственных земель, а также используются агрономическими службами сельскохозяйственных предприятий при расчете норм внесения минеральных удобрений и норм применения химических мелиорантов: содержание в почве гумуса, содержание в почве подвижного фосфора; содержание в почве подвижного калия; рН солевой почвенного раствора.

3. Перечень рекомендуемых для определения менеджмент-зон почвенных параметров может быть расширен, исходя как из наличия геопространственных данных о тех, либо иных свойствах почвы, так и из требований, предъявляемых к определению сайт-специфических менеджмент-зон. В частности, в него могут быть внесены сведения о содержании в почве микроэлементов, а также об уровне ее загрязнения остатками пестицидов, тяжелыми металлами и радионуклидами.

4. При идентификации менеджмент-зон с соответствующим качеством земель в пределах землепользования конкретного сельскохозяйственного предприятия в качестве основных исходных данных целесообразно использовать: данные земельно-информационной системы на территорию выполнения работ по разграничению менеджмент-зон; данные агрохимического обследования территории хозяйства областной проектно-изыскательской станцией агрохимизации.

5. При выполнении геостатистических исследований геопространственных данных и многофакторного геопространственного анализа, а также для визуализации границ идентифицированных менеджмент-зон и создания базы геопространственной информации о качественных параметрах каждой зоны внутриполевой неоднородности целесообразно использовать функциональные возможности программного продукта ArcGIS версии 10.3 и выше.

Алгоритм пошагового выполнения идентификации сайт-специфических менеджмент-зон предусматривает последовательное выполнение следующих блоков заданий: блок заданий 1: установление оптимального количества зон пространственной неоднородности в пределах землепользования сельскохозяйственного предприятия; блок заданий 2: определение наличия кластеров и выбросов данных о свойствах почвы; блок заданий 3: моделирование пространственного распределения свойств почвы в пределах землепользования сельскохозяйственного предприятия; блок заданий 4: идентификация менеджмент-зон в пределах землепользования сельскохозяйственного предприятия для целей точного земледелия. Каждый из этих блоков, в свою очередь, предусматривает реализацию того либо иного конкретного процесса для получения определенного результата.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мыслыва Т. Н. Прецизионные технологии: мировой опыт и перспективы для Беларуси / Т. Н. Мыслыва, Б. В. Шелюто, О. А. Куцаева // Наука и инновации. – 2021. – №3(217). – С. 4–10.
2. Zarco-Tejada P. J. Precision agriculture: an opportunity for EU farmers – potential support with the cap 2014-2020 / P. J., Zarco-Tejada, N. Hubbard, Ph. Loudjani. – Joint Research Centre of the European Commission, Brussel, 2014. – 57 p.
3. Myslyva T. Problems, prospects and experience in the implementation of precision farming in the Republic of Belarus in the context of national land use / T. Myslyva / Proceedings of the XI International Scientific Agricultural Symposium «Agrosym 2020». – East Sarajevo: Faculty of Agriculture, 2020. – P. 972–978.
4. Якушев В. В. Точное земледелие: теория и практика: монография / В. В. Якушев. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2016. – 364 с.
5. Maloku D. Adoption of precision farming technologies: USA and EU situation / D. Maloku // Practical Application of Science. – 2020. – Vol. VIII. – Issue 22. – P. 7–14.

УДК 631.174:001.891:001.63:001.9:631.95.091:09:045

### **ИЗ ИСТОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ СОТРУДНИКОВ БЕЛОРУССКОЙ ГСХА В ЖУРНАЛЕ «АГРОХИМИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК»**

И. С. ПРОХОРОВ, канд. с.-х. наук, доцент,  
АНО «Редакция «Химия в сельском хозяйстве»,  
г. Москва, Российская Федерация

Л. Н. ПИРУМОВА, канд. пед. наук  
Центральная научная сельскохозяйственная библиотека,  
г. Москва, Российская Федерация, e-mail: agrochem\_herald@mail.ru

*Представлена краткая информация об истории журнала «Агрохимический вестник» («Удобрение и Урожай»), «Химизация социалистического земледелия», «Химия в сельском хозяйстве», «Химизация сельского хозяйства») с 1929 г. по настоящее время. В связи со 100-летним юбилеем кафедры почвоведения Белорусской государственной сельскохозяйственной академии рассмотрены наиболее запоминающиеся работы ее*

*сотрудников, посвященные различным аспектам почвенно-агрохимических и агроэкологических исследований.*

**Ключевые слова:** научный журнал, история, почвоведение, агрохимия, агроэкология.

Журнал «Агрохимический вестник» является правопреемником журнала «Удобрение и Урожай», что подтверждено письмом НПО «Всесоюзная книжная палата» от 02.12.1992 № 0212, которое дает право редакции указывать на титульном листе издания формулировку «Основан в июне 1929 г.» [1].

Одним из инициаторов выхода в свет журнала, основанного Комитетом по химизации народного хозяйства СССР при СНК СССР и Научным Институтом по Удобрениям НТУ ВСНХ СССР, стал академик Д. Н. Прянишников. В первый редакционный совет входили: Э. В. Бричке – редактор, Л. Л. Балашев – зам. редактора, М. М. Вольф, С. И. Вольфович, Н. В. Гаврилов, А. А. Горяинов, П. И. Дубов, А. В. Казаков, Э. И. Квириг, В. П. Кочетков, А. Н. Лебеяднцев, А. П. Левицкий, Д. Н. Прянишников, А. Н. Розанов, Г. Д. Угрюмов, А. И. Юлин. Первыми авторами вместе с членами редсовета были: В. И. Влодавец, Б. А. Скопинцев, Н. П. Ремезов, И. И. Траут, Ф. Т. Перитурин, Т. А. Рунов, В. М. Васильков, А. А. Чучупал, С. П. Лебедев, Н. В. Овчининский [1–13]. Тираж журнала первоначально составлял 2000 экз.

Будучи единственным органом, специально посвященным проблемам химизации земледелия, журнал «Удобрение и Урожай» из-за малого объема не мог достаточно полно освещать вопросы защиты растений, поэтому с мая 1932 г. отдел журнала «Химические средства борьбы с вредителями и болезнями растений» стал выпускать самостоятельное издание «На защиту социалистического урожая». Сегодня – это журнал «Защита и карантин растений», а журнал «Удобрение и урожай» в 1932 г. был переименован в «Химизацию социалистического земледелия» и стал органом Наркомзема СССР и Всесоюзного НИИ удобрений, агротехники и агропочвоведения им. К. К. Гедройца (ВИУАА) [1, 5, 6, 9–11]. В это время в состав редколлегии входили: К. К. Гедройц, О. К. Кедров-Зихман (отв. редактор), А. Н. Лебеяднцев, Е. Е. Магарам, Я. П. Никулихин, С. С. Сигаркин, С. И. Теумин, А. Федяев, Н. В. Феоктистов. Авторами в это время помимо членов редколлегии были: М. М. Вольф, Л. Н. Барсуков, Е. В. Бобко, Д. А. Сабинин, В. С. Буткевич, М. А. Егоров, С. П. Молчанов, А. А. Ширшов.

Именно в 1930 и 1931 гг. впервые в журнале в качестве автора научной статьи, а потом и реферата появляется имя Оскара Карловича Кедров-Зихмана. И первая его публикация, правда со звучавшей несколько по-иному фамилией, называлась «О значении примеси магния в известковых удобрениях» [14]. Вторая публикация вышла под назва-

нием «Известкование на новые рельсы». В ней академик писал, что «...особым вниманием в качестве источника органических вещества при известковании заслуживает торф и зеленые удобрения, травосеяние. При правильном известковании необходимо заботиться о том, чтобы почва не обеднела органическими веществами...». Подчеркивал, что известкование «...устраняет излишнюю кислотность почвы, в результате создаются более благоприятные условия для культурных сельскохозяйственных растений; усиливает накопление почвой азота, гумуса, улучшает структуру и физические свойства почвы...» [15].

В сдвоенном номере 3–4 в 1932 г. новая публикация Оскара Карловича «Состояние известкования и весенняя посевная кампания». Главный ее посыл – правильное проведение известкования, инструктаж, распространение литературы в колхозы и совхозы, активизация НИУ» [16].

В 1933 г. первая небольшая критика Гедройца и дополнения к его работам в статье «Проблемы известкования в учении К. К. Гедройца».

В ней академик описал исследования природы солончаков и солонцов. Показал несостоятельность взглядов на происхождение этих почв и образование соды. Разработал систему их мелиорации путем гипсования и известкования, разработал учение о поглощающем почвенном комплексе, о возможности повысить производительность почвы, изменяя состав обменных катионов в зависимости от климата, характера почвы и главной культуры [17]. А уже в № 4 статья «Сравнительная оценка методов определения гидролитической кислотности». В ней сделаны выводы, что требуется модификация методов и методик. Указано на необходимость замещать метод Каппена другими более точными методами [18].

В 1934 г. совместная публикация супругов Кедров-Зихман под названием «Влияние состава поглощенных катионов на развитие ячменя и клевера». Сделан вывод, что состав поглощенных катионов ненасыщенных основаниями подзолистых почв может быть исправлен не только введением в него кальция, но и ряда других катионов: Mg, Na, K, Mn. Оптимальный состав для различных сельскохозяйственных растений неодинаков и может колебаться в широких пределах в зависимости от биологических свойств растений [19]. В последующем был еще ряд публикаций Оскара Карловича в нашем журнале в период уже его активной работы в Москве [20, 22, 24–27].

Журнал также публиковал официальные документы: «Об организации Всесоюзного института удобрений», «Об объединении Института удобрений и агропочвоведения», а также хронику и статьи – персоналии [21, 23]. Содержание журнала было продублировано на английском и немецком языках, тираж журнала составлял 1 875 экз., достигнув в 1938 г. – 9 660 экз.

В 1941 г. последним, вышедшим номером журнала, стал № 6 с ти-

ражом 8 770 экз., так как началась Великая Отечественная Война. Среди его авторов были: В. В. Церлинг, В. В. Бернард, Е. Н. Мишустин, М. Г. Голик, О. М. Джумаев, Е. Ф. Березова, Л. В. Судакова, А. В. Соколов, Н. Н. Соколов, В. Н. Перегудов, Р. В. Витоль, П. И. Садовский, М. Бабаков.

В 1956 г. журнал был восстановлен под названием «Удобрение и Урожай» как ежемесячный научно-производственный журнал Минсельхоза СССР и Министерства совхозов СССР. Членами редколлегии журнала были: В. Е. Егоров (гл. ред.), П. А. Баранов, А. Ф. Кабанов, Н. П. Карпинский, О. К. Кедров-Зихман, В. М. Клечковский, И. П. Мамченков, Я. В. Пейве, И. И. Самойлов, П. Г. Найдин, Н. Д. Смирнов, Ф. В. Турчин. В это время выходят статьи Кедров-Зихмана О. К. «Научные основы известкования почвы» и совместно с Алямовским Н. И. «О мероприятиях по известкованию кислых почв» и др. [28–32]. Начальный тираж 14 000 экз., который достиг 19 600 экз. в 1957 г.

В 1960 г. журнал «Удобрение и урожай» и серии массовой библиотечки обмена опытом в сельском хозяйстве («Зерновые и кормовые культуры», «Технические и масличные культуры») объединяют в качестве рубрики в ежемесячный журнал «Земледелие», в круг рассматриваемых вопросов которого вошло возделывание сельскохозяйственных культур, разработка севооборотов, а также теория и практика применения удобрений.

В 1963 г. Государственный комитет химической и нефтяной промышленности при Госплане СССР и Министерство сельского хозяйства СССР восстановили журнал под названием «Химия в сельском хозяйстве», который выходил в свет в Госхимиздате. Состав редколлегии: В. Н. Антонов (гл. ред.), Д. А. Катренко (зам. гл. ред.), С. В. Беньковский, К. А. Гар, И. И. Гунар, М. В. Каталимов, Л. И. Королев, В. В. Краснушкин (зам. гл. ред.), Н. Н. Мельников (зам. гл. ред.), К. В. Новожилов, Б. Г. Овчаренко, П. В. Попов, А. В. Соколов, В. Г. Стативкин, Ф. В. Турчин, Г. А. Черемисинов (зам. гл. ред.), А. Ф. Шаров, Н. А. Шманенков, О. В. Яковлева. Тираж первого номера журнала составлял 1 200 экз., а в 1964 г. он достиг пика за все время издания – 63 000 экз.

В 1964 г. добавились рубрики «Новые препараты», «Обмен опытом», «В помощь лектору», «Библиография», а в 1965 г. – «Экономика», «Консультации» (вместо «В помощь лектору», которая в 1979 г. стала «Наши справки»). В 1970 г. в № 5 появляется первая публикация Александра Арсеньевича Каликинского в соавторстве с Камасиным С. М. «Применение высоких норм азотных удобрений на сенокосах». Показано, что азотные удобрения способствуют увеличению в сене количества свободных аминокислот, в том числе незаменимых.

При внесении N 200–300 количество аспарагиновой и глутаминовой кислот, гистидина, аргинина, аланина и серина возрастает в 2–3 раза. При внесении только фосфорно-калийного удобрения наблюдается резкое уменьшение в сене валина, лизина, лейцина и фенилаланина [33]. В этом же номере журнала также была опубликована статья сотрудников кафедры кормопроизводства Белорусской ГСХА (В. Г. Стрелков и В. Н. Азовцева) «Применение микроудобрений на семенниках лядвенца рогатого» [34].

Журнал откликается на ситуацию в стране, идет в ногу с современными условиями, открывая новые рубрики, которые могут быть интересны и полезны читателю, так в 1974 г. открылась рубрика «Охрана окружающей среды», а в 1975 г. – «Стандарты и качество». С 1976 г. рубрика «Минеральные удобрения» стала называться «Удобрения и мелиоранты», вместо рубрики «Хроника» появилась рубрика «Информация», а вместо «Библиографии» – «Рецензии». В рубрике «Библиография» публиковались рецензии на книги, списки новых книг и статей по вопросам химизации сельского хозяйства, опубликованных в других изданиях.

В 1984 г. появилась новая рубрика «На проектно-изыскательных станциях и в лабораториях». В 1985 г. журнал стал теоретическим и научно-производственным, формат журнала поменялся, стал А16. Поменялся и профиль журнала изменился, главным редактором стал канд. с.-х. наук Н. С. Беспятых. Его основными направлениями становятся: Служба химизации. Химические средства и местные удобрения в действии. Производственные технологии. Материально-техническая база. Научное и проектно-технологическое обеспечение работ. Экономика и организация труда. С заботой о природе. Охрана труда и техника безопасности. Методы исследований и контроля качества работ. Человек и его дело. В химической промышленности. Информация (о совещаниях, семинарах, выставках; зарубежный опыт; рецензии, короткие сообщения по узким вопросам; о новых книгах; предметный указатель статей за год). В этом же 1985 г. совместная публикация А. А. Каликинского с И. Р. Вильдфлушем, В. М. Куруленко, З. Ф. Шекуновой «Применение суперфоса и двойного суперфосфата под ячмень на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах Белоруссии». Внесение на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах Белоруссии двойного суперфосфата и чилийского суперфоса под ячмень повышает его урожайность примерно в равной степени. Суперфос из кингисеппских фосфатов действует несколько слабее [35].

С 1986 г. на всех обложках черно-белые фото или картинки. Учредитель до 1986 г. – Министерство сельского хозяйства и Министерство по производству минеральных удобрений, министерство химической промышленности, с 1986 г. – Государственный агропромышленный

комитет СССР, Министерство по производству минеральных удобрений, Министерство химической промышленности. Публикуются материалы по совершенствованию агротехнического обеспечения урожая, агротехнические аспекты плодородия почв и их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур.

В номере 10 в 1987 г. очередная совместная публикация А. А. Каликинского с И. Р. Вильдфлуш, Г. И. Мангутова, В. М. Камовская «Ленточное внесение удобрений при возделывании кормовых культур». Ленточное внесение туков обеспечивает более рациональное и экономичное их расходование, а поскольку налаживается выпуск машин для ленточного внесения удобрений, то этот способ необходимо шире использовать под кормовые культуры при возделывании их по интенсивной технологии [36].

Осенью 1987 г. журнал «Химия в сельском хозяйстве» был передан ВО «Агропромиздат» и № 1 1988 получил название «Химизация сельского хозяйства», так как в издательстве был журнал «Защита растений», который по мнению дирекции тоже был о химии в сельском хозяйстве. Журнал полностью сменил свой облик и формат (его можно было положить в широкий карман), но не потерял своей важности. В состав редколлегии входили: Г. И. Алергант, И. Г. Важенин, Н. В. Войтович, А. И. Волков (зам. гл. ред.), Ю. А. Вяткин, Н. С. Беспятых (глав. ред.), В. С. Груздев, В. М. Габидуллин, Л. М. Державин, В. Ф. Кармышов, Ю. И. Касицкий, Д. А. Кореньков, А. И. Кушков, И. А. Мельник, А. И. Мигач, Э. Ф. Нейгебаур, П. Д. Попов, А. В. Постников, В. И. Сахненко, В. А. Светов, В. Г. Уточкин, В. В. Шувалов. Позднее членами редколлегии стали: И. М. Богдевич, В. Ф. Ладонин, А. И. Мячин, В. И. Панасин, И. Н. Чумаченко. Тираж составлял 11 000–13 000 экз.

В течение 1990 г. три публикации А. А. Каликинского с соавторами, среди которых появляется и Т. Ф. Персикова, ныне профессор и заведующая кафедрой почвоведения Белорусской ГСХА. Это работы совместно с И. Р. Вильдфлуш «Оптимальное содержание подвижного фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах» [37], О. И. Макасейвой, Л. А. Касьяновой, Г. М. Третьяк «Дробное внесение азотных удобрений под озимую рожь» [38] и «Урожайность ячменя и клевера при удобрении» [39].

В 1992 г. журнал возглавил канд. с.-х. наук В. А. Макаренко и в номерах 2 и 4 редакция опубликовала анкету, в которой представила читателям несколько вариантов названий: «Химизация сельского хозяйства», «Химия в сельском хозяйстве», «Удобрение и Урожай», «Плодородие и Урожай», «Плодородная нива». В результате анкетирования большинство читателей (более 50 %) остановилось на названии «Химия в сельском хозяйстве», так как оно более полно отвечает



содержанию и тематике журнала. Такое же решение принял учредитель – Совет объединения «Россельхозхимия» и под таким названием журнал начал выходить с января 1993 г. В составе редколлегии появились: А. М. Артюшин, В. Я. Евсюков, С. Ф. Маслов, И. И. Прохорова, Ю. Ф. Федоров. С этого времени учредителем журнала становится Министерство сельского хозяйства РФ. На страницах журнала значительное место стало уделяться работе специалистов центров и станций Государственной агрохимической службы, которая в 2019 г. отметила свой 55-летний юбилей. В 1994 г. главным редактором журнала становится И. И. Прохорова, работавшая в редакции с 1986 г. и ныне возглавляющая АНО «Редакция «Химия в сельском хозяйстве». Тираж журнала в этот период – 3 000 экз.

С переходом на рыночные отношения резко сократились объемы применения средств химизации из-за непомерного скачка цен на минеральные удобрения, в журнале появилась рубрика «Нетрадиционные удобрения и новые виды органических удобрений». Накопленный в редакции огромный материал по решению экологических проблем в сельском хозяйстве привел к изданию в 1998 г. № 3 под названием «Агроэкология: проблемы и решения», затем выходящим неоднократно. Все больше внимания уделяется сохранению окружающей среды: № 3 за 2002 г., № 1 за 2003 г., а также № 3 за 2005 г. посвящены проблемам агроэкологии.

Следует отметить, что журнал постоянно ищет новые решения для привлечения читателей, расширения аудитории. В журнале постоянно дается информация о состоявшихся совещаниях, конференциях, выставках (на 3-й странице обложки), отдельных НИУ (на 2-й странице обложки) с нарезкой цветных фото. С 2001 по 2015 гг. редакционной коллегией журнала проводился конкурс «Агрохимик года» по работам, опубликованным в журнале «Агрохимический вестник за... год» с различными номинациями, результаты с именами победителей, конечно, публикуются в журнале, привлекая внимание читателей к особо интересным или дискуссионным работам. После распада Советского союза публикация многих исследований в бывших республиках началась в ряде региональных изданий, однако благодаря сотрудничеству редакции с рядом Вузов и НИИ позволяет и сейчас привлекать авторов из ближнего зарубежья. Значительное внимание уделяется редакцией истории развития науки и ее выдающимся деятелям и исследователям.

С 2005 г. журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) на сайте российской научной электронной библиотеки ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)), а с 2015 г. журнал включен в базу данных российских научных журналов Russian Science Citation Index на платформе Web of Science. Подтверждено включение журнала с 1963 г. в международную базу данных химических научных журналов Chemical Ab-

stracts (CAS (pt)), осуществлена регистрация в международной исследовательской базе данных Research Bible. С 2018 г. статьям, публикуемым в журнале, присваивается Digital Object Identifier (DOI) на базе Российской государственной библиотеки ([www.cyberleninka.ru](http://www.cyberleninka.ru)).

В 2005–2006 гг. публикации ученых Белорусской ГСХА возобновились, в частности статьями о новых биопрепаратах [40], а также памяти А. А. Каликинского [41].

В 2008 г. первый специальный номер журнала «Агрохимический вестник», посвященный Белорусской государственной сельскохозяйственной академии с вступительным словом об истории вуза тогдашнего ректора А. Р. Цыганова [42]. В нем были опубликованы статьи ученых разных кафедр (почвоведения, агрохимии, хранения и переработки продукции растениеводства, мелиорации и водного хозяйства) [43–55].

В 2010 г. журнал стал Лауреатом Национальной премии им. П. А. Столыпина «Аграрная Элита России» в номинации «Пропаганда новых технологий и научных достижений в повышении плодородия и возрождении земель сельскохозяйственного назначения». Не забывают в журнале и о будущих поколениях агрохимиков, почвоведов и агроэкологов, для которых существует рубрика «Работы молодых ученых».

С 2012 г. главным редактором журнала стал канд. с.-х. наук И. С. Прохоров, который в настоящее время готовит материал для докторской диссертации.

Благодаря обновлению Перечня ВАК РФ, в журнале «Агрохимический вестник» публикуются материалы по следующим специальностям и отраслям науки: 03.02.03 – Микробиология (сельскохозяйственные науки); 03.02.08 – Экология (биологические и химические науки); 03.02.13 – Почвоведение (биологические, сельскохозяйственные и химические науки); 06.01.01 – Общее земледелие растениеводство (биологические и сельскохозяйственные науки); 06.01.04 – Агрохимия (биологические, сельскохозяйственные и химические науки); 06.01.07 – Защита растений (биологические и сельскохозяйственные науки). Одним из направлений публикаций благодаря этому стали исследования по оценке земель, а также в особо охраняемых природных территориях (заповедниках и национальных парках).

В 2010 г. опубликована статья Т. Ф. Персиковой и Н. Л. Почтовой «Эффективность смешанных посевов люпина со злаковыми культурами», в которой проанализирована продуктивность бобово-злаковой смеси (овес + пшеница + люпин) и дана экономическая, агрономическая и энергетическая характеристика применения агроприемов интенсификации технологии [56].

В 2015 г. очередной специальный номер журнала был посвящен 175-летию Белорусской ГСХА, в нем все страницы обложки посвящены академии, а начинается он исторической статьей тогдашнего ректора П. А. Саскевича [57]. В юбилейном номере также были представлены публикации сотрудников разных кафедр: агрохимии, почвоведения, защиты растений, мелиорации и водного хозяйства, плодоовощеводства, сельского строительства и обустройства территорий [58–66].

В 2019 г. была опубликована статья «Жизненный путь, достойный уважения», посвященная 90-летию со дня рождения многолетнего заведующего кафедрой почвоведения (1981–1998), доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного работника высшей школы БССР Анны Ивановны Горбылевой (1928–2015) [67].

При подготовке научных кадров кафедры почвоведения продолжает публикацию статей молодых ученых [68], которые впоследствии получают ученые степени и продолжают педагогический и творческий путь Белорусской государственной орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Прохорова, И. И. Из истории журнала / И. И. Прохорова // Химия в сельском хозяйстве. – 1993. – № 1–2. – С. 4–5.
2. Пирумова, Л. Н. Система информирования по вопросам экологически безопасных технологий в АПК / Л. Н. Пирумова, Л. К. Садовская // Агрохимический вестник. – 2017. – № 3. – С. 60–64.
3. Пирумова, Л. Н. Тезаурус как система отражения состояния предметной отрасли «Регуляторы роста» / Л. Н. Пирумова, И. А. Милевская // Агрохимический вестник. – 2018. – № 6. – С. 61–64.
4. Пирумова, Л. Н. Листая страницы издания: к юбилею журнала «Агрохимический вестник» / Л. Н. Пирумова // Агрохимический вестник. – 2019. – № 3. – С. 8–14.
5. Прохоров, И. С. От истории публикаций по агрохимии до юбилея научного журнала / И. С. Прохоров // Агрохимический вестник. – 2019. – № 3. – С. 3–7.
6. Осипов, А. И. История и практические аспекты известкования кислых почв в России / А. И. Осипов // Агрохимический вестник. – 2019. – № 3. – С. 28–36.
7. Ткачева, Е. В. «Агрохимический вестник» в базе данных Web of Science / Е. В. Ткачева, А. А. Ивановский // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 74–77.
8. Прохоров, И. С. История научных публикаций по агрохимии / I Никитинские чтения / И. С. Прохоров // Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах: материалы Международной научной конференции (19–22 ноября 2019 г.). – Пермь: ФГБОУ ВО «Пермский ГАТУ им. академика Д. Н. Прянишникова». – С. 459–465.
9. Прохоров, И. С. Из истории публикаций по агрохимии / И. С. Прохоров // Актуальные проблемы научного обеспечения земледелия Западной Сибири: сборник научных статей, посвященный 70-летию академика РАН Храмова Ивана Федоровича, 95-летию основания отдела земледелия (Омск, 5 февраля 2020 г.). – Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2020. – С. 99–108.
10. Прохоров, И. С. Роль научного журнала в освещении вопросов агрохимии, радиологии и агроэкологии (на примере истории журнала «Агрохимический вестник») / И. С. Прохоров // Ядерно-физические исследования и технологии в сельском хозяйстве:

(к 50-летию со дня образования ФГБНУ ВНИИ радиологии и агроэкологии): сборник докладов международной научно-практической конференции (Обнинск, 16–18 сентября 2020 г.). – Обнинск: ВНИИРАЭ, 2020. – С. 291–294.

11. Осипов, А. И. История научных исследований в агрохимии и перспективы применения удобрений в России / А. И. Осипов, В. П. Якушев, В. В. Якушев // Агрохимический вестник. – 2020. – № 2. – С. 73–80.

12. Прохоров, И. С. Первый номер журнала «Химия в сельском хозяйстве» / И. С. Прохоров // Агрохимический вестник. – 2021. – № 1. – С. 81.

13. Прохоров, И. С. 65 лет возобновления выпуска журнала «Удобрение и урожай» / И. С. Прохоров // Агрохимический вестник. – 2021. – № 1. – С. 82.

14. Кедров-Зихман, О. К. О значении примеси магния в известковых удобрениях / О. К. Кедров-Зихман // Удобрение и урожай. – 1930. – № 1. – С. 186–189.

15. Кедров-Зихман, О. К. Известкование на новые рельсы / О. К. Кедров-Зихман // Удобрение и урожай. – 1931. – № 1. – С. 10–14.

16. Кедров-Зихман, О. К. Состояние известкования и весенняя посевная кампания / О. К. Кедров-Зихман // Химизация социалистического земледелия. – 1932. – № 3–4. – С. 63–67.

17. Кедров-Зихман, О. К. Проблемы известкования в учении К. К. Гедройца / О. К. Кедров-Зихман // Химизация социалистического земледелия. – 1933. – № 1. – С. 41–48.

18. Кедров-Зихман, О. К. Сравнительная оценка методов определения гидролитической кислотности / О. К. Кедров-Зихман // Химизация социалистического земледелия. – 1933. – № 4. – С. 71–78.

19. Кедров-Зихман, О. К. Влияние состава поглощенных катионов на развитие ячменя и клевера / О. К. Кедров-Зихман, О. Э. Кедрова-Зихман // Химизация социалистического земледелия. – 1934. – № 12. – С. 9–21.

20. Кедров-Зихман, О. К. Применение известковых туфов / О. К. Кедров-Зихман, В. И. Виноградов // Химизация социалистического земледелия, 1935. – № 1. – С. 41–53.

21. Кедров-Зихман, О. К. О работе III Международного конгресса почвоведов / О. К. Кедров-Зихман // Химизация социалистического земледелия. – 1935. – № 11–12. – С. 13–26.

22. Кедров-Зихман, О. К. Роль известкования в борьбе за высокие урожаи социалистических полей / О. К. Кедров-Зихман // Химизация социалистического земледелия, 1936. – № 1. – С. 28–37.

23. Кедров-Зихман, О. К. К 80-летию академика А. Н. Баха / О. К. Кедров-Зихман // Химизация социалистического земледелия. – 1937. – № 5. – С. 29–32.

24. Кедров-Зихман, О. К. Итоги работ в области известкования подзолистых почв СССР и перспективы известкования в третьем пятилетии / О. К. Кедров-Зихман, С. С. Ярусов // Химизация социалистического земледелия. – 1937. – № 12. – С. 47–60.

25. Кедров-Зихман, О. К. Основные достижения в области агрохимии / О. К. Кедров-Зихман // Химизация социалистического земледелия. – 1938. – № 11. – С. 20–27.

26. Кедров-Зихман, О. К. К перспективам известкования в III пятилетии / О. К. Кедров-Зихман, С. С. Ярусов // Химизация социалистического земледелия. – 1939. – № 1. – С. 14–24.

27. Кедров-Зихман, О. К. К вопросу об отношении сераделлы к известкованию почвы / О. К. Кедров-Зихман, М. В. Данкова-Анохина // Химизация социалистического земледелия. – 1940. – № 4. – С. 46–55.

28. Кедров-Зихман, О. К. Научные основы известкования почвы / О. К. Кедров-Зихман // Удобрение и урожай. – 1956. – № 5. – С. 9–19.

29. Кедров-Зихман, О. К. О мероприятиях по известкованию кислых почв / О. К. Кедров-Зихман, Н. И. Алямовский // Удобрение и урожай. – 1956. – № 12. – С. 15–21.

30. Кедров-Зихман, О. К. Жизнь и деятельность Д. Н. Прянишника / О. К. Кедров-Зихман // Удобрение и урожай. – 1958. – № 5. – С. 32–36.
31. Кедров-Зихман, О. К. Действие микроэлементов на урожай сахарной свеклы и льна на слабокислых дерново-подзолистых почвах / О. К. Кедров-Зихман, В. П. Деева // Удобрение и урожай. – 1958. – № 11. – С. 36–39.
32. Кедров-Зихман, О. К. Научные основы и задачи известкования дерново-подзолистых почв / О. К. Кедров-Зихман // Удобрение и урожай. – 1959. – № 6. – С. 3–9.
33. Каликинский, А. А. Применение высоких норм азотных удобрений на сенокосах / А. А. Каликинский, С. М. Камасин // Химия в сельском хозяйстве. – 1970. – № 5. – С. 13–15.
34. Стрелков, В. Г. Применение микроудобрений на семенниках лядвенца рогатого / В. Г. Стрелков, В. Н. Азовцева // Химия в сельском хозяйстве. – 1970. – № 5. – С. 23–25.
35. Применение суперфоса и двойного суперфосфата под ячмень на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах Белоруссии / А. А. Каликинский [и др.] // Химия в сельском хозяйстве. – 1985. – № 5. – С. 63–65.
36. Ленточное внесение удобрений при возделывании кормовых культур / А. А. Каликинский [и др.] // Химия в сельском хозяйстве. – 1987. – № 10. – С. 46–48.
37. Каликинский, А. А. Оптимальное содержание подвижного фосфора и калия в дерново-подзолистых почвах / А. А. Каликинский, И. Р. Вильдфлуш // Химия в сельском хозяйстве. – 1990. – № 3. – С. 37–39.
38. Дробное внесение азотных удобрений под озимую рожь / А. А. Каликинский [и др.] // Химия в сельском хозяйстве. – 1990. – № 8. – С. 41–44.
39. Каликинский, А. А. Урожайность ячменя и клевера при удобрении / А. А. Каликинский, Т. Ф. Перскова // Химия в сельском хозяйстве. – 1990. – № 12. – С. 65–67.
40. Цыганов, А. Р. Применение биопрепаратов при возделывании гороха / А. Р. Цыганов, О. И. Вильдфлуш // Агрехимический вестник. – 2005. – № 5. – С. 26–29.
41. Вильдфлуш, И. Р. Талантливый ученый-агрехимик. Памяти А. А. Каликинского (1915–1993) / И. Р. Вильдфлуш, Т. Ф. Перскова // Агрехимический вестник. – 2006. – № 1. – С. 31–32.
42. Перскова, Т. Ф. Агрехимические аспекты повышения плодородия дерново-подзолистых почв / Т. Ф. Перскова // Агрехимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 3–5.
43. Горбылева, А. И. Почвенный поглощающий комплекс дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и урожайность сельскохозяйственных культур / А. И. Горбылева, В. Б. Воробьев, М. М. Комаров // Агрехимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 6–9.
44. Воробьева, Н. С. Разработка и внедрение методик почвенной и растительной диагностики в оптимизации азотного питания / Н. С. Воробьева // Агрехимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 9–11.
45. Цыганов, А. Р. Комплексное применение КАС с микроэлементами и фунгицидами при возделывании яровой тритикале / А. Р. Цыганов, И. Р. Вильдфлуш, С. М. Мижуй // Агрехимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 12–13.
46. Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения КАС с микроэлементами при возделывании озимой пшеницы / И. Р. Вильдфлуш, э. М. Батыршаев // Агрехимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 13–14.
47. Цыганов, А. Р. Применение микроудобрений, биопрепаратов и регуляторов роста при возделывании овса / А. Р. Цыганов, О. И. Мишура, С. З. Лабуда // Агрехимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 15–17.
48. Кукреш, С. П. Комплексное применение средств химизации при возделывании льна-долгунца / С. П. Кукреш, А. В. Шершнёв // Агрехимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 17–19.

50. Персикова, Т. Ф. Природный фитогормон гомобрассинолид – важный резерв повышения урожайности и качества льна-долгунца / Т. Ф. Персикова, А. А. Ходянков // *Агрохимический вестник*. – 2008. – № 1. – С. 19–21.
51. Ходянков, А. А. Влияние brassinosteroidов на устойчивость растений льна-долгунца к засухе / А. А. Ходянков // *Агрохимический вестник*. – 2008. – № 1. – С. 21–24.
52. Ходянкова, С. Ф. Изменение содержания цинка и бора в растениях льна-долгунца в зависимости от форм и доз микроудобрений / С. Ф. Ходянкова // *Агрохимический вестник*. – 2008. – № 1. – С. 25–27.
53. Царева, М. В. Влияние условий питания на азотфиксирующую способность люпина в чистых и смешанных посевах // *Агрохимический вестник*, 2008, № 1. – С. 27–29.
54. Ходянкова, С. Ф. Динамика потребления питательных элементов в онтогенезе льна-долгунца / С. Ф. Ходянкова // *Агрохимический вестник*. – 2008. – № 1. – С. 30–32.
55. Желязко, В. И. Приемы реабилитации техногенно загрязненных земель мелиорируемых ландшафтов / В. И. Желязко, Ю. А. Мажайский // *Агрохимический вестник*. – 2008. – № 1. – С. 32–34.
56. Персикова, Т. Ф. Эффективность смешанных посевов люпина со злаковыми культурами / Т. Ф. Персикова, Н. Л. Почтовая // *Агрохимический вестник*. – 2010. – № 1. – С. 17–19.
57. Саскевич, П. А. 175 лет в числе ведущих учреждений высшего образования стран СНГ и Европы / П. А. Саскевич // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 4. – С. 6–8.
58. Продуктивность и качество кукурузы и озимой тритикале при применении удобрений и регуляторов роста на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / И. Р. Вильдфлуш [и др.] // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 4. – С. 6–8.
59. Персикова, Т. Ф. Сортовая отзывчивость люпина узколистного на условия питания при возделывании на дерново-подзолистых почвах севера-востока Беларуси / Т. Ф. Персикова, М. Л. Радкевич // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 4. – С. 9–12.
60. Дуктов, В. П. Влияние уровня питания и предшественников на устойчивость к полеганию яровой твердой пшеницы / В. П. Дуктов, Н. А. Дуктова // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 4. – С. 13–16.
61. Вильдфлуш И. Р. Влияние новых форм удобрений на фотосинтетическую деятельность посевов и продуктивность овса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / И. Р. Вильдфлуш, О. В. Мурзова // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 4. – С. 17–19.
62. Желязко, В. И. Влияние минеральных удобрений и орошения дождеванием на урожайность японского проса в Северо-восточной части Республики Беларусь / В. И. Желязко, В. М. Лукашевич // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 4. – С. 20–23.
63. Саскевич, П. А. Сравнительная эффективность совместного применения фунгицидов и регулятора роста Экосил на посевах рапса ярового / П. А. Саскевич // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 4. – С. 24–27.
64. Почтовая, Н. Л. Эффективность регулятора роста Ростмомент на овощных культурах / Н. Л. Почтовая // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 4. – С. 28–30.
65. Миренков, Ю. А. Влияние совместного применения гербицидов и КАС на засоренность и урожайность кукурузы на зерно / Ю. А. Миренков, А. В. Паспуйев // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 4. – С. 31–34.
66. Копытовский, В. В. Агромелиоративные приемы по снижению накопления тяжелых металлов в почвах и растительной продукции / В. В. Копытовский // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 4. – С. 34–36.
67. Жизненный путь, достойный уважения / С. Д. Курганская [и др.] // *Агрохимический вестник*. – 2019. – № 1. – С. 52.
68. Персикова, Т. Ф. Совершенствование системы удобрения проса при возделывании в условиях северо-востока Беларуси / Т. Ф. Персикова, Ю. В. Коготько // *Агрохимический вестник*. – 2020. – № 5. – С. 28–32.

## ТРАКТОВКА ТЕРМИНОВ «ДЕГРАДАЦИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ» В СОВРЕМЕННЫХ НОРМАТИВНЫХ АКТАХ РОССИИ

В. И. ТИТОВА, д-р с.-х. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

*В статье дан анализ современных нормативных актов, принятых в Российской Федерации по вопросам организации оценочных работ при установлении фактов деградации земель и разработке рекомендаций по их рекультивации.*

*Ключевые слова:* деградация, рекультивация, техногенез и нарушенные земли.

Деградация земель в настоящее время представляет одну из важнейших социально-экономических проблем, которая создает угрозу экологической, экономической и в целом национальной безопасности России, нарушая способность почвенного покрова в выполнении общебиосферных функций [1] и вызывая снижение их плодородия [2]. Следствием деградации являются негативные последствия, возникающие при различного рода техногенных воздействиях на земли [3–5].

Цель исследования: анализ современных нормативных актов Российской Федерации в части организации процедуры оценки земель по направлению деградации и предложениям по их рекультивации; сравнение понятий и терминов по теме «деградация и рекультивация почв».

В процессе выполнения данной работы были проанализированы современные нормативные акты Российской Федерации, которые касаются вопросов трактовки терминов «нарушение земель», «деградация земель и почв», «рекультивация земель».

Постановлением Правительства РФ от 10.07.2018 г., № 800 утверждены «Правила проведения рекультивации и консервации земель» (далее *Правила*) и признаны утратившими силу два предыдущих постановления о рекультивации и консервации земель (Постановление Правительства РФ от 23 февраля 1994 г., № 140 «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы») и Постановление Правительства РФ от 02.10.2002 г., № 830 «Об утверждении Положения о порядке консервации земель с изъятием их из оборота»).

Соответственно, в связи с отменой Постановления № 140 потеряли свою актуальность и «Основные положения о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы», утвержденные приказом Минприроды РФ и Роскомзема от 22 декабря 1995 г., № 525/67», что, в свою очередь, привело к некоторым изменениям в понятийном аппарате.

Прежде всего, следует отметить, что в *Правилах* дана своя трактовка понятий «нарушенные земли» и «рекультивация земель», которая в некоторой мере отличается от той, что приведена в действующем документе – ГОСТ 17.5.1.01-83 «Рекультивация земель. Термины и определения» (на 2021 год не действует. Заменен на ГОСТ 59070-2020 «Рекультивация нарушенных и нефтезагрязненных земель. Термины и определения»).

Незадолго до этого появился еще один документ, в котором рассматриваются вопросы рекультивации земель. Он из серии «Национальные стандарты России», под общей рубрикой «Наилучшие доступные технологии» (далее *НДТ*), в нем дано определение понятий «нарушенные земли» и «рекультивация» – это ГОСТ Р 57446-2017 «Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия» (далее *НДТ-Рекультивация*), которое также в некоторой мере отличается от формулировок из последнего нормативного документа, т. е. *Правил*.

В таблице приведены формулировки этих понятий для каждого из вышеназванных документов, чтобы можно было более рельефно увидеть их сходства и различия.

Из приведенных формулировок наиболее точными и в наиболее полной степени отражающими суть проблемы являются формулировки документа из серии *НДТ* – ГОСТ Р 57446-2017 «Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия»: в сравнении с ГОСТ 17.5.1.01-83 по понятию «нарушенные земли» они профессионально более конкретны, а по понятию «рекультивация земель» отражают существо термина также профессионально, но более сжато.

В *Правилах* при формулировке термина «нарушенные земли» использован термин «деградация», которого нет ни в ГОСТ 17.5.1.01-83, ни в ГОСТ Р 57446-2017. Основным критерием наличия деградации земель при этом является нарушение нормативов качества окружающей среды, которые включают в себя нормативы отдельных ее компонентов (воздуха, воды, почвы) в соответствии с санитарно-эпидемиологическими показателями ПДК.

И хотя в этом же документе имеется расшифровка этого термина, как «ухудшение качества земель в результате негативного воздействия хозяйственной и (или) иной деятельности, природных и (или) антропогенных факторов», использование такого термина при трактовке понятия «нарушенные земли» не упрощает, а скорее, усложняет понятийный аппарат. Причиной этого является то, что деградация земель – очень емкое понятие, отражающее совокупность процессов, приводящих к изменению функций почв и снижению природно-хозяйственной значимости земель, которое по сути своей шире, чем просто «ухудше-



ние качества земель в результате негативного воздействия хозяйственной и (или) иной деятельности, природных и (или) антропогенных факторов».

**Трактовка понятий «нарушенные земли» и «рекультивация земель»**

ГОСТ 17.5.1.01-83	ГОСТ Р 57446-2017 – НДТ-Рекультивация	Правила..., 2018
<b><i>Нарушенные земли – это ...</i></b>		
Земли, утратившие в связи с их нарушением первоначальную хозяйственную ценность и являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду	Земли, утратившие первоначальное качественное состояние в результате хозяйственной или иной деятельности, а также чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера, нуждающиеся в восстановлении (рекультивации) в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием.	Земли, деградация которых привела к невозможности их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием
<b><i>Рекультивация – это ...</i></b>		
Комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народно-хозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества	Комплекс мероприятий, направленных на восстановление утраченного качественного состояния земель, достаточного для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием. Примечание: Рекультивация земель представляет собой мероприятия по предотвращению деградации земель и (или) восстановлению их плодородия посредством приведения земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в том числе путем устранения последствий загрязнения почв, восстановления плодородного слоя почвы, создания защитных лесных насаждений	Мероприятия по предотвращению деградации земель и (или) восстановлению их плодородия посредством приведения земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в т. ч. путем устранения последствий загрязнения почвы, восстановления плодородного слоя почвы и создания защитных лесных насаждений.

Деградация земель – это изменение объекта во времени, которое устанавливается сравнением количественных значений показателей на дату до начала воздействия со значением на дату после воздействия для одного и того же земельного участка. В ситуации же с констатацией негативного антропогенного воздействия на конкретный земельный участок (допустим, участок А) и конкретную дату (допустим, на 2021 г.) идет сравнение количественных показателей не во времени, а

пространстве, так как за точку сравнения принимается значение показателей, характеризующих фоновый земельный участок (допустим, участок Б – аналогичный участку обследования по условиям залегания и, в некоторой мере, условиям эксплуатации, но все-таки это другой участок).

При этом значения определяемых показателей по фоновому участку на дату завершения воздействия (2021 г.) принимаются равными значениям на начало воздействия (допустим, на 2017 г.), причем как по участку А, так и по участку Б, что методически нельзя признать абсолютно верным.

Кроме этого, в соответствии с действующими «Методическими рекомендациями по выявлению деградированных и загрязненных земель» (утв. Комитетом Российской Федерации по земельным ресурсам и землеустройству 27.03.1995 г., № 3-15/582), нарушение земель – это лишь один из подтипов технологической деградации земель, куда наравне с нарушением включены физическая (или сельскохозяйственная) деградация и агроистощение. Отдельными типами деградации при этом выделены эрозия, засоление и заболачивание земель.

Согласно проведенному исследованию, установлено следующее:

- термин «деградация» шире, чем термин «нарушение почв», с чем невозможно не согласиться;
- документ **НДТ-Рекультивация** в большей степени ориентирован именно на нарушенные почвы;
- **Правила** – документ более общий, декларирующий концептуальные позиции процедуры проведения рекультивации земель.

Дополнительным подтверждением этого тезиса является то, что документ **НДТ-Рекультивация** содержит более полное описание отдельных этапов процедуры рекультивации земель, в том числе специфических для отдельных направлений рекультивации земель разного целевого назначения. Например, здесь достаточно подробно описаны принципы обследования земельных участков на предмет выявления нарушенных территорий, подлежащих рекультивации (п. 6), пристальное внимание обращено также на содержательную часть биологического этапа рекультивации (п. 11.5).

Что касается формулировки термина «рекультивация земель», то в **Правилах** она дословно повторяет примечание к трактовке этого понятия в ГОСТ Р 57446-2017 и в целом может быть признана полной и конкретной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства РФ от 10.07.2018 г., № 800 Правила проведения рекультивации и консервации земель. – М., 2018.
2. Титова, В. И. Подходы к выбору показателей и опыт оценки способности почвенного покрова к выполнению общебиосферных функций / В. И. Титова // Аграрная

наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – Т. 67. – № 6. – С. 4–16. doi: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.04-16.

3. Титова, В. И. Анализ нормативных актов в практике применения природоохранного законодательства в АПК России / В. И. Титова // Агрехимический вестник. – 2019. – № 3. – С. 15–20. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10036.

УДК 631.4

## **РОЛЬ И МЕСТО ПОЧВЫ В «ЗЕЛеноЙ» ЭКОНОМИКЕ В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА: ВАЖНОСТЬ АДЕКВАТНОЙ ОЦЕНКИ**

Д. М. ХОМЯКОВ, канд. биол. наук, д-р техн. наук, профессор

ФГБУ ОУ ВО «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова»,  
г. Москва, Российская Федерация

*Показано, что оценка климатических проектов, направленных на реализацию целей устойчивого развития, на глобальном и на национальном уровне должна включать почву и почвенный покров, как возможный поглотитель и аккумулятор углекислого газа. Необходимо учитывать, что лес, как и любой растительный покров, не существует без почвы, являющейся системообразующей частью всех наземных природно-территориальных комплексов. Деградация и декарбонизация почв способствует поступлению парниковых газов в атмосферу. Предложена формулировка понятия почвы для законодательного определения.*

**Ключевые слова:** почвенный покров, почва, климатические проекты, верификация, устойчивое развитие. «зеленая» экономика.

Существует неразрывная связь между факторами почвообразования, внутренними процессами в почве, ее свойствами и внешними функциями (или экологическими функциями). В почве обитает около 1 млн видов живых существ или 92–93 % от всех известных видов. Это объект, где сосредоточена, поддерживается и сохраняется основа жизни на Земле – биологическое (генетическое) разнообразие, сформировавшееся в результате эволюции.

Почва – уникальное природное тело, где присутствует живая и неживая материя, и одновременно происходят два процесса: осуществляются большой геологический и малый биологический круговорот химических элементов и веществ. Через почву с разной скоростью проходят, в ней трансформируются (превращаются, разлагаются, разрушаются) и в ней накапливаются (задерживаются) практически все имеющиеся на Земле вещества.

Почва – глобальный самоочищающийся и самовосстанавливающийся естественный биосферный фильтр. От его работы зависят темпы поступления тех или иных химических соединений (элементов) в атмосферу и гидросферу, их планетарный баланс. Газообразная часть почвы или почвенный воздух заполняет незанятые водой поры. Его

состав непостоянен и зависит от характера протекающих в почве. химических, биохимических и биологических процессов. В него входят  $N_2$  (и окисленные формы азота),  $O_2$ ,  $CO_2$ , в меньших количествах – благородные газы и летучие органические соединения, в гидроморфных почвах – также  $CH_4$  и  $H_2$ . Количество  $CO_2$  в почвенном воздухе существенно варьирует в годовом и суточном циклах вследствие различной интенсивности выделения их микроорганизмами и корнями растений. Газообмен происходит в результате диффузии  $CO_2$  в атмосферу, а  $O_2$  в противоположном направлении, а также конвективного переноса газов и их транспортировки в растворенном виде.

Установлена важнейшая роль почвы в глобальном цикле углерода и ее влияние на поступление в атмосферу углекислоты или связывание этого элемента в составе почвенных органических соединений, надземной и подземной биомассе и мортмассе. Аналогично для азота. Почвенное органическое вещество, после Мирового океана, является вторым по величине хранилищем углерода планеты, а ежегодная антропогенная эмиссия углерода сравнима всего лишь с величиной, составляющей 0,4 % от его суммарного запаса в двухметровом слое почв.

Климатическая конференция в Глазго (COP26) закончилась 12 ноября текущего года. На ней были приняты ряд заявлений, деклараций и пресс-релизов: «Декларация Глазго по лесам и землепользованию» и «Обязательство по глобальному финансированию лесного хозяйства. Финансирование защиты, восстановления и устойчивого управления лесами» подтверждают обязательства стран-подписантов в отношении устойчивого землепользования, а также сохранения, защиты, устойчивого управления и восстановления лесов и других наземных экосистем. Для достижения целей в области землепользования, климата, биоразнообразия и устойчивого развития как на глобальном, так и на национальном уровнях потребуются дальнейшие действия во взаимосвязанных областях производства и потребления, развития инфраструктуры, торговли, финансов и инвестиций.

В документе не упомянута почва. Хотя именно сохранение экологических функций почвенного покрова, его состояние на территориях, вводимых в сельскохозяйственное использование или выводимых из него, определяют степень и время наступления экологических рисков, а также рисков и угроз обеспечению продовольственной безопасности.

«Совместное заявление многосторонних банков развития: природа, люди и планета». Биосфера и биоразнообразия, играют решающую роль в предоставлении ресурсов и услуг, лежащих в основе ее функционирования и жизнеобеспечения человека: его здоровья и благополучия; экономического роста, создания новых рабочих мест, получения средства к существованию; достижения продовольственной безопасности и высокого качества компонентов окружающей среды – возду-

ха, воды и почвы. Биосфера играет решающую роль в регулировании климатических параметров, действуя как поглотитель углерода, способствуя адаптации разнообразных экосистем к изменению климата за счет функционирования, ослабляющего внешнее воздействие.

Пресс-релиз, выпущенный от имени председательства Великобритании в СОР26 «Государства и бизнес обязуются создавать устойчивое сельское хозяйство и землепользование». Двадцать шесть стран взяли на себя новые обязательства по изменению своей сельскохозяйственной политики, чтобы сделать ее более устойчивой и менее загрязняющей, инвестировать в научные исследования, необходимые для обеспечения устойчивого агропроизводства и продовольственной безопасности в условиях изменения климата. (РФ среди подписавших этот документ стран отсутствует). Примеры национальных обязательств:

- Бразилия планирует расширить свою программу низкоуглеродного земледелия ABC + до 72 млн га, сократив 1 млрд тонн выбросов к 2030 году.
- Планы Германии по снижению выбросов от землепользования на 25 млн тонн к 2030 году.
- Цель Великобритании к 2030 году привлечь 75 % фермеров к низкоуглеродным технологиям.

Великобритания объявила о выделении 500 млн. фунтов стерлингов для поддержки реализации Дорожной карты по лесной, сельскохозяйственной и товарной торговле (ФАСТ), в рамках которой 28 стран совместно работают над защитой лесов, одновременно способствуя развитию торговли. Обязательства, взятые сегодня странами, помогут реализовать «Декларацию Глазго по лесам и землепользованию», одобренную 134 странами, в которых содержится 91 % площадей всех мировых лесов. Декларация направлена на то, чтобы к 2030 году остановить и обратить вспять процесс исчезновения лесов и деградации земель. Должна прекратиться вырубка лесных насаждений для нужд сельского хозяйства, в том числе для производства сои, пальмового масла и какао.

О поглощающем потенциале различных экосистем и балансе парниковых газов, президент РФ В. В. Путин говорил на предшествовавшем конференции СОР26 в Глазго саммите G20 в Риме. «Россия, как и другие страны, испытывает на себе – именно на себе – негативные последствия глобального потепления, и вот почему: мы сталкиваемся с опустыниванием, эрозией почв, особенно нас беспокоит таяние вечной мерзлоты, на которую приходится значительный объем нашей территории. Отмечу, что и среднегодовая температура в России растет быстрее общемировой – более чем в 2,5 раза. За 10 лет она увеличилась почти на полградуса. В Арктике скорость потепления, как вы знаете, еще выше.

Подчеркнем также, что для решения проблемы глобального потепления просто сокращать объемы выбросов, на наш взгляд, недостаточно. Нужно наращивать поглощение парниковых газов, а здесь у России, как и у ряда других стран, колоссальные возможности – это поглощающий потенциал наших лесов, тундры, сельскохозяйственных земель, морей, болот.

Чтобы в полной мере использовать такой имеющийся потенциал, мы планируем существенно повысить качество управления лесами, увеличивать площади лесовосстановления, расширять территории нетронутой природы, внедрять новые агротехнологии».

На самой конференции В. В. Путин развил этот тезис. «Убежден, сохранение лесов и других природных экосистем является одной из ключевых составляющих международных усилий по решению проблемы глобального потепления, сокращению эмиссии парниковых газов. Эта тема органично вписывается в многоплановую повестку дня Климатической конференции в Глазго.

Поставив задачу построения углеродно-нейтральной экономики не позднее 2060 года, Россия опирается, в том числе, и на уникальный ресурс имеющихся у нас лесных экосистем, их значительный потенциал по поглощению углекислого газа и выработке кислорода. Ведь в нашей стране расположено около 20 % всех мировых лесных массивов».

Лес, как и любой растительный покров, не существует без почвы. Она является основой существования всех наземных экосистем определенного территориального уровня. Почва представляет собой открытую, динамическую и многофазную систему. В ней постоянно происходят различные почвообразовательные процессы, которые обычно делятся на неспецифические и специфические. Неспецифические – простые физические, химические и биохимические процессы, связанные с поступлением, потерей, перемещением и преобразованием вещества в почве (замерзание и оттаивание, набухание и сжатие, окисление и восстановление и др.).

Собственно почвенные или элементарные почвенные процессы, характерны только для почв или их отдельных групп. Некоторые получили собственные названия: образование степного войлока, лесной подстилки, торфонакопление – аккумуляция органических остатков, а, следовательно, и связанного углерода, на поверхности почвы; гумусово-аккумулятивный (дерновый) процесс – накопление гумуса в верхних горизонтах; засоление – выпадение солей из раствора в почве (в том числе карбонатов, в них также присутствует связанный углерод) и иные. С ростом аридности территории и климата соотношение запасов Сгум/Скарб в метровом слое почв снижается, становясь меньше 1.

ФАО с 2017 года позиционирует глобальную карту запасов углерода в почвах мира. Глобальный почвенный покров – самый крупный

наземный поглотитель углерода из атмосферы. Усиление этой роли могло бы значительно компенсировать рост концентрации углекислого газа в атмосфере [3].

На глобальной карте, иллюстрирующей суммарное количество органического углерода в почве в слое 0–30 см, выделяются как территории с высоким содержанием углерода, близким к насыщению, так и области, где существует потенциал для дальнейшей секвестрации (стока) его из атмосферы.

Судя по карте, в указанном верхнем слое содержится около 680 млрд. т углерода – почти вдвое больше, чем в нашей атмосфере. Это значительно больший объем по сравнению с углеродом, хранящимся во всей растительности мира, а именно 560 млрд т.

По данным ФАО более 60 % от этих 680 млрд т углерода сосредоточено всего в десяти странах. В порядке убывания: Россия, Канада, США, Китай, Бразилия, Индонезия, Австралия, Аргентина, Казахстан и Демократическая Республика Конго. Деградация одной трети площадей мировых почв уже вызвала значительный выброс углерода в атмосферу. Их восстановление может привести к поглощению до 63 млрд т углерода, что в значительной степени будет способствовать смягчению последствий изменения климата.

Заметим, что в России гумусовый слой ряда почв, в том числе черноземов, значительно больше первых 30 см. Следовательно, и суммарные запасы углерода в них выше [1, 2 и др.].

Распоряжением Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р «Об утверждении стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года» предписано органам исполнительной власти субъектов РФ, органам местного самоуправления руководствоваться ее положениями при разработке и реализации региональных программ и иных документов.

В разделе «Поглощающая способность» рекомендовано в сельском хозяйстве сокращать потери почвенного углерода на пашнях, обеспечить накопление углерода в почвах лугов, пастбищ и залежей, осуществлять рекультивацию нарушенных земель.

Мероприятия по реализации стратегии включают дифференцированное внесение агрохимикатов, развитие «точного» земледелия (использование наилучших доступных технологий в сельском хозяйстве), применение дистанционного зондирования Земли из космоса для наблюдения за состоянием почв и мониторинга посевов; обеспечение накопления углерода в почвах сельскохозяйственных земель.

Для привлечения внебюджетных средств в проекты, направленные на реализацию национальных целей развития, принято Постановление Правительства РФ от 21.09.2021 № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской

Федерации и требований к системе верификации проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации». В нем выделены отраслевые и инфраструктурные блоки. Критерии разработаны для стимулирования инвестиционной деятельности в проекты, связанные с положительным воздействием на окружающую среду, совершенствованию социальных отношений и иных направлений устойчивого развития РФ. Они установлены для зеленых проектов (предусматривающие, в частности создание или модернизацию производств по обращению с отходами, инфраструктуры для генерации энергии на возобновляемых источниках, сельское хозяйство и т. д.), а также для адаптационных проектов (модернизация действующих объектов по добыче полезных ископаемых, модернизация очистных сооружений, сельское хозяйство и пр.). Постановление содержит требования и к системе верификации проектов.

1. Критерии зеленых проектов (таксономия зеленых проектов).

8. Сельское хозяйство.

8.1. Закупка с целью использования минеральных удобрений, позволяющих повысить эффективность усвоения питательных компонентов и сокращающих поступление вредных веществ в почву и грунтовые воды, а также парниковых газов при использовании в сельском хозяйстве: эффект на окружающую среду и климат определяется инициатором и подтверждается верификатором.

8.2. Создание и модернизация ирригационной инфраструктуры для эффективного орошения сельскохозяйственных земель: эффект на окружающую среду и климат определяется инициатором и подтверждается верификатором.

8.3. Создание и модернизация инфраструктуры использования сточных вод для сельскохозяйственных целей: подготовленная для орошения и удобрения земель вода соответствует требованиям санитарного законодательства.

8.4. Реализация проектов, основанных на технологиях нулевой обработки сельскохозяйственных земель: без дополнительных критериев.

8.5. Реализация проектов, направленных на увеличение сева многолетних бобовых сельскохозяйственных культур с замещением сева иных культур: эффект на окружающую среду и климат определяется инициатором и подтверждается верификатором.

8.6. Реализация проектов сельскохозяйственного земледелия на деградированных землях: эффект на окружающую среду и климат: определяется инициатором и подтверждается верификатором

8.7. Реализация проектов в животноводстве, основанных на технологиях снижения выделения  $\text{CH}_4$  при пищеварительном процессе крупного рогатого скота: для существующих производств – сокращение выделения  $\text{CH}_4$  более чем на 20 %; для новых производств – эф-



фekt на окружающую среду и климат определяется инициатором и подтверждается верификатором.

8.8. Реализация проектов, направленных на снижение загрязняющих веществ диффузного стока с сельскохозяйственных земель: эффект на окружающую среду и климат определяется инициатором и подтверждается верификатором.

II. Критерии адаптационных проектов (таксономия адаптационных проектов).

6. Сельское хозяйство.

6.1. Создание и модернизация инфраструктуры хранения и переработки продукции сельского хозяйства (в том числе элеваторы, сушилки, холодильные установки и другое): для действующих производств – снижение выбросов CO<sub>2</sub> не менее чем на 20 %; для новых производств – эффект на окружающую среду и климат определяется инициатором и подтверждается верификатором; снижение выбросов CO<sub>2</sub> должно составлять не менее чем 20 % в сравнении с выбросами аналогичных объектов на территории РФ.

6.2. Создание и модернизация инфраструктуры складирования и длительного хранения навоза, в том числе с целью выделения и использования CH<sub>4</sub> в качестве возобновляемого источника энергии: без дополнительных критериев.

6.3. Производство и закупка новой сельскохозяйственной техники, реализация проектов, направленных на снижение выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве: для действующих производств – снижение выбросов CO<sub>2</sub> не менее чем на 20 %; для новых производств – эффект на окружающую среду и климат определяется инициатором и подтверждается верификатором.

6.4. Реализация проектов по химической мелиорации кислых и засоленных сельскохозяйственных земель с применением фосфогипса или извести с целью улучшения химических и физических свойств почв: восстановление нейтрального кислотно-щелочного баланса почвенного раствора pH = 6,5–7,0 за счет нейтрализации накапливающихся в почве солей и кислот соответствующим химическим мелиорантом.

Распоряжением Минприроды России от 19.05.2021 № 16-р «Об утверждении Типового паспорта климатической безопасности территории субъекта Российской Федерации» предусмотрено, что он предназначен для определения потенциальных рисков для секторов экономики и социальной сферы, связанных с природными явлениями, в том числе, засолением почв, деградацией лесов и земель, уменьшением биоразнообразия, опустыниванием в данном субъекте РФ.

В Распоряжении Правительства РФ от 22.10.2021 № 2979-р «Об утверждении перечня парниковых газов, в отношении которых осуществляется государственный учет выбросов парниковых газов и

ведение кадастра парниковых газов» есть: диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ), его коэффициент пересчета величины выбросов парниковых газов в эквивалент диоксида углерода (на горизонте 100 лет) равен 1; метан ( $\text{CH}_4$ ) с коэффициентом 25 и закись азота (монооксид диазота,  $\text{N}_2\text{O}$ ) с коэффициентом 298, а также иные, нехарактерные для почвенных процессов газы, – гексафторид серы, гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ), трифторид азота.

Очевидно, что верификация проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития, оценка баланса поглощения и эмиссии парниковых газов, расчет величин углеродного следа продукции невозможен без учета свойств почвы и процессов в ней происходящих. Проблема в том, что в данный момент в российском правовом поле отсутствует полноценное, научно обоснованное и легальное (юридически значимое), общеправовое, точное, однозначное, дефинированное, устоявшееся, неконтекстное определение почвы и ее плодородия как фундаментального уникального свойства.

В решении Президиума Совета законодателей РФ при Федеральном Собрании РФ от 18.12.2020 «О мерах по обеспечению плодородия земель сельскохозяйственного назначения» выделено ряд проблем, препятствующих эффективному обеспечению плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения: отсутствие полной и достоверной информации о них, их границах и качественных характеристиках. Нет единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения. Землеустройство, как комплекс мероприятий по изучению состояния почв, планированию и организации их рационального использования и охраны, пока неэффективно. Земли сельскохозяйственного назначения используются не по назначению с последующим ухудшением их состояния. Присутствует недостаточное нормативно-правовое регулирование своевременного выявления изменения состояния плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и его оценки. Предложено законодательно определить понятия почвы и ее плодородия как фундаментального уникального свойства.

Мы считаем, что оно бы могло бы быть сформулировано следующим образом.

Почва – компонент природной среды, природное тело, образующееся и изменяющееся с течением времени на суше в результате преобразования поверхностных слоев земной коры под совместным воздействием климата, рельефа, живых организмов. Представляет собой совокупность почвенных горизонтов, появляющихся в процессе почвообразования и формирующих почвенный профиль или почвенный слой, который несет на себе растительный покров земли; состоит из минеральных и органических частей, характеризуется плодородием,

структурой и свойствами, необходимыми для существования растений, животных и микроорганизмов, жизнеобеспечения и деятельности человека.

К понятию «почва» не относятся торф, песок, грунт ниже почвенного слоя, компост, а также искусственно созданная среда обитания растений.

Или короткий вариант: почва – компонент природной среды, состоящий из минеральных и органических частей, характеризующийся почвенным слоем, плодородием, структурой и свойствами, обеспечивающими жизнедеятельность растений, животных и микроорганизмов. К понятию «почва» не относятся торф, песок, грунт ниже почвенного слоя, компост, а также искусственно созданная среда обитания растений.

Положение можно было бы исправить, внося данное определение в проект федерального закона № 1232063-7 «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения». В настоящее время этот законопроект представлен Правительством РФ, а 26.10.2021 принят Государственной Думой в первом чтении. Он был разработан во исполнение указания Президента РФ от 14.05.2020 № Пр-817. Сам же закон следует назвать Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия **почв** земель сельскохозяйственного назначения».

Ранее принято Постановление Правительства РФ от 14.05.2021 № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации». Оно вступает в силу с 01.01.2022. Она предполагает финансирование (по паспорту) в объеме 754 млрд рублей на 10 лет, 538 млрд рублей – из федерального бюджета. Инвентаризация земель будет проведена в 83 регионах, начиная с 2022 года. Это первая, и главная, часть работ по вовлечению в оборот 13,2 млн га ранее использовавшихся сельскохозяйственных угодий.

Задача – выявить конкретные земельные участки, которые больше всего подходят для сельского хозяйства. Затем планируется осуществить комплекс мероприятий: агрохимические и экологотоксикологические исследования, подготовку проектов межевания и кадастровые работы, реконструкцию мелиоративных и гидротехнических сооружений, восстановление и развитие мелиоративных систем. Все это требует цифровых проектных решений на единой картографической основе.

Кроме вовлечения в оборот, программа подразумевает сохранение и восстановление мелиорированных почв на площади не менее 3,6 млн. га. В планах – реконструкция и новое строительство осуши-

тельных и оросительных систем, культуртехнические работы по ликвидации древесно-кустарниковой растительности.

Затем планируется продолжить работу и приступить к реализации второй очереди программы с целью ввести в оборот все заброшенные земли, после ее реализации площадь пашни может достичь уровень 1990 года – 132 млн га или 116 млн га по данным Росреестра и Росстата на сегодняшний день? Правда, во внесенном в Государственную Думу проекте очередного федерального бюджета, расходы на реализацию уже имеющейся программы в 2022–2024 годах урезаны на треть, со 142,6 млрд рублей до 94,3 млрд рублей. Так что расчетные объемы и скорости выполнения даже первой очереди, а также достижения плановых показателей пока не подкреплены должным финансированием.

Постановление Правительства РФ от 21.09.2020 № 1509 «Об особенностях использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения» фактически стимулирует нецелевое использование хозяйствующими субъектами земель сельскохозяйственного назначения, в том числе существенно затрудняет изъятие земельных участков сельскохозяйственного назначения по этому основанию. Тем более что эта деятельность осуществляется в уведомительном порядке на уровне субъекта федерации.

Допускается создание лесных плантаций и их эксплуатация, переработка древесины и иных лесных ресурсов. Установлено требование по проведению мероприятий по воспроизводству лесов на землях сельскохозяйственного назначения. Это входит в противоречие с приведенным выше постановлением.

Как оценить различные виды использования земель с точки зрения климатических проектов? Пока это не сделано и методики отсутствуют. Соответствующая экспертиза и верификация не проводилась. Хотя существует проект Приказа Минэкономразвития РФ «Об утверждении критериев и порядка отнесения проектов, реализуемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями или физическими лицами, к климатическим проектам, формы и порядка представления отчета о реализации климатического проекта». Он подготовлен в рамках реализации частей 2 и 4 статьи 9 Федерального закона от 02.07.2021 № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов».

В нем предусмотрены критерии: соответствие принципам и целям устойчивого и сбалансированного развития экономики РФ; соответствие требованиям федерального и регионального законодательства; сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов и/или увеличение их поглощения. Проект содержит порядок: отнесения проектов к климатическим и представления отчета о его реализации, выполненного по установленной форме. По плану приказ должен вступить в силу с 30.12.2021.

Россия имеет максимальную площадь почвенного покрова сравнению с другими странами – не меньше 14,5 млн км<sup>2</sup>, а по некоторым оценкам – все 15,9 млн км<sup>2</sup> (или 93 % от общей земельной площади страны – 17,1 млн км<sup>2</sup>). Почвенный фонд страны составляет 12 % от общемирового. Почвенные ресурсы – это активы, постоянно растущие в цене, которые могут стать основой развития новой низкоуглеродной «зеленой» экономики, «климатически нейтрального» сельского хозяйства, ведения бизнеса и корпоративного управления по стандартам ESG (Environmental, Social, Governance). С учетом новой реальности (карбонный след продукции, трансграничное углеродное регулирование, формирование глобального рынка углеродных единиц и т. д.) необходимо обеспечить адекватную и справедливую оценку почвы, как национального богатства, по разработанным и утвержденным стандартам, методикам и документам. Скорее всего, проекты этих документов нужно будет сначала создавать на национальном уровне, а затем добиваться их международного принятия и признания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов, Д. С. Органическое вещество почв Российской Федерации / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, Н. И. Суханова. – М.: Наука, 1996. – 256 с.
2. Семенов, В. М. Почвенное органическое вещество В. М. Семенов, Б. М. Когут. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.
3. FAO and ITPS. 2020. Global Soil Organic Carbon Map V1.5: Technical report. – Rome: FAO, 2020. – 169 p. – <https://doi.org/10.4060/ca7597en>.

УДК 631.4

### ЗДОРОВЬЕ ПОЧВЫ – ПОНЯТИЕ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

В. С. ЦХОВРЕБОВ, д-р с.-х наук, профессор  
Ставропольский государственный аграрный университет,

г. Ставрополь, Российская Федерация

*Состояние здоровья почвы не может быть связано только с состоянием живой фазы. Оно определяется целым комплексом ее состава и свойств, претерпевающих трансформацию в результате действия негативных факторов. Определено понятие «здоровой» и «больной» почвы и негативных признаков. При оценке здоровья почв сравнение целинных почв и почв агроценозов справедливо для физических, физико-химических, водных (и т.д.) свойств. Когда сравниваются микробиологические показатели необходимо оперировать параметрами качественного различия.*

**Ключевые слова:** здоровые почвы, больные почвы, негативные признаки, минералогия, физика почвы, микроорганизмы.

В последнее время в практике почвоведения появился новый термин – «Здоровье почвы» [1]. Казалось бы, здоровье свойственно только живому организму, которым почва не является. Она жилище для живых

организмов и одновременно их столовая. Но важен не сам термин, а то, какое понятие мы в него вкладываем.

Среди ученых, занимающихся этим направлением исследований, бытует мнение, что если мы говорим о здоровье почвы, то это связано только с ее живой фазой [5]. Если в почве появились возбудители различных заболеваний или нарушается естественный баланс-соотношение всех групп микроорганизмов, то тогда почва больна. К примеру, профессор М. В. Соколов [4] утверждает, что «Здоровье почвы – это функциональная биологическая категория почвенной экосистемы, характеризующаяся метаболизмом и катаболизмом соединений биофильных элементов, включая ее самоочищение от вредных (для биоты) веществ и чужеродных геобионтов». По его мнению, состояние здоровья почвы в основном определяется структурой и функциями ее геобионтов. Поэтому, заключает он, завершающая биогеохимическая роль гетеротрофов почвы в деструкции и минерализации продукции автотрофов – это один из важнейших параметров здоровья почвы.

Естественно можно согласиться, что «это один из важнейших параметров здоровья почвы», приводящий к снижению продуктивности сельскохозяйственных угодий [2, 3]. Но только один из параметров. А где же учет всех остальных показателей состава и свойств почвы, которые претерпевают существенные изменения под действием как естественных, так и, в основном, антропогенных факторов. К примеру такие негативные процессы, как засоление, осолонцевание, слитизация, эрозия, обеднение элементами питания, трансформация минеральной основы почв и т. д и т. п. разве не приводят к существенному снижению плодородия почв, количеству и качеству получаемого урожая. По нашему мнению, все показатели состава и свойств почвы могут характеризовать состояние ее здоровья [6]. Важно понимать, что такое здоровая или больная почва. Предлагаются следующие определения:

**Здоровые почвы** – это почвы, обладающие характерными зональными или интразональными признаками (составом, свойствами, функциональными связями), приобретенными в результате естественного почвообразовательного процесса. На самом деле почвы могут быть разными по уровню плодородия и не совсем обязательно, чтобы здоровые почвы одного типа были белее плодородны больных почв, но другого типа. Важно, что их образование и теперешнее состояние определялось комплексом почвообразующих факторов и условий, характерных для данной местности.

**Больные почвы** – это почвы с приобретенными негативными признаками (в результате природной или антропогенной нагрузки), не свойственными для естественных зональных и интразональных почв. Здесь можно учитывать все негативные факторы, перечисленные вы-

ше. Почвы могут приобретать высокую плотность, бесструктурность, подкисление или подщелачивание, засоление, обеднение, трансформацию водных, воздушных, тепловых свойств, ну и конечно изменение состояния живого вещества в негативную сторону. Важно отметить, что это касается как зональных, так и интразональных почв.

**Негативные признаки** – это любые показатели состава и свойств почв, которые обуславливают снижение количества и качества, получаемой растительной продукции. Они могут также отрицательно влиять на здоровье человека и животных.

**Факторы**, обеспечивающие появление негативных признаков:

**физические** – слитизация, уплотнение, обесструктурирование, снижение пористости, водопроницаемости и т. д.;

**химические** – засоление, снижение содержания элементов питания, загрязнение пестицидами, радионуклеидами, тяжелыми металлами и т. д.;

**физико-химические** – трансформация ППК (почвенно-поглощающего комплекса), изменения рН и ОВП (Eh), осолонцевание, оглеение и т. д.;

**биологические** – нарушение баланса между различными группами микроорганизмов, значительное увеличение патогенной и токсинообразующей микрофлоры, снижение количества супрессивной микрофлоры, а также резкое снижение численности или отсутствие почвенной фауны (к примеру дождевых червей).

Предлагаются следующие критериальные показатели оценки отклонения от константных, типичных показателей в отрицательную сторону: для минералогических (состава глинистых минералов), агрохимических и физико-химических значений – на 20 % и выше, для физических, водных, воздушных свойств – на 30 % и выше; для биологических параметров – увеличение численности патогенной (встречаемость более 50 %) и токсинообразующей (встречаемость более 60 %) микрофлоры, снижение количества супрессивной микрофлоры (встречаемость менее 20 %). Конечно, все эти параметры должны еще уточняться.

Для сравнения с агроценозами можно брать почвы естественных ценозов. Так как больше всего страдают почвы степной зоны, то это может быть целина, непосредственно сопряженная с пашней. Для оценки степени изменения биологических показателей сопоставление количества микробиоты целины и пашни нецелесообразно. По многолетним исследованиям кафедры почвоведения Ставропольского ГАУ среднегодовая численность микроорганизмов на пашне выше, чем на целине при значительной вариабельности показателя по фазам вегетации сельскохозяйственных культур (В. С. Цховребов и др., 2029). Сле-

довательно, в данном случае необходимо опираться на изменение качественных показателей.

С производственной точки зрения необходимо знать состояние здоровья почвы в агроценозах. Это нужно для прогнозирования возможных последствий снижения почвенного плодородия, ее масштабов, а также выработке эффективных мер по восстановлению и повышению почвенного плодородия.

Для примера можно привести изменение состава глинистых минералов (табл. 1) целинных и пахотных угодий чернозема обыкновенного карбонатного мощного малогумусного тяжелосуглинистого на лессовидном суглинке [7].

Таблица 1. Состав глинистых минералов чернозема обыкновенного, %

Горизонт		Состав глинистых минералов					
целина	пашня	монтмориллонит		гидрослюды		каолинит	
		целина	пашня	целина	пашня	целина	пашня
Ад	Апах	–	22	69	45	31	33
А	А	9	14	60	58	31	28
АВ	АВ	8	7	55	62	36	30
В	В	8	9	54	59	38	32
ВС	В <sub>2</sub>	21	16	54	52	24	31
С	ВС	26	25	45	45	29	30

Как видно из приведенных данных, минералы группы монтмориллонита отсутствуют на целине в верхнем горизонте. Появляются в горизонте А и их всего 9 %. Вниз по профилю количество монтмориллонитов возрастает только в горизонте ВС и материнской породе. Минералы данной группы обуславливают слитость и уплотнение почв.

На пашне в пахотном горизонте монтмориллонитов 22 %. По утверждению многих ученых, увеличение содержания минералов данной группы до 20 % и выше вызывает слитизацию почв. Она становится непохожей на свои естественные аналоги. Почва больна.

Физические свойства черноземов значительно изменяются при вовлечении их в пашню [7]. Увеличивается плотность почв агроценозов по сравнению с целиной на 20 % и более в летний период.

Показатели плотности чернозема обыкновенного, характеризующиеся как хорошие, на целине становятся неудовлетворительными на пашне (табл 2). На черноземе выщелоченном и солонцевато-слитом переходят соответственно из удовлетворительных в крайне не удовлетворительные или в переуплотненные по классификации И. С. Кауричева. Почвы больны по этому показателю.



Таблица 2. Физические свойства черноземов

Название почвы	Угодья	Сроки	dv, г/см <sup>3</sup>	P <sub>общ.</sub> , %	Kc
Чернозем обыкновенный	целина	весна	1,19	53,3	8,2
		лето	1,25	52,3	5,7
	пашня	весна	1,17	56,4	3,2
		лето	1,38	48,5	0,7
Чернозем выщелоченный	целина	весна	1,28	52,4	2,4
		лето	1,30	52,7	1,9
	пашня	весна	1,12	58,5	2,1
		лето	1,49	44,0	0,5
Чернозем солонцевато-слитой	целина	весна	1,31	49,1	1,3
		лето	1,40	44,2	1,2
	пашня	весна	1,08	59,4	1,2
		лето	1,56	41,4	0,2

Важно отметить, что черноземы солонцевато-слитые целины имеют неудовлетворительные показатели плотности. Они выше, чем на пашне чернозема обыкновенного карбонатного. Но мы не считаем солонцевато-слитые почвы большими по этому показателю, так как они образовались в естественных условиях и исследуемое качество унаследовано от почвообразующей породы, а не приобретено в результате действия антропогенного фактора. Исследуя динамику численности микроорганизмов этих же черноземных почв, то можно убедиться, что в течение вегетационного периода целинные угодья имеют относительно стабильные показатели (табл. 3).

Таблица 3. Частота встречаемости микромицетов в посевах различных культур, % (разведение 10<sup>-3</sup>)

Культуры	Патогены						Токсинооб-разли		Остальные сапрофиты			Супрессивная микрофлора			Индекс разнообразия
	Rhizopus	Fusarium	Botrytis	Verticillium	Alternaria	Bipolaris	Aspergillus	Penicillium	Cladosporium	Absidia	Mucor	Monterella	Stachybotrys	Trichoderma	
Пшеница, повторные посевы	60	100	40	60	40	20	80	80	40	60	20	40	20	–	<b>0,94</b>
Пшеница по подсолнечнику	40	80	–	40	40	20	60	80	20	60	20	80	20	–	0,99
Пшеница по кукурузе	20	60	–	40	40	20	60	60	20	80	40	80	20	–	1,09
Пшеница по гороху	20	60	–	20	60	20	60	60	–	80	40	80	20	20	1,77
Горох	10	30	–	20	40	–	40	60	20	80	40	80	20	20	1,83
Соя	–	30	–	–	20	20	40	60	40	80	–	80	20	40	<b>2,01</b>
Разнотравье	–	20	–	–	20	–	20	40	40	80	60	80	40	60	<b>2,11</b>

На пашне очень сильная переменчивость. Численность большинства групп микроорганизмов в начале и в середине вегетации, в наиболее критические фазы различия в 10–50 раз и более при более высоких среднегодовых показателях на пашне по сравнению с целиной. Следовательно, биологическая система почв пашни более напряжена, что неизбежно скажется на направленности почвообразовательного процесса, скорости выветривания и трансформации минеральной основы почв.

Если же обратиться к качественным показателям состава почвенных грибов по различным культурам и предшественникам, то получается совсем не здоровая картина.

Встречаемость условных патогенов на повторных посевах пшеницы составляет 60 % и выше. Значительно возрастает доля токсинообразователей, а встречаемость супрессивной микрофлоры снижается до 20 % или вообще не распознается в исследуемом разведении. Это признак нездоровой почвы, учитывая, что такие же показатели по другим культурам или разнотравью, свойственному целине, имеют совсем другую направленность.

Кроме вышеприведенных примеров, можно охарактеризовать больные подтопленные почвы, оглеенные, эродированные и т. д.

Итак, здоровье почв должно оцениваться не только по микробиологическим, но и по всем, свойственным ей, параметрам. При оценке здоровья почв сравнение целинных почв и почв агроценозов справедливо для физических, физико-химических, водных (и т. д.) свойств. Когда сравниваются микробиологические показатели необходимо приводить параметры качественного различия

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Здоровье почвы. Оценка состояния почвы и управление ее здоровьем / Н. П. Мясоеденко [и др.] // Рабочая тетрадь (методические рекомендации). – Москва, 2020.
2. Персикова, Т. Ф. Изменение плодородия дерново-подзолистой почвы при применении куриного помета / Т. Ф. Персикова, М. В. Царева // Актуальные проблемы агрохимии и почвоведения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. 18–19 февр. 2016 г. – Львов, 2016. – С. 56–59.
3. Персикова, Т. Ф. Микробиологическая активность дерново-подзолистой почвы в зависимости от ее гранулометрического состава возделываемых культур и органических удобрений / Т. Ф. Персикова, М. В. Царева // Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения: материалы Междунар. науч.-практ. конф.; под общ. ред. В. И. Титовой. – Н. Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. – С. 206–209.
4. Здоровье почвы агроценозов как атрибут ее качества и устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам / М. С. Соколов [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 1. – С. 13–22.
5. Торопова, Е. Ю. Диагностика здоровья почвы / Е. Ю. Торопова // Защита и карантин астений. – 2019. – № 4. – С. 19–22.
6. Трансформация состава и свойств черноземов Центрального Предкавказья в результате сельскохозяйственного использования / В. С. Цховребов [и др.]. – Ставрополь, 2016. – 248 с.
7. Цховребов, В. С. Агрогенная диградация черноземов Центрального Предкавказья / В. С. Цховребов. – Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2003. – 224 с.

## Секция 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

УДК 631.43:630.271:[378.095:63] (476.4)

### ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ ДЕНДРОПАРКА УО БГСХА КАК ИСТОЧНИКА ЭФФЕКТИВНЫХ МИКРООГАНИЗМОВ

С. Н. АВРАМЕНКО, студент,  
Д. С. СИМОНЕНКО, студент,  
Т. В. НИКОНОВИЧ, канд. биол. наук, доцент

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

*Представлены результаты микробиологического исследования почв дендропарка УО БГСХА. Проведенный качественный и количественный анализ почвенных микроорганизмов показал значительное превышение в микробных ассоциациях почвы дендропарка бактерий и грибов, выявлено большое количество азотобактера и отсутствие патогенных энтеробактерий и грибов рода *Fusarium*.*

**Ключевые слова:** почвенные микроорганизмы, микробиологический контроль почв, азотобактер, почвенная вытяжка.

Почвенные микроорганизмы являются важнейшей частью плодородия. Они участвуют в разложении различных остатков, минерализации гумуса, азотификации, мобилизации фосфатов и многих других процессах почвообразования [1].

В почве встречаются практически все основные виды грибов. Их не только большое количество, но и значительное физиологическое и морфологическое разнообразие. Трудно отделить собственно почвенные грибы от грибов, попадающих туда вместе с надземными частями растений, или компонентов лишайников. Сейчас описано около 15 000 видов грибов, встречающихся в почве – это из общего числа в 1,5 млн. видов грибов [2].

Почвенные грибы и высшие растения находятся в тесной взаимосвязи. Своеобразным и достаточно благоприятным местообитанием для многих почвенных микроскопических грибов является ризосфера, т. е. слой почвы в 2–3 мм, непосредственно примыкающий к корням. Растение пропитывает ризосферный слой почвы своими корневыми выделениями, содержащими различные энергетические вещества, представляющие питательный субстрат для развития грибов. Также ризосферный слой почвы насыщается корневым опадом, который хорошо ассимилируется микроскопическими почвенными грибами. Кро-

ме этого, корни растений механическим путем изменяют и разрыхляют структуру почвы, улучшая ее аэрацию. Поэтому в ризосфере обильно развиваются все почвенные микроорганизмы, в том числе и микроскопические грибы.

Среди почвенных микроскопических грибов имеется большое число и таких, которые способны в процессе жизнедеятельности синтезировать сложные органические соединения, например, антибиотики, оказывающие губительные воздействия на бактерии и другие микроорганизмы.

Бактерии рода *Azotobacter* включают в себя как минимум шесть известных видов. Эти бактерии встречаются в почвах по всему миру, они живут самостоятельно, не образуют симбиотические отношения с растениями или другими организмами. Образец здоровой почвы включает в себя хороший набор бактерий азотобактера, который можно четко увидеть под микроскопом и использовать в качестве одного из критериев при оценке состояния почвы. Их свободно живущий образ жизни является одной из причин, по которой они представляют интерес для промышленных применений, поскольку азотфиксирующие способности азотобактера используются при производстве различных коммерческих продуктов.

Современное производство биопрепаратов не может обойтись без источника хозяйственно ценных микроорганизмов. Микробные биотехнологии повсеместно используются при восстановлении плодородия почв, получении экологически безопасной продукции растениеводства [3].

Целью наших исследований было изучение микробиологического состава почвы дендропарка, которая потенциально может являться источником эффективных микроорганизмов.

Объектом исследований была почва дендропарка УО БГСХА, где отсутствует прямое влияние антропогенного фактора. Почва дендропарка относится к дерново-подзолистой легкосуглинистой. Фитоценоз представлен также белоусовым сообществом и имеет грунтовое водоснабжение от местной реки.

Данная исследовательская работа выполнена на кафедре сельскохозяйственной биотехнологии, экологии и радиологии УО БГСХА.

Из смешанного образца верхних слоев почвы дендропарка были приготовлены водные вытяжки для определения качественного состава почвенных микроорганизмов. В условиях ламинарного бокса на искусственные питательные среды: мясопептонный агар, Чапеко, Эшби и Эндо было внесено по 0,1 мл раствора почвы для обнаружения общего числа бактерий, грибов, азотобактера и энтеробактерий соответственно. Посев почвенной вытяжки был проведен в трехкратной повторности с помощью шпателя Дригальского. Культивирование бак-

терий и грибов осуществлялось при температуре +25 °С в течение 5 и 14 суток соответственно.

Количество колониобразующих единиц почвы (КОЕ) определялось по формуле:

$$\text{КОЕ} = \frac{M \times R}{V},$$

где M – среднее количество колоний;

R – разведение суспензии;

V – объем вносимой суспензии.

Результаты микробиологического анализа почвы представлены в таблице. Для сравнения микробиологических особенностей экспериментального почвенного образца использовалось среднее значение КОЕ для пахотных почв [1].

#### Результаты микробиологического анализа почвы

Качественный состав почвенных микроорганизмов	КОЕ почв дендропарка УО БГСХА	Среднее КОЕ для пахотных почв
Бактерии	$2,30 \times 10^4$	$1,84 \times 10^4$
Грибы и актиномицеты	$4,30 \times 10^5$	$4,20 \times 10^5$
Азотобактер	$3,20 \times 10^4$	$2,00 \times 10^4$
Энтеробактерии	0	$1,50 \times 10^2$
Общая численность в пересчете на 1 грамм сухой почвы	$9,6 \times 10^6$	$7,20 \times 10^6$

В результате исследований были установлены высокие численности бактерий и грибов, по сравнению со средними показателями дерново-подзолистых легкосуглинистых почв северо-восточной части Республики Беларусь. Общая численность микроорганизмов в пересчете на 1 грамм сухой почвы составила  $9,6 \times 10^6$ , что на  $2,4 \times 10^6$  больше, чем в образце сравнения. Количество колониобразующих единиц бактерий превышало в 1,25 раза. Особое значение имел смысл выявления азотобактера, который участвует в азотфиксации. Определено КОЕ азотобактера, которое составило  $3,20 \times 10^4$ , что в 1,6 раза больше, чем этот показатель у пахотных почв. Установлено практически одинаковое КОЕ грибов и актиномицетов в экспериментальном образце и пахотных почвах. Это указывает на высокую естественную биологическую активность исследуемой почвы, тогда как для пахотных почв это достигается применением различных видов удобрений. Анализ почвенной пробы из дендропарка показал отсутствие патогенных энтеробактерий и грибов рода *Fusarium*, что свидетельствует о высокой биологической чистоте данной почвы.

Таким образом, проведенное исследование микробиологического состава почвы дендропарка показывает, что она является качественным источником эффективных микроорганизмов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник агронома / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; ред.: И. Р. Вильдфлуш, П. А. Саскевич. – Горки: БГСХА, 2017. – 315 с.
2. Почва, город, экология / под общ. ред. Г. В. Добровольского. – М.: Фонд за экономическую грамотность, 1997 – 310 с.
3. Никонович, Т. В. Оценка эффективности применения микробных суспензий при выращивании микрозелени гороха / Т. В. Никонович, С. Т. Авраменко // Інноваційні розробки молоді в сучасному овочівництві: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (6 жовтня 2021 р., сел. Селекційне Харківської обл.) / Інститут овочівництва і баштанництва НААН. – Вінниця: ТОВ «ТВОРИ». – Харків, 2021. – С. 40–42.

УДК 631.445:633.18

## ГЕНЕЗИС ПОЧВ РИСОВЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ СОВРЕМЕННОЙ ДЕЛЬТЫ КУБАНИ

В. Н. СЛЮСАРЕВ, д-р с.-х. наук, профессор,  
А. В. ОСИПОВ, канд. с.-х. наук, доцент,  
И. И. СУМИНСКИЙ, аспирант

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»,  
г. Краснодар, Российская Федерация

*В настоящей работе представлены изменения свойств почв рисовых севооборотов при длительном их использовании на оросительных системах современной дельты Кубани. Гидроморфные почвообразовательные процессы привели к существенному изменению водно-физических свойств почв вовлеченных в рисовый севооборот.*

**Ключевые слова:** *рисовый агроландшафт, почвообразовательный процесс, водно-физические свойства, деградация почв.*

Условия периодического затопления почвы под рисом и последующего ее просушивания определяют своеобразие почвообразовательного процесса. Возделывание риса приводит к направленному изменению плодородия почв рисовых полей, приобретению ими особых режимов и свойств [1, 4, 5].

По генезису и классификации почв подразделяются на следующие подтипы: лугово-черноземные, луговые, аллювиальные луговые насыщенные и аллювиальные лугово-болотные.

Лугово-черноземные почвы рисовых севооборотов имеют площадь 8406 га, что составляет 9,5 % площади РОС, они приурочены к I и частично II надпойменным террасам Кубани. Площади бывших черноземов вовлеченных и рисовый севооборот отнесены к лугово-черноземным, так как их водный режим появившиеся гидроморфные признаки не позволяют их назвать черноземами. Морфологическое строение лугово-черноземных почв из всех рисовых почв наименее всего подвергалось изменению в процессе строительных и эксплуатационных плакировок

поверхности. Ввиду большой мощности гумусовых горизонтов и равнинного характера рельефа, срезки и насыпки при планировках редко превышали 20–30 см и не привели к существенному изменению их морфологического строения и деления на генетические горизонты. Основными морфологическими особенностями, отличающими рисовые лугово-черноземные от их нерисовых аналогов, следующие: наличие обильных гидроморфных признаков в пахотном горизонте; отсутствие типичной для почв черноземного типа комковато-зернистой структуры, после вегетации риса почва практически бесструктурна, а после многолетних трав она в лучшем случае глыбисто-комковатая; поровое пространство полностью деформировано и поры заменены трещинами.

Почвы черноземного типа генетически не предрасположены к столь длительному переувлажнению. Неблагоприятные изменения – потеря структуры, деформация порового пространства как почв, так и подстилающих пород, высокая плотность, набухаемость при переувлажнении в почвах черноземного типа, вовлеченных в рисовый севооборот, носят гетерогенный необратимый характер. При выведении их из рисового севооборота структура и поровое пространство в обозримом будущем не восстановятся. Среди рисовых лугово-черноземных почв 14,6 % засолены, в основном слабо- и средне-солончаковатые разновидности с сульфатным типом засоления. Это имело место на этих площадях и до вовлечения их в рисовый севооборот, но соли залегали значительно глубже [1, 2, 3].

Луговые почвы занимают наибольшую площадь среди почв рисовых оросительных систем – 46,433 га, или 52,4 % площади. Приурочены к древней дельте Кубани (также как и луговые нерисовые) строительство рисовых систем сnivelировало естественные элементы мезо- и микро-рельефа. Большинство мелких грив срезано, а понижений засыпано. Элементы макрорельефа в определенной мере сохранились: плоские обширные депрессии и свои минимальные отметки местности, а на местах прирусловых валов ериков выявляются наиболее высокие чеки. Обычно выделяются следующие категории чеков, высотное различие которых составляет 0,25–0,5 м: высокие, средневысокие, средние, низкие и очень низкие чеки. Совмещение карты с рельефом до строительства РОС и карты деления чеков по высотным отметкам показывает, с одной стороны их сходимость, с другой стороны, степень антропогенного воздействия на рельеф. Как и в нетрансформированных условиях (вне рисовых систем), так и РОС, территории с высокими отметками сложены почвогрунтами преимущественно легкого гранулометрического состава; наиболее низкие территории сложены тяжелыми глинистыми почвогрунтами. На переходных элементах антропогенно-преобразованного рельефа возможны разнообразные варианты. Этому способствовали так называемые кулисные планировки: срезка наиболее плодо-

родного поверхностного слоя мощностью 0,25–0,4 м, складирование его, нивелирование поверхности с необходимыми срезками, насыпками привозным почвогрунтом, покрытие сnivelированной поверхности за складированным гумусированным слоем. Такой метод строительства рисовых чеков широко применяется на территории древней и современной дельты Кубани, что приводит к сложному строению профиля рисовых почв. В одних случаях такой профиль имеет двух-трехчленное строение, в других небольшой почвенный слой (от 0,25–0,3 м) лежит непосредственно на материнской породе без каких-либо переходных горизонтов. Особенно часто такие нарушения естественного сложения почв, выявляются в зонах распространения до строительства РОС маломощных луговых и аллювиальных луговых почв. Помимо описанных искусственно созданных различий в морфологическом строении луговых рисовых и луговых (не рисовых) почв выявляется и ряд других, связанных с новым водным режимом, не свойственным луговому богарным почвам. В рисовых луговых почвах неподвижные полуторные окислы переходят в подвижную закисную форму и мигрируют из нижних горизонтов в верхние. Ржавчина и охристые пятна появляются в поверхностном горизонте. Профиль почвы приобретает сизый оттенок, что говорит о развитии процесса глееобразования.

Среди рисовых луговых почв две почвенные разновидности занимают 75 % их площади. Представлены они рисовыми луговыми мощными, сверхмощными и среднемощными слабогумусными легко глинистыми и тяжелосуглинистыми на аллювиальных глинах и тяжелых суглинках. Они не засолены и не солонцеваты, в средней степени обеспечены фосфором и очень высокой степени калием, водно-физические свойства их благоприятны для возделывания риса.

В различной степени засоленные разности распространены на 18 % площади рисовых луговых почв, причем на 3 % они одновременно засолены и солонцеваты. Среди засоленных почв преобладают слабосолончаковые глубоко слабозасоленные разности. Тип засоления сульфатный. При таких строениях солевых профилей и степени засоления почв культура риса не испытывает угнетения.

Рисовые аллювиальные луговые насыщенные почвы распространены на 23757 га, что составляет 26,8 % площади рисовых почв. В геоморфологическом отношении они приурочены к современной дельте Кубани и сформировались, как и их богарные аналоги, на аллювии различного гранулометрического состава.

Среди описываемых почв превалируют рисовые аллювиальные луговые среднемощные слабогумусные легкогоглинистые и тяжелосуглинистые почвы, сформировавшиеся на аллювиальных глинах и тяжелых суглинках, отличающиеся от предыдущих разностей мощностью – они



маломощные. Занимают они соответственно 10965 га и 5104 га, что составляет две трети площади описываемого подтипа рисовых почв.

Рельеф современной части дельты, где было преимущественное распространение аллювиальных луговых почв сильно осложнен многочисленными угаснувшими руслами и прирусловыми валами ериков и узкими межрядовыми понижениями. При строительстве РОС, проведении строительных планировок, большая часть описываемых почв претерпела серьезные изменения их исходного морфологического строения. Срезки и насыпки на 20–30 % изменили исходную мощность почв в большую или меньшую сторону. Но длительное использование их в рисовом севообороте (30–40 лет и более) значительно сгладило эти нарушения. Гидроморфные признаки проявляются в пахотном горизонте – обилие ржавчины, охристые пятна. Подавляющая площадь описываемых почв 83 % не засолена, на остальной площади этих почв выявлено засоление. Преобладают слабосолончаковые разности с сульфатным и хлоридно-сульфатным типами засоления. Солонцеватость в рисовых аллювиальных луговых почвах, как и в их богарных предшественниках отсутствует.

Рисовые аллювиальные лугово-болотные почвы занимают 10038 га, или 11,3 % площади рисовых почв. Приурочены они преимущественно к современной дельте Кубани, занимая бывшие днища лиманов, или наиболее низкие чеки на рисовой оросительной системе. Преобладающее большинство имеет тяжелый глинистый гранулометрический состав.

Обычные (промытые, незасоленные) почвы занимают 30 % площади этого подтипа почв. Морфологическое строение, выраженность гидроморфных признаков этих почв практически идентичны их богарным предшественникам – аллювиальным лугово-болотным почвам. Существенное отличие в водном режиме рисовых и богарных лугово-болотных почв заключается в дренированности первых, что создает условия для их аэрирования в осенне-зимний и ранне-весенний сезоны.

Занимая наиболее низкие отметки, данные почвы характеризуются пониженной отточностью грунтовых вод, чему способствуют неблагоприятные водно-физические свойства – очень низкие водопроницаемость и водоотдача. Застойный характер грунтовых минерализованных вод определил широкое распространение засоления – 70 % площади. Преобладают слабосолончаковатые и слабосолонцеватые с сульфатным и хлоридно-сульфатным типами засоления [2, 3].

Все почвы рисовых агроценозов, независимо от исходного генезиса, претерпевают существенные изменения, приводящие к формированию типичных рисовых почв. Такой подтип рисовых почв в морфологическом плане будет иметь большинство признаков лугово-болотных почв с делением на видовом уровне по мощности гумусового горизонта и содержанию гумуса. По длительности использования под рис та-

ких различных по исходному генезису почв как лугово-черноземные и лугово-болотные, недостаточно для сглаживания этих различий. В то же время общность нового почвообразовательного процесса, определяемого специфическим водным и воздушным режимом, после 40-летнего использования в рисовом севообороте определило идентичность многих показателей почв. В первую очередь это относится к водно-физическим свойствам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ковда, В. А. Разработка системы мероприятий по длительному поддержанию благоприятной почвенно-мелиоративной обстановки в условиях Нижней дельты Кубани / В. А. Ковда, Б. Г. Розанов, С. А. Николаева. – М.: МГУ, 1981. – 341 с.
2. Осипов, А. В. Изменение свойств и солевого режима рисовых почв дельты реки Кубани / А. В. Осипов. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 131 с.
3. Anthropogenic impact on grain-size distribution and agrophysical properties of soils of cultivated rice lands of Kuban / A. V. Osipov, V. N. Slyusarev, V. P. Vlasenko, I. I. Suminski // E3S Web of Conferences. 1. Сер. «1st International Scientific and Practical Conference «Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems», ITEEA 2021». – 2021.
4. Паращенко, В. Н. Характеристика показателей эффективного плодородия основных подтипов рисовых почв Краснодарского края / В. Н. Паращенко, Н. М. Кремзин, Л. А. Швыдкая // Рисоводство. – 2011. – № 19. – С. 57–62.
5. Глобальные изменения почвообразовательного процесса в условиях агроценозов / В. С. Цховребов [и др.] // Почвенный покров – национальное достояние народа: сб. ст. по материалам Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию Дагестанского Отделения Общества им. В. В. Докучаева. АЛЕФ. Махачкала, 2012. – С. 134–137.

УДК 554.524:631.4(476)

## ОПАСНО НИЗКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВЫ И ВОЗДУХА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Л. Е. КИРИЛЕНКО, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового  
Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

*В статье анализируется температура почвы и воздуха в зимний период по областям Беларуси и влияние температуры почвы на условия: температура вымерзания растений.*

**Ключевые слова:** почва, узел кущения, вымерзание, холод.

Не только ежедневная жизнь людей, но и вся хозяйственная деятельность человека, животного и растительного мира связана с погодными условиями. Эти условия могут быть как благоприятными, так и создавать различные сложности, наносить ущерб людям и сельскому хозяйству, а также создавать угрозу здоровью и жизни людей. Опас-

ные явления погоды можно разделить на явления теплого периода года и на явления холодного периода года.

К явлениям холодного периода года можно отнести опасно низкую температуру почвы и воздуха.

В зимний период на территорию Республики Беларусь вторгаются холодные арктические воздушные массы с севера и северо-востока и создаются условия для формирования опасно низкой температуры воздуха. При этом устанавливается антициклоническая ясная погода. В ночное время происходит дополнительное выхолаживание почвы и температура воздуха может понижаться до  $-25^{\circ}\text{C}$  и  $-35^{\circ}\text{C}$ . Такие низкие температуры создают угрозу вымерзания плодовых деревьев. В бесснежные зимы или при небольшой высоте снежного покрова возникает опасность вымерзания озимых культур. Большие морозы в основном связаны с антициклоническими условиями, при этом устанавливается ясная погода с большими суточными амплитудами температуры воздуха. Температура ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  наблюдается обычно в ночное время, в среднем 8–10 ч, тогда как средняя продолжительность сохранения температуры воздуха  $-25^{\circ}\text{C}$  и ниже составляет около 6 часов.

Если зима бесснежная или высота снежного покрова недостаточная, то понижение температуры воздуха ниже  $-20^{\circ}\text{C}$  становится особенно опасным. Недостаточная высота снежного покрова меньше 10 см может сформироваться, если снежный покров установился поздно и, кроме того, наблюдаются частые и продолжительные оттепели зимой. Это может приводить к опасному, ниже  $-15^{\circ}\text{C}$  понижению температуры на глубине узла кущения. Зимы с опасно низкой температурой на глубине узла кущения (3 см) наиболее часто наблюдаются в Витебской и Могилевской областях. Меньше всего такие зимы наблюдаются в Гродненской области. Минимум температуры почвы на глубине узла кущения зарегистрирован в Республике Беларусь составил  $-22^{\circ}\text{C}$ . Опасно низкие температуры почвы в Республике Беларусь отмечаются с декабря по февраль. Но в Могилевской области возможны и в марте. В среднем в течение зимы наблюдается около 4 дней с опасно низкой температурой меньше  $-15^{\circ}\text{C}$  на глубине узла кущения.

В Костюковичах в 1972 году наблюдалось 15 дней с опасно низкой температурой на глубине узла кущения. В других областях тоже наблюдалось продолжительное сохранение низкой температуры на глубине узла кущения, и в результате отмечалось вымерзание посевов озимых в ряде областей республики.

Опасно низкая температура воздуха наблюдается в республике почти ежегодно. В более континентальных районах Беларуси отмечается 4–6 периодов с понижением температуры воздуха до  $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже, но в западных регионах Брестской и Гродненской областей наблюдаются

реже, всего 2–3 периода. Несколько реже повторяются низкие температуры в районе Минской и Новогрудской возвышенностей, где холодный воздух стекает к подножию, в пониженные формы рельефа. В среднем периоды с пониженной температурой наблюдаются около 2–3 дней, 5 дней бывают реже. Периоды похолодания более 10 дней составляют в среднем по республике около 4 %, т. е. раз в 25 лет. Необычайно длительное похолодание наблюдалось на большей части республики в январе-феврале 1956 г. которое длилось 13–18 дней.

В 90-е годы XX века наблюдалось семь теплых зим подряд. В это время растения в зимний период не повреждались. В последние десятилетия статистика наблюдения опасно низких температур имеет некоторую корректировку в сторону уменьшения количества дней с опасно низкими температурами почвы и воздуха.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Борисенков, Е. П. Климат и деятельность человека / Е. П. Борисенко. – М., 1982.
2. Климат Беларуси / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996.

УДК 631.47

## О РАЗНООБРАЗИИ ГОРОДСКИХ ПОЧВ МИНСКА

Н. В. КЛЕБАНОВИЧ, д-р с.-х. наук, профессор  
Белорусский государственный университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

М. А. ЕРЕСЬКО, канд. геогр. наук, доцент,  
Е. В. БАУТРЕЛЬ,  
РУП «БелНИЦ «Экология»,  
г. Минск, Республика Беларусь

*Установлено, что в Минске широко представлены естественные, естественно-антропогенные, антропогенные глубоко преобразованные почвы и техногенные почвоподобные образования. Выявлена гетерогенность гранулометрического состава, высокий уровень гумусированности большинства почв и доминирование нейтральной реакции среды.*

**Ключевые слова:** городские почвы; урбаноземы; гумус; кислотность

Актуальность исследований городских почв определяется особым влиянием на почвообразование антропогенного фактора. В любом городе, независимо от его величины и географической расположенности, можно выделить зоны и подзоны, которые отличаются по характеру и интенсивности воздействия человека на почвообразование: жилая; промышленная; природный комплекс.

Методические подходы к классификации почв городских земель в Беларуси пока не разработаны. Так, они отсутствуют в систематическом списке почв страны и для них нет условных знаков [1].

М. Н. Строганова [2] предложила классификацию городских почв, где все почвы города разделены на группы:

- естественные ненарушенные почвы;
- естественно-антропогенные поверхностно преобразованные;
- антропогенные глубоко преобразованные почвы – урбаноземы;
- техногенные поверхностные почвоподобные образования – урбо-техноземы.

Цель исследований состоит в получении информации о почвенном покрове города Минска и территориальном распределении основных показателей их свойств.

Методы исследования проводились путем заложения почвенных разрезов в разных зонах и районах города, отбора почвенных проб, их лабораторного анализа и картографического и аналитической интерпретации результатов.

Естественные ненарушенные почвы сохраняют нормальное залегание горизонтов естественных почв и приурочены к городским лесам и лесопаркам, расположенным в черте города. Таких почв в Минске около 20 % территории.

Естественно-антропогенные поверхностно преобразованные почвы в городе сочетают в себе зачатки горизонта *урбик* мощностью до 50 см с примесью более 5 % антропогенных включений и ненарушенную нижнюю часть профиля. Почвы сохраняют типовое название с указанием характера нарушенности (например, *урбодерново-глееватая*). Таких почв тоже около 30 %.

Антропогенные глубоко преобразованные почвы образуют группу собственно городских почв – урбаноземов, в которых горизонт *урбик* имеет мощность более 50 см. Они формируются за счет процессов урбанизации на культурном слое или на насыпных, намывных и перемешанных грунтах и занимают примерно 25 % площади Минска.

Кроме этого, на территории городов формируются почвоподобные техногенные поверхностные образования – урботехноземы и экраноземы – 25 %. Они представляют собой искусственно созданные путем обогащения плодородным слоем или компостом почвогрунты. Они включают как целенаправленно сконструированные почвоподобные тела, так и остаточные продукты хозяйственной деятельности, состоящие из природного и специфического новообразованного субстрата. В них не успели сформироваться генетические горизонты, поэтому они и не являются объектом генетической почвенной классификации.

Но они функционируют в экосистеме, поэтому должны быть объектом картографирования, необходимо их диагностировать, поименовать.

Анализ зарубежной литературы показал, что на данный момент отсутствует международная классификационная схема, которая смогла бы полностью удовлетворить потребности почвоведов, практически работающих с городскими почвами, т. к. не имеется единого подхода к затрагиваемой проблеме. В классификации почв Германии выделен класс «Наземные антропогенные почвы», подразделяющийся на несколько типов почв, среди которых есть Ерд (Erdesch) – земляные насыпные почвы. В «Почвенной реферативной базе Франции» 1995 года выделены антросоли, подразделяющиеся на три группы: 1) трансформированные, 2) искусственные, 3) реконструированные.

В классификации почв США (Soil Taxonomy, 1998) на уровне порядка энтисоли (Entisoi) выделен подпорядок ортенты с антропогенными горизонтами: гарбик – органогенный слой гниющего мусора; скальпик – слой невыветрелого грунта на поверхности; урбик – слой неорганических промышленных и производственных отходов; споник – антропогенный слой без производственных включений.

В Международной реферативной базе почвенных ресурсов (World reference Base for Soil Resources – WRB, 2014), одной из целей которой, по замыслу ее авторов, была и проблема создания международной классификации, антропогенно-преобразованные почвы выделены на уровне высшего таксона в две отдельные реферативные почвенные группы, созданные человеком: антросоли и техносоли. Городские почвы – преимущественно техносоли – почвы с большим количеством артефактов, либо если исходный профиль погребен под отложениями, связанными с действиями человека.

Изучение морфологических свойств естественных почв Минска показало, что по сравнению с зональными почвами – дерново-подзолистыми, их профиль характеризуется рядом существенных особенностей. На территории города на плакорных пространствах выделено три вида – типичные, остаточные-подзолистые и эродированные. Типичные дерново-подзолистые почвы чаще приурочены к окраине города, они сохраняют естественную протяженность профиля: средняя мощность гор. А<sub>1</sub> составляет 8–15 см, а гор. А<sub>2</sub> – 5–23 см.

Основными типами «истинно» городских почв являются урбаноземы и экраноземы. Территория города в течение своего развития постоянно подвергается перепланировке и обновлению, и обычно всякому строительству предшествует либо снятие верхнего слоя почвы для выравнивания поверхности, либо, наоборот, отсыпка нескольких слоев грунта. Количество и мощность таких слоев варьирует, они могут достигать достаточно внушительных размеров, приводя в итоге к образованию урбаноземов. Наиболее распространенная трансформация поч-

венного покрова города происходит в результате перекрытия естественных почв насыпными субстратами с последующим образованием примитивных почв. Урбаноземы – генетически самостоятельные почвы, обладающие как чертами природных почв, так и специфическими свойствами.

Зрелая городская почва – мощный урбанозем, характеризуется мощным, темно окрашенным, органическим горизонтом – урбик. Профиль городской почвы часто растет вверх за счет напыления или антропогенного поступления материала. Для многих урбаноземов характерно отсутствие генетических почвенных горизонтов А+В.

Под запечатанными покрытиями изменяются водный, тепловой, газовый режимы почв, трансформируется микробиологическая активность и может быть выделен особый подтип городских почв – экранозем [2, 3].

Урбаноземы значительно отличаются от естественных почв по физическим свойствам. Гранулометрический состав насыпных слоев очень разнообразен, но, как правило, характеризуется преобладанием песчаных фракций. Например, анализ дифференциации почвенной массы по содержанию ила в генетических горизонтах показывает, что в естественных почвах парков и лесопарков в Минске, начиная с горизонта В<sub>1</sub>, отмечается повышенное содержание илистых частиц, не столько за счет лессиважа, сколько вследствие привноса в верхнюю часть профиля песчаных субстратов.

Урбофитоценозы, выполняющие санитарно-гигиенические и эстетические функции, находятся в жестких условиях существования из-за повышенной плотности (1,4–1,7 г/см<sup>3</sup>) и пониженной пористости почв (25–45 %).

Оценка гидрогеологической ситуации в Минске позволила выявить тенденцию к повышению уровня грунтовых вод как в старых районах города, так и в сравнительно новых микрорайонах. На урбанизированных территориях подъем уровня грунтовых вод обусловлен как нарушением путей естественного стока ливневых и талых вод, увеличением инфильтрации поверхностных вод в подземные горизонты через котлованы, траншеи, зоны ослабленных грунтов, уменьшением величины испарения почвенных вод на экраноземах, так и подпиткой грунтовых вод за счет утечек из сетей водопровода и канализации. В Минске эксплуатируется более 3100 км сетей водопровода, из которых около трети имели износ 70 % и более, и часть воды может теряться и усиливать увлажненность почвенного покрова.

Гранулометрический состав почв Минска не всегда является первичным, унаследованным от породы, а может быть результатом антропогенного привноса субстрата при рекультивации, перемешивания, погребения. Суглинистые, более тяжелые и буферные почвы, чаще

встречаются в юго-западной части города, но могут быть обнаружены единично в разных микрорайонах. Песчаных почв больше в восточной части Минска.

Анализ результатов исследования территории Минска показал высокую степень техногенной геохимической трансформации почв.

Закономерности изменения гумусного состояния естественных почв Минска связаны, прежде всего, с их использованием. На лесных участках по сравнению с остальными наблюдается некоторое уменьшение гумусированности верхних горизонтов почвы – на 0,7 %, и это не случайно. Под древесно-кустарниковой растительностью идет почвообразовательный процесс, близкий к зональному, и нет условий для слишком большого накопления гумуса. При газонно-парковом характере растительности нет ежегодного отчуждения биомассы как на пахотных или луговых землях, то есть больше сырья для образования гумуса. К тому же газоны и придомовые территории нередко окультуриваются внесением торфа или перегноя. На территории Минска встречаются значения содержания гумуса более 10 %, что в нативных почвах бывает только на дерново-глеевых почвах, поэтому вклад антропогенного фактора в такие значения несомненен. Содержание гумуса в почвах Минска варьирует в широких пределах: от 16,9 в пойме Свислочи до 0,8 % на пустыре с турбированной почвой. Техногенное воздействие в целом способствует увеличению концентрации органического углерода в почве: максимальное среднее значение показателя (5,0–5,6 % в почвах промышленных Заводского, Ленинского и Партизанского районов и менее 2,0 % – в почвах Московского, Фрунзенского и Октябрьского районов.

В целом в изученных лесных почвах на порядок выше кислотность, рН 5,6 против 6,6 в среднем. Диапазон варьирования рН был очень широк, от 3,4 в лесном массиве на юге по ул. Курчатова до 8,5 в ряде точек Заводского района. Кислотность практически не повлияла на загрязненность почв Минска тяжелыми металлами – коэффициенты корреляции с рН для шести тяжелых металлов изменялись от 0,03 до 0,17. В среднем для суглинистых почв города рН составил 7,0, а для песчаных, которые более характерны для промышленных зон – 5,9.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Картография почв: учебно-метод. комплекс / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия / сост.: О. А. Поддубный, Т. Э. Минченко, М. М. Комаров. – Горки, 2013. – 63 с.
2. Строганова, М. Н. Городские почвы: генезис, классификация, функции / М. Н. Строганова, А. Д. Мягкова, Т. В. Прокофьева // Почва. Город. Экология; под ред. Г. В. Добровольского. – М., 1997. – С. 15–85.
3. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация: учеб. пособие / М. И. Герасимова [и др.]. – Смоленск: Ойкумена, 2003. – 268 с.



## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАХОТНОГО ГОРИЗОНТА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Д. Г. КРОТОВ, канд. с.-х. наук, доцент  
Брянский государственный аграрный университет,  
п. Кокино, Брянской области, Российская Федерация

В. П. САМСОНОВА, д-р биол. наук, доцент  
Московский государственный университет им. И. В. Ломоносова,  
г. Москва, Российская Федерация

*Определены диапазоны изменчивости агрохимически важных свойств в пределах единичного угодья, расположенного на серых лесных почвах, которые могут быть обусловлены рельефом и сельскохозяйственными обработками.*

*Ключевые слова:* серая лесная почва, агрохимические свойства, пространственная изменчивость.

В настоящее время точное земледелие как один из способов интенсификации сельского хозяйства получает все большее распространение во всем мире. В основе научной концепции точного земледелия лежит представление о существовании неоднородностей в пределах одного поля [1, 2]. Точное земледелие направлено на получение максимально возможного урожая, позволяя при этом сэкономить хозяйственные и природные ресурсы. Практическое использование точного земледелия требует знания закономерностей и причин пространственного варьирования различных свойств почвы. Исследования проводились в Брянской области (пос. Кокино), на одном из опытных полей Брянского государственного аграрного университета. Обследована территория 52 га. Почвенный покров угодья представлен комплексом агросерых и агросерых почв со вторым гумусовым горизонтом.

На исследуемой территории проведено площадное опробование. Заложено 95 прикопок через приблизительно равное расстояние друг от друга с шагом около 50 м. Количество прикопок, приуроченных к холму, склону и низине составляет 26, 41 и 28 соответственно. Образцы отбирались из пахотного горизонта (0–20 см). Координаты прикопок фиксировались при помощи GPS Garmin.

Содержание общего углерода по методу И.В. Тюрина, содержание углерода в щелочных 0,1 н NaOH почвенных вытяжках,  $pH_{H_2O}$ . Образцы анализировались в трех повторностях. Содержание общего азота, фосфора и калия определяли после мокрого озоления в  $H_2SO_4$ ,  $N_{общ}$  – по Кьельдалю,  $K_2O$  – атомно-абсорбционным методом на приборе «Hitachi-1080» с использованием корректора фона, основанного на эффекте Зеемана,  $P_2O_5$  – колориметрически с окрашиванием по Дениже на приборе FLAPHO 4. Подвижный фосфор и обменный калий

определяли по методу Кирсанова. Аммонийный и нитратный азот определяли в водной вытяжке потенциометрически на иономере «Эксперт – 001» фирмы «Эконикс эксперт» (Россия).

Содержание углерода в вершинах и склоне примерно одинаково, с некоторым увеличением на склоне, и составляет 1,39 %. По содержанию гумуса эти почвы относятся малогумусированным. А в низинах содержание углерода увеличивается до 1,96 %, что позволяет выделить почвы как среднегумусированные. Коэффициенты вариации имеют высокое значение (таблица).

**Статистические характеристики агрохимических свойств пахотного горизонта (0–20 см)**

Положение	Холм	Склон	Низина	Все вместе
Повторность	26	42	27	95
C* орг. подв, %	0,20	0,22	0,42	0,27
CV%	20,83	32,52	12,69	40,86
C* орг-%	1,29	1,40	1,96	1,53
CV%	14,11	20,72	12,06	24,39
N*%	0,23	0,24	0,35	0,27
CV%	19,05	24,52	15,14	27,94
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0,25	0,23	0,26	0,25
CV%	27,35	27,91	25,08	27,15
K <sub>2</sub> O %	0,24	0,23	0,26	0,24
CV%	14,33	12,84	14,71	14,34
PH <sub>H2O</sub>	5,65	5,60	5,50	5,59
CV%	0,85	1,15	1,88	1,67
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	240,90	241,82	248,73	243,53
CV%	14,42	23,11	20,59	20,20
K <sub>2</sub> O, мг/кг	57,93	60,68	89,57	68,14
CV%	10,87	17,24	25,52	28,92
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/кг	2,51	2,57	2,76	2,61
CV%	9,95	10,26	10,94	10,99
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/кг	2,33	2,37	2,48	2,39
CV%	8,98	11,24	8,17	10,02

Примечание. Отмечены показатели, для которых влияние рельефа статистически значимо  $\alpha < 0.05$ ).

Содержание углерода в щелочных вытяжках также обнаруживает зависимость от рельефа. Средние значения на холме и склоне практически не различаются, а в низинах увеличиваются почти вдвое. Коэффициенты вариации также высоки, как и для содержания углерода в почве. Отмечается общая тенденция снижения вариации признака для образцов, приуроченных к низинам.

Средние значения содержания общего азота изменяются вниз по склону с достаточно большим диапазоном изменчивости относительно низины. При используемых нами объемах выборок разность между «холмом» и «низинной» значима.

Содержание общего фосфора в образцах, приуроченных к разным элементам рельефа, практически не изменяется. Коэффициенты вариации имеют высокое значение.

Средние содержания общего калия в щелочных значения на холме, склоне и в низине практически не различаются. Коэффициенты вариации также, как и с фосфором, достаточно высоки. По содержанию общего азота и фосфора отмечается общая тенденция снижения вариации признака для образцов, приуроченных к низинам.

РН почвы слабо уменьшается от холмов к низинам, однако изменения средних статистически незначимы. Незначимые изменения наблюдаются для подвижного фосфора. Содержание обменного калия значимо увеличивается в низинах. Содержание нитратного и аммонийного азота следует признать постоянными на всех формах рельефа.

Таким образом, все свойства можно разделить на две группы – зависящие от положения в рельефе и не зависящие от него. Поскольку угодье длительное время обрабатывалось, можно думать, что первая группа, в которую входят содержание общего и подвижного углерода и азота, отражают почву-память, т. е. свидетели истории почвообразования на этой территории, а остальные показатели – обусловлены современными сельскохозяйственными обработками.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Robert, P. C. Characterisation of soil conditions at the field level for soil specific management / P. C. Robert // Geoderma. – 1993. – С. 57–72.
2. Якушев, В. П. На пути к точному земледелию / В. П. Якушев. – СПб.: Издательство ПИЯФ РАН, 2002. – 458 с.

УДК 631.48+551.312.3

## ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ДОЛИННО-РЕЧНЫХ ЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕРУССКОГО БЕЛОГОРЬЯ

Ф. Н. ЛИСЕЦКИЙ, д-р геогр. наук, профессор,  
А. С. ЗАЙЦЕВА, аспирант

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет»,  
г. Белгород, Российская Федерация

*Статья представляет результаты обследования почв в границах потенциальных зон затопления, подтопления земель в долинно-речных ландшафтах Белгородской области (для селитебных участков рек Оскол, Осколец, Тихая Сосна, Валуй, Северский Донец, Везелка, Нежеголь). Установлены разнонаправленные тренды педогенеза полугидроморфных и гидроморфных почв, обусловленные различиями условий атмосферного увлажнения в отдельных частях региона за последние 30 лет.*

**Ключевые слова:** *гидрология почв; почвы речных долин; пойменно-луговые почвы; зоны подтопления; Белгородская область.*

Высокая сенсорность полугидроморфных и гидроморфных почв в долинно-речных ландшафтах от изменений объема и внутригодового распределения речного стока и гидрологической ситуации на водосборе, обусловленной динамикой водного баланса, усложняется различными вариантами хозяйственного использования земель в поймах малых рек. Гидрологическое значение почвенного покрова обусловлено водопроницаемостью и водоудерживающей способностью почв, от которых зависят размеры поверхностного стока, испарения и питания подземных вод. Распределение по профилю почв гранулометрического состава и плотности сложения определяют величину эвапотранспирации и инфильтрации почвенной влаги, которые проявляют вариативность под влиянием современных климатических трендов. Почвы речных долин выступают посредником между климатическими и гидрологическими процессами.

В динамике стока малых рек на протяжении последних тридцати лет усилилась зависимость от климатических факторов [2, 3]. Широко развитые в Белгородской области процессы деградации речной сети, обусловленные совокупностью как природных, так и антропогенных факторов, диагностируются также в преобразовании типов местности и замещении пойменного типа на постпойменный [3]. Острая необходимость в комплексе водохозяйственных и природоохранных мероприятий для малых рек региона [4] определила начало разработки регионального проекта «Сохранение уникальных водных объектов (Белгородская область)», включая водоохранную реконструкцию в 2022 г. более 100 км прибрежных зон в границах муниципальных образований Белгородской области. К 2024 г. планируется при содействии нового предприятия «Белводхоз» провести мероприятия по расчистке участков русел рек протяженностью не менее 260 км и озер площадью не менее 730 га.

Цель работы состояла в определении современного тренда почвообразовательных процессов для долинно-речных ландшафтов в свете существенных изменений региональной климатической системы.

В 2021 г. в целях определения границ зон затопления и/или подтопления земель от стока семи рек (Оскол, Осколец, Тихая Сосна, Валуй, Северский Донец, Везелка, Нежеголь) выполнено полевое обследование и камеральная обработка полученных результатов. Аэросъемочные работы с использованием квадрокоптера *DJI Phantom 4 Pro* выполняли в границах потенциальных зон затопления и русел рек. Результаты геоинформационного моделирования (в среде *ArcGIS*) зон подтопления были получены по ЦМР, используя результаты гидрологических расчетов. Это позволяет, помимо заранее известного класси-

фикационного статуса почв, зафиксированного при почвенных съемках в период 1956–1995 гг., получить актуализированное представление о гидрологическом режиме почв речных долин. Активно развиваемый геосистемный подход имеет конкурентные преимущества, поскольку результаты обработки цифровых почвенных и иных тематических карт в среде *ArcInfo* позволяют адекватно отражать и анализировать природную организацию почвенного покрова [5].

Из-за значительной степени горизонтального и вертикального расчленения рельефа Белгородской области (коэффициент расчленения –  $0,79 \text{ км/км}^2$ , глубина вреза эрозионных форм – до 110–150 м [1]) почвы полугидроморфного и гидроморфного ряда развиты интразонально на надпойменных террасах и в поймах малых рек. Площадь полугидроморфных и гидроморфных почв в Белгородской области составляет 164,5 тыс. га, в том числе 61,3 % площади приходится на пойменные луговые почвы [1]. Семейства почв, представленные в поймах малых рек, могут быть разделены на группы: синлитогенные (аллювиальные, делювиальные, аллювиально-делювиальные) и постлитогенные (внепойменные). В условиях Белгородской области среди них особенно широкое распространение на площади 129,9 тыс. га (4,8 %) имеют синлитогенные – пойменно-луговые почвы. Наибольшие их площади представлены в днищах долин таких рек, как Оскол, Валуй, Тихая Сосна, Ворскла, Северский Донец, Короча, Корень, Нежеголь. Эти почвы формируются в условиях постоянного грунтового и периодического (в паводки) поверхностного увлажнения под луговой, лугово-болотной и древесной растительностью.

Критерием, по которому территории считаются подтопленными, принято считать глубину залегания относительно современной поверхности первого уровня водоносного горизонта. Эта глубина зависит от климатических условий, литологического состава почв и показателя минерализации грунтовых вод. На самых малых реках раз в 2–3 года расходы (за счет ливней в теплый период года) могут превысить средние годовые и наблюдается выход вод на пойму. Наибольшие паводки могут вызвать сток со слоем до 20–30 мм, что уже сопоставимо со слоем половодного стока.

В целом, для надпойменных слабодренированных террас и пойм в зоне лесостепи с доминированием луговых и черноземно-луговых почв с высоким уровнем подпочвенных вод характерна невысокая водопроницаемость почв. Группа луговых почв объединяет луговые, формирующиеся на террасах рек при близком (1–3 м) уровне грунтовых вод, и аллювиальные луговые почвы на поймах рек. Последние почвы испытывают влияние аллювиального процесса, следствие которого является

периодическое их затопление паводковыми водами и отложение аллювия. Характер и интенсивность этих процессов зависят от режима паводков, который по-разному складывается на малых и средних реках, а в долине одной реки в зависимости от характера рельефа пойменной террасы, удаленности отдельных ее частей от русла реки, гипсометрического уровня и других условий. Все это проявляется в свойствах аллювиальных луговых почв. Мощность почвенного профиля луговых почв речных долин составляет от 20–50 см до 80–120 см у мощных видов. Часть пойменно-луговых почв, которые имеют зернистую структуру, обладают высоким потенциальным и эффективным плодородием из-за высокой и средней обеспеченности азотом и калием.

Луговые почвы речных долин сформировались на аллювиальных и аллювиально-делювиальных отложениях, а их гранулометрический состав очень разнообразен – от легкосуглинистого до тяжелоглинистого. Луговые почвы часто имеют профиль, где слои различного гранулометрического состава чередуются между собой. Почвы надпойменных террас бывают скелетными за счет привноса щебня с прилегающих склонов. В таких зонах почвы имеют более высокую водопроницаемость, но низкую водоудерживающую способность.

Лугово-черноземные почвы – это полугидроморфные почвы, сформированные на надпойменных террасах под влиянием как атмосферного, так и грунтового увлажнения. Грунтовые воды находятся на глубине 3–5 м на тяжелых почво-грунтах и 2–4 м на легких. Поэтому почвенно-грунтовая толща находится под влиянием пленочно-капиллярных вод. Мощность почвенного профиля колеблется от 70 до 150 см и более. Содержание гумуса варьирует в широких пределах (2–6,5 %). Лугово-черноземные почвы, развитые на лессах или древнеаллювиальных отложениях, по продуктивной способности высокоплодородные. По параметрам агропотенциала эффективного плодородия они находятся в высокобонитетной группе особенно для культур с длительным вегетационным периодом и повышенными требованиями к влагообеспеченности (люцерна, кукуруза, свекла).

В речных долинах формирование лугово-болотных почв обусловлено заилением русел рек и поднятием уровня грунтовых вод до 0,5 м и выше. При условии расчистки и углубления русел рек, устройства дренажных канав можно обеспечить снижение уровня грунтовых вод и тогда мелиорированные лугово-болотные почвы могут быть использованы под огороды, сады и выгоны.

Большое влияние на физические свойства почв оказывают различные растительные ценозы путем механического действия на почвы корневых систем трав, кустарниковой и древесной растительности.

Корневая система древесно-кустарниковой растительности сложена из множества корней, которые проникают в почвы и грунты в разных направлениях и на разную глубину. После отмирания корней образуются полости, которые обуславливают значительную водопроницаемость лесных почв.

Результаты обработки метеорологических рядов наблюдений за последние 30 лет показали, что тренды увлажнения разнонаправлены даже в пределах одного региона, в частности Белгородской области, где в центре годовые суммы осадков увеличились, а на западе – уменьшились. Поэтому различия гидротермического режима полугидроморфных и гидроморфных почв в пределах отдельных долинно-речных ландшафтах уже сейчас корректируют скорости почвообразовательных процессов. Кроме того, изменения в почвах влажности, состава и активности микробных сообществ, соотношения кислородных и анаэробных условий, которые обусловлены направленными климатическими трендами, определяют различия в эмиссии парниковых газов. Выполненный комплекс исследований будет способствовать разработке комплекса мероприятий по рациональному землепользованию, так как вступившие в силу с 01.01.2021 изменения и дополнения к Водному кодексу Российской Федерации относят земли, подверженные затоплению, подтоплению к зонам с особыми условиями использования территорий, где регламентируется размещение новых населенных пунктов и строительство объектов капитального строительства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство / Ф. Н. Лисецкий [и др.]; Всероссийская общественная организация «Русское географическое общество»; Белгородский государственный национальный исследовательский университет; отв. ред. А. Г. Корнилов. – Белгород, 2018. – 200 с.
2. Голеусов, П. В. Формирование экологического каркаса верховьев рек Псел и Северский Донец / П. В. Голеусов, М. А. Польшина, М. Ю. Гнилицкий // Региональные геосистемы. – 2021. – Т. 45. – № 1. – С. 95–106.
3. Дмитриева, В. А. Динамика водности малых водотоков Верхнедонского бассейна и ее роль в структурно-динамической организации ландшафтов / В. А. Дмитриева, Е. В. Жигулина // Региональные геосистемы. – 2020. – Т. 44. – № 4. – С. 404–414.
4. Зайцева, А. С. Обоснование лесомелиоративных мероприятий на водосборной площади (на примере малой реки, Белгородская область) / А. С. Зайцева // Региональные геосистемы. – 2020. – Т. 44. – № 3. – С. 307–318.
5. Геосистемный подход к организации природопользования в переувлажненных агроландшафтах (на примере СПК «Ловжанский» Витебской Области Беларуси) / А. Н. Червань, Т. А. Романова, Ф. Н. Лисецкий, А. Г. Нарожня // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 25 (246). – С. 143–155.

## МЕЛИОРАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ КАК ФАКТОР ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. М. ЛУКАШЕВИЧ, канд. с.-х. наук, доцент,

В. И. ЖЕЛЯЗКО, д-р с.-х. наук, профессор,

О. Б. РАКИЦКИЙ, аспирант

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

*В условиях Республики Беларусь природно-климатические условия оказывают особое внимание на развитие сельского хозяйства. Мелиорация земель стала важнейшим фактором интенсификации всех отраслей сельскохозяйственного производства. Правильно подобранные и грамотно осуществляемые мелиоративные приемы в сочетании с высокотехнологическими агротехническими и организационно-хозяйственными мероприятиями позволяют не только существенно повысить плодородие почв, но и сохранить и даже улучшить окружающую среду.*

**Ключевые слова:** мелиорация земель, сельскохозяйственное производство, продовольственная безопасность, осушение, орошение.

Земля и ее важнейший компонент – почвы являются основным национальным природным богатством Беларуси и обладают уникальным свойством плодородия, т. е. способностью производить биомассу. Эффективность использования и охраны почв во многом влияет на социально-экономическое благополучие и экологическую ситуацию в стране.

Специфическая черта земли как природного ресурса – ее многофункциональность. Земля является всеобщим и незаменимым материальным условием производства. Она служит пространственным базисом для размещения отраслей хозяйственного комплекса, поселений, инфраструктуры, главным средством производства в сельском и лесном хозяйстве, объектом земельных отношений, выступает составной и неотъемлемой частью природных систем. Кроме того, она выполняет средоформирующие и природоохранные функции в биосфере. Поэтому сохранение земель и их рациональное использование является одним из приоритетных направлений земельной хозяйственной и природоохранной политик [1].

Для земельного фонда Республики Беларусь характерна высокая степень его хозяйственной освоенности. По данным государственного земельного кадастра 2020 года, общая площадь земель страны составила 20759,8 тыс. га, из них сельскохозяйственные земли – 8944,7 (43,1 %), в том числе пахотные – 5516,4 тыс. га (26,6 %), лесные земли и земли под древесно-кустарниковой растительностью – 9065,0 (43,7 %), земли под болотами – 894,1 (4,3 %), водными объектами – 469,8 (2,3 %), под транспортными коммуникациями, земли общего



пользования и под застройкой – 841,3 (4,0 %), нарушенные, неиспользуемые и иные земли – 544,9 тыс. га (2,6 %) [2].

Долгие годы приоритетным направлением государственной земельной политики являлось расширение площади сельскохозяйственных земель. В результате этого по площади этих земель на 1 жителя страны (0,92 га), в том числе пахотных (0,56 га), Республика Беларусь значительно превышает аналогичные показатели многих развитых стран Европы. Отличительной особенностью Беларуси является высокая доля осушенных земель в структуре сельскохозяйственных земель.

В середине девяностых годов прошлого столетия сложившаяся в Беларуси социально-экономическая обстановка потребовала нового концептуального подхода к развитию мелиорации земель. В связи с этим в 1994 г. была разработана и утверждена на уровне правительства современная «Концепция развития мелиорации земель и их использования в Республике Беларусь», основным направлением которой определена *реконструкция* технически устаревших мелиоративных систем, восстановление неработающих систем и проведение работ по их улучшению для полного удовлетворения современных требований сельскохозяйственного производства.

Начиная с этого периода, мелиорация земель в Республике Беларусь развивается в русле четкой координации и реальной поддержки государства. Начиная с 2000 г., развитие мелиорации земель осуществляется в соответствии с пятилетними республиканскими программами «Сохранение и использование мелиорированных земель» [3]. Новым шагом укрепления мелиоративной отрасли в стране явилось принятие в июне 2008 г. Советом Республики закона «О мелиорации земель», который определяет государственное регулирование и управление в области мелиорации земель в Беларуси [4].

В настоящее время в Республике Беларусь общая площадь осушенных земель составила 3,4 млн. гектаров, или 74 процента мелиоративного фонда переувлажненных земель, требующих проведения первоочередного осушения. На мелиорированных землях производится более трети продукции растениеводства. Для многих районов республики мелиорация земель является объективной необходимостью, единственной возможностью включения в активный сельскохозяйственный оборот новых земель, потенциально более плодородных почв. Потенциальные возможности мелиорированных земель, современный уровень мелиоративного земледелия позволяют повысить их продуктивность, по меньшей мере, в 1,5 раза и превратить их в гарантированный источник получения растениеводческой и животноводческой продукции, не зависимо от погодных условий.

Из общего количества мелиорированных земель сельскохозяйственные земли занимают 2,91 млн. га, в том числе пахотные – 1,2 млн. га, луговые – 1,6 млн. га, лесные – 0,33 и 0,18 млн. га – другие.

Среди осушенных сельскохозяйственных земель земли с торфяными почвами занимают около 901 тыс. гектаров, минеральные – 2014 тыс. гектаров. Проводятся работы по сокращению использования земель с торфяными почвами в качестве пахотных. Более половины осушенных сельскохозяйственных земель занимают земли с песчаными и супесчаными почвами, требующие окультуривания, а вследствие этого – более значительных затрат.

Практика показывает, что в условиях длительной эксплуатации выходят из строя мелиоративные системы и их элементы: происходят изменения продольного и поперечного профилей каналов за счет заилиения, размыва, обрушения откосов и дна каналов, зарастания их травяной и древесной растительностью. Наблюдается заиление, зарастание, разрушение дренажных линий, уменьшение их глубины в связи со сработкой торфа; разрушение водорегулирующих и других сооружений, их креплений и облицовок, ухудшение характеристик и выход из строя насосно-силового оборудования. Меняется состояние поверхности и структура почвы в результате уплотнения ее сельскохозяйственной техникой. Все это может привести к нарушению оптимальных агротехнических сроков посева и уборки сельскохозяйственных культур и условий их выращивания и в результате к значительному снижению продуктивности мелиорированных земель.

В 2015 г. в ходе уточнения материалов инвентаризации мелиоративных систем и гидротехнических сооружений установлено, что осушительные мелиоративные системы на площади 511,8 тыс. гектаров нуждаются в реконструкции (построены преимущественно в 1950–1970 годы, отработали нормативные сроки и физически износились). Кроме того, требуется реконструировать 1518 важнейших сооружений и более 400 километров дорог.

Проведения ремонтно-эксплуатационных работ требуют 18,2 тыс. километров каналов, заросших древесно-кустарниковой растительностью; 17,1 тыс. километров каналов, подверженных заилению; 75,9 тыс. сооружений требуют ремонта. В связи с ненадлежащим техническим состоянием мелиоративных систем и экономической нецелесообразностью восстановления 18,55 тыс. гектаров осушенных земель сельскохозяйственного назначения предложены к переводу в другие категории и виды.

В республике имеется 46,9 тыс. гектаров орошаемых сельскохозяйственных земель, в том числе на осушенных землях – 13,5 тыс. гектаров. Орошаемые земли находятся на территории всех областей. Большая их часть (65 процентов) сосредоточена в Минской и Могилевской областях.

Оросительные системы построены в Беларуси в основном в 1980–1990 гг. Поскольку срок службы поливной техники ограничен, за последние пять лет площадь орошаемых земель сократилась более чем в два раза. На 1 января 2015 г. оросительные системы на площади 40,1 тыс. гектаров находятся в работоспособном состоянии, на площади 7,6 тыс. гектаров – нуждаются в реконструкции и восстановлении. На остальной площади орошаемых земель поливная техника снята с учета по причинам износа и истечения срока амортизации поливного и насосно-силового оборудования.

В результате выполнения мелиоративных мероприятий в 73 районах республики обеспечено нормативное обслуживание мелиоративных систем. Благодаря принимаемым мерам продуктивность осушенных земель в 2006–2010 гг. составила на пашне 80–85 % к уровню 1986–1990 гг., на сенокосах и пастбищах – 65–70 % .

В 2015 г. реконструкция проведена на 185 мелиоративных объектах.

Реализация республиканской программы позволила на мелиорированных землях увеличить объемы произведенной продукции растениеводства и укрепить материально-техническую базу организаций по строительству и эксплуатации мелиоративных систем. В рамках программы приобретены 172 одноковшовых гусеничных экскаватора, 8 экскаваторов на пневмоходу, 43 очистителя каналов навесных, 156 тракторов, 15 автомобилей МАЗ, 34 автокрана, 57 экскаваторов-погрузчиков, 29 дренажнопромывочных комплексов, 36 дробилок древесных отходов, 79 ранцевых опрыскивателей, 24 мелиоративных опрыскивателя «Зубр».

В марте 2015 г. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 196 была утверждена Государственная программа развития аграрного бизнеса в Беларуси на 2016–2020 гг., в которую входит подпрограмма № 8 «Сохранение и использование мелиорированных земель 2016–2020».

Основная цель данной подпрограммы – повышение продуктивности мелиорированных земель за счет проведения мелиоративных мероприятий и осушения высокоплодородных земель.

Для достижения этой цели определены следующие основные задачи:

- обеспечение к 2020 г. оптимального водного режима для сельскохозяйственных растений на площади около 2,8 млн. гектаров;
- введение в сельскохозяйственное использование мелиорированных земель на площади 34,64 тыс. гектаров.

Основными задачами Государственной программы в области охраны почв и земель являются защита от эрозии, затопления и подтопле-

ния, загрязнения животноводческими стоками, восстановление ранее созданного потенциала осушенных земель и его увеличение, сохранение природно-ресурсного потенциала агроландшафтов и его использование в системе сельскохозяйственного производства, повышение продуктивности мелиорированных земель, их устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды, разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий выполнения работ, связанных с повышением почвенного плодородия.

Осуществление ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных сетях и агромелиоративных работ на мелиорированных землях обеспечит поддержание оптимального водного режима для выращиваемых сельскохозяйственных культур на площади около 2,8 млн. гектаров, что даст средневзвешенную прибавку урожая 9 центнеров кормовых единиц с гектара, или 25,2 млн. центнеров на осушенных землях. Прибавка урожая обеспечивает ежегодную окупаемость расходов на ремонтно-эксплуатационные работы и агромелиорацию.

Реконструкция мелиоративных систем на площади 421,4 тыс. гектаров при внесении оптимальных доз удобрений обеспечит рост урожайности в 1,3–3 раза в зависимости от вида культур и исходной степени изношенности систем. При средней прибавке 20 центнеров кормовых единиц с гектара в результате реконструкции мелиоративных систем будет получено дополнительно около 8,4 млн. центнеров кормовых единиц.

При соблюдении нормативного режима полива и рекомендуемых технологий производства с помощью дождевания обеспечивается урожайность капусты поздней – 500–600 центнеров с гектара, моркови – 380–420, яблоневого сада – 380–420 центнеров с гектара. Выращивание овощных культур на орошаемых землях позволит по северной зоне республики дополнительно получить капусты поздней 10 тонн с гектара, капусты ранней – 6, картофеля позднего – 4,5, картофеля раннего – 3, свеклы столовой – 8, моркови – 8 тонн, по южной зоне – соответственно 14, 8, 6, 6, 10, 10 тонн с гектара. В засушливые годы биологический эффект от искусственного полива будет выше.

В целях создания и поддержания требуемого водного режима для растений, а также их питания с использованием оросительных систем утилизируются животноводческие стоки. В этом случае при эксплуатации оросительных систем требуется решать вопросы охраны окружающей среды и обеспечения безопасности здоровья людей, в том числе строительства дополнительных сооружений и устройств, обеспечивающих защиту окружающей среды от загрязнения и комфортные условия проживания местного населения.

Особого внимания требуют мелиоративные системы, расположен-

ные на загрязненных радионуклидами землях (432 тыс. гектаров). Поддержание этих систем в рабочем состоянии и обеспечение благоприятного водного режима для растений уменьшат поступление радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию.

Финансовое обеспечение мероприятий Государственной подпрограммы осуществляется за счет средств, предусмотренных законодательством на финансирование мелиорации земель.

В результате реализации мероприятий Государственной подпрограммы в ближайшее время предусматривается повысить продуктивность мелиорированных пахотных земель до 5,7 тонн кормовых единиц с гектара, луговых земель – до 4 тонн кормовых единиц с гектара. В целом продуктивность мелиорированного гектара сельскохозяйственных земель в 2020 г. составит 4,8 тонны кормовых единиц и, таким образом, значительно приблизится к уровню его потенциального плодородия.

Главными составляющими достижения планируемого уровня продуктивности должны стать оптимизация водного режима на площади не менее чем 2,8 млн. гектаров осушенных земель и на этой основе коренное совершенствование системы земледелия и луговодства с максимальным учетом конъюнктуры рынка сельскохозяйственной продукции, структуры почвенного покрова мелиорированных и прилегающих к ним земель. Восстановление оросительных систем позволит увеличить продуктивность одного гектара сельскохозяйственных земель на 10–18 процентов.

Таким образом, основой успешного развития мелиорации земель в Республике Беларусь является продуманный государственный подход, обеспечивающий планирование, финансирование и необходимый контроль всего комплекса мелиоративного строительства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Желязко, В. И. Эколого-мелиоративные основы орошения земель стоками свиноводческих комплексов в условиях техногенного загрязнения агроландшафта: автореферат дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.02 / В. И. Желязко. – Минск, 2005. – 45 с.
2. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. – Минск: Национальный статистический комитете Республики Беларусь, 2020. – 370 с.
3. Государственная программа сохранения и использования мелиорированных земель на 2011–2015 гг. утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 31.08.2010 № 1262. – Минск, 2010. – 20 с.
4. Закон Республики Беларусь «О мелиорации земель» № 423-З от 23 июля 2008 г.: принят Палатой представителей 24 июня 2008 г.; одобрен Советом Респ. 28 июня 2008 г. – Минск, 2008.
5. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 гг. / Постановление Совета Министров Республики Беларусь, от 11 марта 2016. – № 196.

## ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СТЕПНОЙ ЗОНЫ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ КФХ «БЕЗУКЛАДОВ В. В.»

Д. О. МЕЛЬНИЧУК, магистрант,  
М. Р. ШАЯХМЕТОВ, канд. биол. наук, доцент,  
И. В. БЕЗУКЛАДОВ, аспирант  
ФГБОУ ВО «Омский ГАУ»,  
г. Омск, Российская Федерация

*В данной работе изучалось современное состояние почвенного покрова степной зоны Омской области на территории опорного семеноводческого хозяйства. Впервые с 1986 года проведено почвенное обследование с установлением типовой принадлежности и отбором образцов на агрохимический анализ. Установлен уровень обеспеченности основными элементами питания.*

**Ключевые слова:** почвенный покров, степная зона, черноземная почва, мониторинг сельскохозяйственных угодий.

Длительное время освоение почв юга Западной Сибири, в том числе и Омской области, и природопользование в целом осуществлялись без достаточной проработки экологических аспектов, а нередко их просто игнорировали. В итоге произошло нарушение естественной природной обстановки. Активное вмешательство человека в природную среду способствовало ухудшению условий развития природных экосистем. Природные системы степной зоны Омской области на 70–90 % изменены хозяйственной деятельностью человека за короткий период (50–60 лет). При этом главный тип использования земель – агроценозы зерновых и пропашных культур, которые слабо восстанавливают плодородие. Они были созданы на месте луговых, остепненных и настоящих степей. Особый вред экосистемам нанесло крупномасштабное освоение целинных земель, повлекшее за собой развитие дефляционных и эрозийных процессов, что привело к эволюции среднечерноземных почв в маломощные, а маломощных в почвы укороченной мощности. В связи с распашкой почвенного покрова практически во всех районах Омской области (особенно в Нововаршавском, Русско-Полянском, Черлакском) до 80–90 % прекратился рост естественного плодородия почв пашни, что вызвало уменьшение запасов гумуса, его процентного содержания и определило эволюцию среднечерноземных видов в малочерноземные.

В современных условиях сельское хозяйство нуждается во внедрении новых технологий, позволяющих уменьшать затраты на получение максимального урожая [3]. Одним из главных составляющих регулирования всего агропромышленного комплекса является наблюдение за состоянием сельскохозяйственных угодий [1].

*Цель исследования:* оценить современное состояние почвенного покрова КФХ «Безукладов В. В.» Нововаршавского района Омской области.

*Научная новизна:* Впервые для степной зоны Омской Области проведено полевое обследование с установлением типовой принадлежности почв (последнее почвенное обследование было проведено в 1986 году).

В качестве объектов исследования выступали почвы КФХ «Безукладов В. В.» Нововаршавского района Омской области, на которых было проведено почвенное обследование. Крестьянско-фермерское хозяйство расположено в степной зоне Омской области. Территория изучаемого хозяйства представляет собой слабоволнистую плоскую равнину со слабовыраженным микрорельефом. Климат умеренно-континентальный. Основными его чертами является холодная и продолжительная зима, короткое, но жаркое лето, короткие переходные сезоны – весна и осень. Самый жаркий месяц – июль, ср.  $t - 19,3$  °С, самый холодный – январь, ср.  $t - 19,2$  °С. Годовое количество осадков составляет 320 мм, что недостаточно для полного влагообеспечения растений в вегетационный период. Коэффициент увлажнения <1.

Методы исследования – полевые исследования; методы системного анализа, статистической обработки, синтезирования космических снимков, аналитических исследований.

В почве определяли содержание подвижных соединений фосфора и калия – по методу Ф. В. Чирикова в модификации ЦИНАО. Метод основан на извлечении подвижных соединений фосфора и калия из почвы раствором уксусной кислоты концентрации  $\text{CH}_3\text{COOH} = 0,5$  моль/дм<sup>3</sup> при отношении почвы к раствору 1:25 и последующем определении фосфора в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре и калия – на пламенном фотометре непосредственно распыляя вытяжку на пламя, с использованием светофильтра, пропускающего аналитические линии калия 766,5 и 769,9 нм.

Нитратный азот – дисульфифеноловым методом по Грандваль – Ляжу. Принцип метода: нитраты хорошо растворяются в воде, поэтому их извлекают из почвы водой, а затем количественно определяют колориметрическим методом. В основе получения окраски лежит взаимодействие дисульфифеноловой кислоты с нитратами, в результате чего образуется – тринитрофенол, который в щелочной среде дает соли, окрашивающие раствор в желтый цвет. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации нитратного азота.

РН водной суспензии. Сущность метода заключается в измерении разности потенциалов стеклянного электрода, чувствительного к ионам водорода и электрода сравнения, значение которой зависит от концентрации ионов водорода в растворе.

Углерод гумуса по методу И. В. Тюрина в модификации В. Н. Симанова. Метод основан на окислении углерода гумусовых веществ до

CO<sub>2</sub> 0,4 н. раствором двуххромово-кислого калия (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), приготовленного на серной кислоте, разведенной в воде в объемном отношении 1:1. Остаток хромовой смеси, не пошедший на окисление углерода, оттитровывают солью Мора. По количеству хромовой смеси, израсходованной на окисление органического углерода, судят о его количестве.

В Нововаршавском районе в почвенном покрове преобладают почвы черноземного ряда. Для характеристики плодородия данного участка был заложен разрез и отобрано 12 образцов из слоя 0–20 и 20–40 см.

Характеристика местоположения разреза, высота над уровнем моря 95 м, N 54,18348°, E 74,65020°. Микрорельеф – борозды. Угодье – пашня. Увлажнение атмосферное. Каменность отсутствует. Поверхность почвы однородная, местами трещиноватая. Культура донник. Засоренность посевов умеренная, сорняки представлены просом, мочлаем лозным, вьюнком полевым. Проективное покрытие почвы растениями составляло 60 %.

Морфологическое описание профиля чернозема обыкновенного солончаковатого маломощного среднегумусного тяжелосуглинистого приводится по разрезу. Оглеения нет, вскипание от 10 % HCl с 31 см, CaSO<sub>4</sub> с 65 см.

Горизонт, глубина, см	Морфологические признаки
A <sub>пах</sub> <sup>0-22</sup> / <sub>22</sub> см	Сухой, рыхлый, темносерый, тяжелосуглинистый, пылевато-комковатый. В горизонте присутствуют корневые системы растений. Переход в гор. АВ постепенный по цвету
АВ <sup>22-31</sup> / <sub>9</sub> см	Сухой, уплотненный, серый, неоднородный, с бурым оттенком, тяжелосуглинистый, пылевато-комковатый. Переход в гор. В <sub>1к</sub> постепенный по цвету
В <sub>1к</sub> <sup>31-65</sup> / <sub>34</sub> см	Сухой, уплотненный, светло-бурый, неоднородный, с серыми затеками и белесыми пятнами, глинистый, пылевато-комковатый, новообразования СаСО <sub>3</sub> в форме пропитки. Переход в гор. В <sub>2к</sub> постепенный по цвету
В <sub>2к</sub> <sup>65-87</sup> / <sub>22</sub> см	Свежий, плотный, бурый, неоднородный, с белесыми затеками и кристаллами гипса, глинистый, пылевато-комковатый, новообразования СаСО <sub>3</sub> в форме пропитки, СаSO <sub>4</sub> в виде гнезд. Переход в гор. В <sub>3к</sub> постепенный по цвету
В <sub>3к</sub> <sup>87-112</sup> / <sub>25</sub> см	Влажный, плотный, бурый, неоднородный, с белесыми пятнами, глинистый, комковатый, новообразования СаСО <sub>3</sub> в форме пропитки, СаSO <sub>4</sub> в форме гнезд. Переход в гор. С <sub>к</sub> постепенный по цвету
С <sub>к</sub> <sup>112-144</sup> / <sub>32</sub> см	Сырой, плотный, желто-бурый, неоднородный, с белесыми пятнами, глинистый, пылевато-комковатый, новообразования СаСО <sub>3</sub> в форме пропитки

Полевые исследования показали, что почва на современном этапе развития формируется в условиях повышенного гидроморфизма, о чем свидетельствует наличие гидрогенных аккумуляций в виде карбонатов кальция в пределах первого метра почвенной толщи.



Закон минимума Либиха гласит: полноценное развитие растения зависит от того элемента питания, который присутствует в минимальном количестве. Таким образом, от вещества, концентрация которого находится в минимуме, зависит рост, развитие растений и величина урожайности. При этом недостаток одного элемента не компенсируется избытком других. В то же время, в соответствии с законом толерантности, избыток какого-либо вещества может быть также вреден, как и недостаток [2, 4].

Кроме количества содержания питательных веществ в почве, необходимо знать соотношение элементов, принимающих участие в формировании урожая и доступность их растениям. Для условий Западной Сибири определено соотношение питательных элементов в почве, характеризующее сбалансированное питание и позволяющее определить, какой из элементов находится в первом минимуме.

Неправильное соотношение азота, фосфора и калия приводит к уменьшению продуктивности растений, поражения болезнями, снижению качества зерна и др. Для получения максимального урожая зерна высокого качества, необходимо преобладание азота в пределах 1,5 : 1 : 1–2.

Оптимальное соотношение этих элементов в слое почвы 0–30 и 0–40 см равно:  $P_2O_5$  мг/100 г  $\approx$   $NO_3$  мг/100 г  $\approx$   $K_2O$  мг/100 г.

Сбалансированное соотношение  $P_2O_5$ :  $NO_3$  равно 10,  $P_2O_5$  :  $K_2O$  равно 1. Если соотношение  $P_2O_5$  :  $NO_3$  меньше 10, то это свидетельствует о дефиците фосфора, если больше 10, то в почве в минимуме содержится азот. Аналогично характеризуется соотношение  $K_2O$  и  $NO_3$  [2].

Из табл. 1 видно, что обеспеченность элементами питания соответствует: от низкой (10,2 мг/кг) до средней (14,0 мг/кг) по азоту, по фосфору от средней (73,3 мг/кг) до повышенной (108 мг/кг) и очень высокой (188 мг/кг) по калию. Реакция среды нейтральная.

Таблица 1. Основные агрохимические показатели чернозема обыкновенного солончаковатого маломощного среднегумусового тяжелосуглинистого

№ п/п	рНв	рНс	Содержание мг/кг			Уровень обеспеченности мг/кг	
			N- $NO_3$	$P_2O_5$	$K_2O$	$P_2O_5/N-NO_3$	$P_2O_5/K_2O$
1	7,2	6,7	9,8	108	220	11,0	0,49
2	7,1	6,6	9,6	99,3	210	10,3	0,47
3	6,8	6,4	10,2	102	200	10,0	0,51
4	6,9	6,2	11,7	99,2	196	8,5	0,51
5	7,0	6,8	11,3	104	188	9,2	0,55
6	7,3	6,0	14,0	98,0	225	7,0	0,43
7	7,3	6,3	12,6	88,6	262	7,0	0,34
8	7,6	6,9	13,2	87,0	225	6,6	0,39
9	7,9	7,2	12,8	73,3	262	5,7	0,28
10	7,4	6,9	12,4	79,0	225	6,4	0,35
11	7,5	6,8	13,6	78,8	220	5,8	0,36
12	7,6	6,6	12,8	91,2	215	7,1	0,42

Современное гумусное состояние черноземных почв является результатом многовековой эволюции почв под влиянием антропогенной деятельности человека. Одним из главных информативных показателей гумусного состояния – запасы гумуса, которые объективно показывают общую тенденцию к ухудшению или улучшению гумусного состояния почвы, а также свидетельствуют об общих резервах питательных веществ в почве.

Таблица 2. Содержание гумуса в исследуемой почве степной зоны Омской области

№ поля	Гумус, %		
	0–20 см	класс по степени гумусированности	20–40 см
Поле 1. Донник	5,2	среднегумусированная	4,9

Согласно градации по Д. С. Орлову и Л. А. Гришиной, изучаемая почва в слоях 0–20 и 20–40 имеет среднее содержание гумуса.

По результатам почвенного обследования в 2021 г. было установлено современное состояние почвенного покрова исследуемого хозяйства (создана электронная почвенная карта исследуемой территории в масштабе 1:5000), определено содержание основных элементов питания и уровень их обеспеченности. Полученные данные переданы в крестьянско-фермерское хозяйство для разработки методов внесения удобрений в полевой сезон 2022 года.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Айрапетян, В. С. Расчет спектров поглощения некоторыми органическими веществами в инфракрасном диапазоне / В. С. Айрапетян, Т. А. Широкова, А. В. Антипов // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 6. – С. 76–79.
2. Ермохин, Ю. И. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур (на основе «ПРОД»): монография / Ю. И. Ермохин, И. А. Бобренко. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 284 с.
3. Методика формирования почвенных баз данных Беларуси, их интерпретация и использование / Г. С. Цыtron [и др.]. – Минск, 2011. – 44 с.
4. Мониторинг и картографирование почвенного покрова на основе пространственно-временного анализа / М. Р. Шаяхметов, А. М. Гиндемит, С. К. Макенова, М. С. Балуков, И. В. Безукладов, Р. Р. Сулейманов // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1 (41). – С. 68–75.

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭКОЛОГО-ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ ТЕРРИТОРИИ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Д. ПРУДНИКОВ, д-р с.-х. наук, профессор,  
А. Г. ПРУДНИКОВА, д-р с.-х. наук, профессор

ФГБУЗ ВО «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Смоленск, Российская Федерация

*В статье рассмотрена роль кормопроизводства в создании эколого-ландшафтной структуры на территории Смоленской области. Показана роль почвенного покрова и его характеристик в превращении современного земледелия в современный биокомплекс с минимальным выходом CO<sub>2</sub>.*

**Ключевые слова:** плодородие, системы земледелия, кормопроизводство.

Рельеф Смоленской области сложен и весьма контрастен. Неотектонические движения, деятельность ледников и талых вод в четвертичном периоде сопровождалась врезанием долинной сети, образованием лестницы аккумулятивных террас, формированием зандровых и аллювиальных равнин, грядово-моренных, озово-камовых, термокарстовых и иных форм экзогенного рельефа.

В Смоленской области размещены крупные и малые блоки литосферы, имеющие разные размеры направления движения. Самый крупный Вяземский блок и теперь поднимается со скоростью 2,5–3 мм в год. Блоки меньших размеров, расположенные западнее Дорогобужа и Смоленска, наоборот опускаются со скоростью 0,02–1,1 мм в год. Сложная мозаика блоков, образующих равнины, возвышенности и низины, подвергается непрерывным изменениям под действием текучих вод и гравитации [3].

В значительной степени основные черты рельефа области предопределены его приуроченностью к Смоленской возвышенности. Эта асимметричная возвышенность расчленена долинами рек на несколько блоков, имеющих различную геометрическую форму и высоту. На востоке располагается Вяземский блок, в котором максимальные высоты достигают 320 м над уровнем моря. Большая часть территории на востоке области имеет высоту 200–250 м над уровнем моря. В северо- и юго-западной частях области расположены в основном низины с высотами от 200 до 150 м. Она представлена преимущественно пологоволнистыми равнинами, обычно слабо и сильно расчлененными. Часто наблюдается холмисто-грядовый рельеф, который характерен в основном для наиболее высоких водоразделов.

Среди крупных форм рельефа выделяются три категории: возвышенности моноклонально-пластовые, равнины пластовые и низины

аккумулятивные. Выделяют Баклановскую, Духовщинскую, Краснинскую, Ельнинскую, Рославльскую и Гжатско-Протвинскую моноκлонально-пластовые возвышенности; Сафоновскую, Холм-Жирковскую, Ельнинскую, Гусинскую, Сожско-Деснянскую, Осьминскую, Ипутьско-Остерскую и Вазуско-Гжатскую пластовые равнины; Велижскую, Демидовскую, Приднепровскую и Угранскую аккумулятивные низины.

Согласно схеме гидроморфологического районирования, Смоленская область относится к провинции холмистых и плоских моренных и водно-ледниковых равнин. В зависимости от возраста, степени сохранности рельефа здесь выделены три подпровинции, две из которых приходятся на бассейн Днепра.

Холмисто-увалистый характер рельефу региона придает сложная разветвленная сеть речных долин, балок и оврагов. Густота долинно-балочной сети уменьшается от 1,1–1,4 км/км<sup>2</sup> на крутых правобережьях рек Сейма до 0,3–0,9 км/км<sup>2</sup> ближе к центральным частям междуречий. Глубина врезания речных долин (степень вертикального расчленения) редко превышает 80–100 м.

На поверхности водораздельных пространств (возвышенностях) часто встречаются пологие округлые углубления, так называемые «степные блюдца» просадочного происхождения диаметром до 50 м, редко больше. Неглубокие ложбины (лощины) такого же генезиса заходят сюда от истоков рек и вершин овражно-балочных систем. Все это придает рельефу междуречий мелковолнистый характер.

Бассейн Днепра, таким образом, характеризуется сравнительно высоким процентом эродированных земель расположенных в лесной зоне с избыточным увлажнением. Исследования процессов смыва почв, выполненные на территории области сотрудниками МГУ, позволили установить значительную интенсивность эрозионных процессов на полях, расположенных на склонах крутизной от 2–3 градусов и более [3].

На эрозию почв сильно влияют крутизна и форма склона. Наиболее сильно эродируются выпуклые склоны. При одинаковой крутизне с увеличением длины склона на 100 метров смыв с 1 га возрастает на 6–8 м<sup>3</sup>. Особенно сильно идет смыв на склонах южной экспозиции.

Кормопроизводство, занимающее значительную часть всей площади сельскохозяйственных угодий, является одним из ведущих стабилизирующих факторов, с помощью которого можно оптимизировать нарушенные агроландшафты. Масштабность кормопроизводства, а также высокая фитомелиоративная роль многолетних трав на пашне, сенокосах и пастбищах позволяют устранить многие деструктивные процессы, резко снизить эрозию, повысить плодородие почв и урожайность последующих культур [1]. Таким образом, многолетние травы – всепроникающий, системообразующий элемент устойчивого развития жизнеспособного сельского хозяйства. Эти важнейшие естественные, фундаментальные эколо-

го-биогеоценотические свойства многолетних кормовых трав проявляются на уровне видов, экотипов и сортов [1].

В последнее время в агропромышленном комплексе России в основном сформирована многоукладная экономика, осуществлена реорганизация многих предприятий, произошли значительные изменения в производственных и земельных отношениях, изменились границы сельскохозяйственных землепользования. Все это в значительной мере меняет экологическую ситуацию, в агроландшафтах, сказывается на устойчивости всей экосистемы, требует новых подходов к разработке природоохранных мероприятий. Особого внимания в связи с этим заслуживает бассейн Днепра.

Следует отметить, что многие сельскохозяйственные предприятия имеют одностороннюю специализацию, что существенно затрудняет оптимизацию ландшафтов и рациональную организацию территорий. Узкая специализация предопределяет интенсивное ведение одной отрасли, например выращивание зерна, необходимого для развивающегося свиноводства, что часто делает невозможным рациональную организацию севооборотов и существенно ограничивает применение природоохранной организации территории сельхозпредприятий, административных районов и области.

Резкое сокращение поголовья травоядных животных уменьшило потребность в травянистых кормах.

С точки зрения глобальной экологии, уменьшение антропогенной нагрузки обычно расценивается как благо, как стратегическое направление экологической стабилизации и безопасности. Но благой и идеалистической не получается, так как в гумидной зоне наблюдается не только вымывание питательных веществ из корнеобитаемого слоя, но и подкисление почвенного раствора. При кислой реакции среды обычно заметно снижается урожайность практически всех кормовых культур, а также повышается подвижность многих токсикантов, что приводит к повышению их содержания в кормах.

Общепринято, что современные системы земледелия должны строиться как ландшафтно-адаптивные системы. Задачи ландшафтно-адаптированных систем земледелия (ЛСЗ) заключается не только в оптимизации параметров ландшафта, обусловленных управляемыми факторами, но и в разработке методов адаптации производства к не трансформируемым компонентам природной среды. Основным свойством ЛСЗ является их многовариантность, позволяющая максимально полно учитывать характер окружающего среды. Ландшафтные системы земледелия, по мнению А. М. Лыкова [2], требуют значительного уточнения существующей специализации отрасли не только на макро-, но и на мезо- и микроуровне, что позволяет более полно использовать лимитирующие производство природные факторы. Современные

ландшафтные системы земледелия, по А. М. Лыкову должны отвечать следующим основным технологическим требованиям:

- 1) максимально возможная дифференциация ведения земледелия в зависимости от условий;
- 2) недопустимость включения в пашню низко продуктивных земель;
- 3) комплексная нормативная интенсификация земледелия с приоритетом биологических факторов;
- 4) отказ от прямоугольно-прямолинейной организации территории;
- 5) проведение комплекса мелиоративных мероприятий на основе оценки состояния элементарных агроландшафтов;
- 6) применение ландшафтно-ориентированной интегрированной системы защиты растений;
- 7) научно обоснованное применение удобрений и химических мелиорантов, обработки почв, плодосменных севооборотов;
- 8) интеграция всех видов хозяйств (коллективных, фермерских, приусадебных и др.) в общую систему земледелия.

Реализация обозначенных требований направлено на эффективное использование совокупности природных и производственных ресурсов агроландшафтов с целью получения высоких и стабильных урожаев и повышения экологической устойчивости природной среды. Процесс разработки ЛСЗ позволяет разработать уникальный комплекс элементов систем земледелия для каждого конкретного предприятия и максимально адаптировать новейшие (точные, координатные) технологии выращивания культур к природно-экономическим условиям хозяйства.

Основной принцип ЛСЗ – учет природных особенностей различных иерархических уровней биосферы. Он осуществляется при создании разноуровневых ЛСЗ, основанных на всемерном учете особенностей ландшафтной среды и адаптивных реакций растений на них. Особое внимание при разработке ЛСЗ должно уделяться анализу микроландшафтного строения территорий – характеру чередования в пределах основных групп геокомплексов элювиальных, транзитных и аккумулятивных местоположений.

В ходе разработки ЛСЗ любого уровня определяются параметры оптимального соотношения луга, леса и пашни, структуры посевных площадей и чередования культур, системы обработки почв, питания и защиты растений, а также ирригации и дренажа. Системы земледелия реальных хозяйств, разработанные на основе предлагаемых принципов, должны учитывать не только местные ландшафтно-производственные условия, но и особенности мезо- и макросреды территории, в пределах которой эти хозяйства находятся.

ЛСЗ области состоит из ряда более мелких систем, называемых региональными системами земледелия (РСЗ). РСЗ имеет три главных атрибута: а) агропроизводственные параметры (набор культур, соот-

ношение угодий, агроландшафтные мероприятия); б) совокупность типовых моделей ЛСЗ; в) методы переноса параметров моделей в условия реальных хозяйств.

Анализ характеристик природной среды агрогеосистем для определения основных направлений в разработке технологий выращивания культур (в рамках РСЗ) проводится на качественной и количественной основе. Для качественного анализа особенностей природной среды используются агроклиматические характеристики; характеристики литогенной основы, эрозийное состояние земель, характер использования земель.

Понятно, что при разработке и внедрении ЛСЗ кормовые культуры на пашне и природные луга являются основой экологически устойчивого каркаса территории. В Смоленской области разработали принципы создания систем земледелия. Основной проблемой по-прежнему является низкая экономическая устойчивость сельскохозяйственных предприятий, которая часто не позволяет реализовать тот минимум агротехнологических и организационных мероприятий, который свидетельствует о поступательном развитии отрасли предприятия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Косолапов, В. М. Кормопроизводство в сельском хозяйстве, экологии и рациональном природопользовании (теория и практика) / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова ю. – М., 2014. – 135 с.
2. Лыков, А. М. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья / А. М. Лыков, А. И. Еськов, М. Н. Новиков. – М. : Рос. акад. с.-х. наук : ГНУ ВНИПТИОУ, 2004. – 630 с.
3. Природа Смоленской области / под ред. В. А. Шкаликова . – Смоленск: Универсум, 2001. – 424 с.

УДК 631.4; 551.4(265+470)

## ЛАНДШАФТНЫЕ МОДЕЛИ АГРОЛАНДШАФТНОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ ТИХООКЕАНСКОГО ЛАНДШАФТНОГО ПОЯСА ГЕОСИСТЕМЫ ВОСТОК РОССИИ-МИРОВОЙ ОКЕАН

В. С. СТАРОЖИЛОВ, д-р геогр. наук, профессор

Тихоокеанский международный ландшафтный центр  
Дальневосточный федеральный университет,  
г. Владивосток, Российская Федерация

*Констатируется, что Тихоокеанский ландшафтный пояс (<https://doi.org/10.18411/a-2017-089>) как основа – модель научного и практического агроландшафтного освоения геосистемы Восток России-Мировой океан ранее не рассматривалась. В настоящее время в связи с освоением Востока России и организацией в ДВФУ нового «агроландшафтного сектора» появилась необходимость рассмотреть возможности применения ландшафтного подхода в практиках аграрного освоения Тихоокеанской зоны России.*

*Работа представляет собой продолжение комплексных исследований в целом сформировавшейся ландшафтной школы профессора В. Т. Старожилова (doi:10.24411/1728-323X-2020-13079, doi:10.18411/lj-05-2020-26). Отмечается, что комплексное изучение ландшафтной структуры обрамления Тихого океана имеет базовое значение для развития аграрной промышленности и представляется значимой тенденцией в создании продовольственной базы Тихоокеанского ландшафтного пояса геосистемы Восток России-Мировой океан.*

**Ключевые слова:** ландшафт, пояс, Тихоокеанский, освоение, океан.

«Разворот России к Тихому океану, динамичное развитие всех наших восточных территорий не только откроет нам новые возможности в экономике, новые горизонты, но и даст дополнительные инструменты для проведения активной внешней политики», – декларировал Владимир Путин в 2013 г. в послании Федеральному собранию. На Восточном экономическом форуме ежегодно заключается множество соглашений, направленных на всестороннее развитие Дальнего Востока России. Для продуктивного освоения и развития территорий Дальнего Востока, для построения гармонизированных с природой и океаном моделей освоения территории необходимо учитывать и ландшафтные особенности местности.

Моделирование природы представляет собой продолжение комплексных исследований в целом сформировавшейся ландшафтной школы профессора В. Т. Старожилова (doi:10.24411/1728-323X-2020-13079, doi:10.18411/lj-05-2020-26)), работ по Тихоокеанскому ландшафтному поясу (doi:10.18411/a-2017-089), (<https://doi.org/10.18411/a-2017-089>), а также разработанных парадигм: общей Дальневосточной ландшафтной парадигмы и Дальневосточной ландшафтной парадигмы индикации и планирования (doi:10.18411/lj-05-2020-26), разработок по картографическому оцифрованному ландшафтному обеспечению индикации, планирования и геоэкологического мониторинга юга Тихоокеанского ландшафтного пояса России (doi:10.18411/lj-05-2020-27), а также по «Ландшафтному звену выстраивания планирования и развития экономических, градостроительных и др. структур осваиваемых территорий» (doi: 10.18411/lj-09-2020-36), «О необходимости принятия к практической реализации новую ландшафтную стратегию к пространственному развитию геосистемы континент-Мировой океан» (doi: 10.24412/1728-323X-2021-2-36-43) и разработок «к пространственному развитию территорий: районирование Тихоокеанского ландшафтного пояса геосистемы Восток России-Мировой океан ([doi.org/10.24412/1728-323X-2021-4-58-69](https://doi.org/10.24412/1728-323X-2021-4-58-69)).

Комплексное изучение геосистемы континент-Мировой океан, выделение ландшафтной структуры Тихоокеанского ландшафтного пояса, а также появление картографических документов (в том числе ландшафтных карт) имеет базовое значение при формировании страте-





Значимым является то, что в основу выделения ландшафтной основы-модели при освоении зоны перехода положены многолетние авторские полевые геолого-географические и географические научные и производственные исследования обширной территории окраинной зоны Востока России, которые в свою очередь включают полевые исследования Сихотэ-Алинской, Сахалинской, Камчатской, Анадырьской ландшафтных областей [1–6]. В целом отметим, что весь полученный полевой и научный материал по ландшафтной основе-модели анализировался на междисциплинарном уровне, осмысливался и формулировался и благодаря этому была определена целостность континентального обрамления и сопряженных с ним окраинных морей Тихого океана, выделенных как Тихоокеанский ландшафтный пояс, и как географической единицы и важность ее для выполнения задач освоения обрамления и окраинных морей Тихого океана. При обосновании применения ландшафтного пояса как основы – модели при освоении окраинно-континентальной переходной зоны к океану использовались материалы практической реализации ландшафтного подхода с применением ландшафтной индикации в различных областях природопользования. Особо отметим, что для определения ландшафтной целостности Тихоокеанского ландшафтного пояса, как структурной единицы Земли соизмеримой с фокусом максимального взаимодействия океана и Азиатского континента, применены материалы авторских палеогеографических исследований. Применены результаты геологических и палеогеографических реконструкций по установлению генезиса, состава и тектонической эволюции фундамента пояса. Применена авторская концепция геодинамической эволюции зоны перехода Азиатского континента к океану.

Использовались материалы, полученные по итогам многочисленных экспедиций на Сахалине, Камчатке, Чукотке и других территориях Тихоокеанского ландшафтного пояса России, и, в частности новые векторно-слоевые картографические материалы по отдельным регионам зоны континентального обрамления (сихотэ-алинской, сахалинской и др. ландшафтным областям). При обосновании применения ландшафтного пояса как основы – модели при освоении окраинно-континентальной переходной зоны к океану использовались материалы практической реализации ландшафтного подхода с применением ландшафтной индикации в различных областях природопользования, материалы по организации и структурам ландшафтов и профилям через континентальное обрамление и сопряженных с ними окраинным морям, в которых отражено установленное нами внутреннее содержание ландшафтов территории пояса в системе ландшафт, вид, род, подкласс, класс, округ, провинция, область, пояс. Использовался материал по выделенным высотно-ландшафтным комплексам горных, островных, озерных геосистем, а также их водосборов.

Весь имеющийся материал анализировался на основе сопряженного анализа и синтеза межкомпонентных и межландшафтных связей с учетом окраинно-континентальной дихотомии и данных по орогеническому, орографическому, климатическому и фиторастиельному факторам формирования географически единых территорий. Получены следующие результаты.

При познании, формулировании возможностей и необходимости применения материалов по Тихоокеанскому ландшафтному поясу (Российское звено) получен фундаментальный результат настоящих исследований, заключающийся в том, что для реализации рассмотрения возможностей и необходимости применения материалов необходимо иметь прежде всего оцифрованную векторно-слоевую морфологическую ландшафтную основу. Такие основы как в целом по поясу, так и по его отдельным регионам получены (Сихотэ-алинской, Сахалинской ландшафтными областями и др.). Для реализации поставленных задач получены, прежде всего, оцифрованные векторно-слоевые морфологические ландшафтные модели (векторно-слоевые ландшафтные карты), которые на цифровом уровне дают знание строения географического пространства рассматриваемого объекта. Этот результат позволяет проанализировать территории по оцифрованным выделам ландшафтов. Сравнить внутреннее содержание таких таксонов, как ландшафт, вид, род, подкласс, класс, тип, округ, провинция, область, пояс. Затем решать задачи по практикам агроландшафтного освоения. Тем более, что результат включает современное компьютерное программное обеспечение.

Синтез, анализ обеспеченности Тихоокеанского ландшафтного пояса современными векторно-слоевыми картографическими материалами, составленными на основе современных требований картографии и математического обеспечения показывает следующую общую картину такой обеспеченности. Составлены карты и объяснительные записки к ним:

1. Карта ландшафтов Тихоокеанского ландшафтного пояса, областей и прилегающих морей в масштабе 1:3 000 000 (автор В. Т. Старожилов). На карте также выделены ландшафтные области: Сихотэ-алинская, Нижнеамурская, Прихотская, Колымская, Анадырская, Чукотская, Корякская, Камчатская, Сахалинская, аквапонская, аквахотская, акваберинговская.

2. Ландшафтная карта Приморского края масштаба 1:1 000 000 (автор Старожилов В. Т., сжатая версия электронной карты ландшафтов Приморского края масштаба 1:500 000).

3. Карта ландшафтного районирования Приморского края масштаба 1:1 000 000 (автор В. Т. Старожилов). Выделено 54 округа, 8 провинций, 4 области.

4. На основе базовой карты ландшафтов Приморского края (на карте картографировано 3156 выделов ландшафтов), так как она цифровая, то было получено отдельных 3156 карт по всем выделенным на карте выделам ландшафтов. На основе карты районирования, так как она цифровая векторно-слоевая, то было получено отдельных 66 карт ландшафтных единиц районирования.

5. Впервые для АТР издана (автор В. Т. Старожилов) объяснительная записка к карте ландшафтов Приморского края масштаба 1:500 000. В ней описано 3156 выделов ландшафтов.

6. На основе основной векторно-слоевой карты ландшафтов Приморского края составлены частные векторно-слоевые карты ландшафтов и высотно-ландшафтных комплексов островных, озерных и горных водосборов Тихоокеанского ландшафтного пояса, в том числе составлена карта ландшафтов и высотно-ландшафтных комплексов водосбора озера Ханка.

7. Ландшафтные карты острова Сахалин в масштабе 1:500 000 и 1:1000 000.

8. Ландшафтная карта урочищ и групп урочищ о. Русский и прилегающих к нему островов Владивостокского городского округа масштаба 1:25 000.

9. Карта положения и эволюции палеоструктур и сопряженных с ними элементов зоны перехода северо-востока Азии к Тихоокеанской плите.

Карты представляются значимым академическим творением в сфере цифровых карт, основанном на огромном опыте изысканий в области теории, а также практике ландшафтоведения, и вплоть до этих пор в части обзорности и содержательности не имеет аналогов для территории Азиатско – Тихоокеанского региона (АТР), охватывая Азиатские государства. Карты принадлежат к картам новейшего поколения, в которых в перспективе станут отображать в цифровом виде не отраслевые слои компонентов, но слои классификационных единиц ландшафтов. Немаловажно в таком случае то, что карты нацелены на практическую реализацию ландшафтного подхода в освоении земель, а также способны быть применены как естественные модели «фундамент» с целью формирования гармонизованных с природой экологических, гидрологических, экономических, социальных и др. моделей освоения территорий.

Также установлено, что получен фундаментальный результат по ландшафтам континентального обрамления Тихого океана в системе ландшафт, вид, род, класс, тип, округ, провинция, область, пояс, который нужно использовать в решении вопросов агроландшафтного освоения.

Итак, на Дальнем Востоке, в России под руководством профессора В. Т. Старожилова территория обрамления и окраинных морей Тихого

океана выделяется как географически целостный Тихоокеанский ландшафтный пояс и как основа – модель научного и практического агроландшафтного освоения геосистемы океан-континент, которая способна решать практические задачи по освоению территорий обрамления и окраинных морей Тихого океана и задачи освоения Мирового океана. Это сделано с использованием цифровых компьютерных технологий. В свою очередь применение компьютерной технологии векторно-слоевого ландшафтного метода создают платформу для разработки планов и проектов освоения. Она также является платформой для обучения студентов. Современное географическое понимание пояса как основы-модели его освоения выводит образование, науку и практику на новый информационный и прикладной уровни и позволит его рассматривать как эффективную ландшафтную модель «фундамент» для построения гармонизированных с ней агроландшафтных моделей. В целом необходимо выстроить новую схему научного и прикладного планирования и управления агроландшафтным освоением геосистемы океан-континент и решением вопросов освоения Мирового океана. Именно азональные пояса, такие как Тихоокеанский ландшафтный пояс, представляют не достающее звено в комплексном изучении Востока России. Он представляется конкретным базовым структурным элементом геосистемы океан-континент, объектом комплексной систематизации материалов, планирования, управления освоения как окраинной континентальной и морской зоны Тихого океана. Пояс представляет собой равноценную часть диалектической пары океан-континент и такая его роль в геосистеме определяет высокую его значимость при освоении не только тихоокеанской континентальной части, но и Мирового океана.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Старожилов, В. Т. Ландшафтные геосистемы Сахалинского звена Тихоокеанской России / В. Т. Старожилов // Научная дискуссия: гуманитарные, естественные науки и технический прогресс: матер. VII Всеросс. науч.-практ. конф. – Владивосток, 2015. – С. 54–64.
2. Старожилов, В. Т. Эколого-ландшафтный подход в формировании региональной экологической политики на территории стран АТЭС / В. Т. Старожилов // Шестые Гродековские чтения. Актуальные проблемы исследования Российской цивилизации на Дальнем Востоке: межрег. научно-практ. конф. – Хабаровск, 2009. – С. 24–28.
3. Старожилов, В. Т. Эколого-ландшафтный подход к промышленным территориям юга Дальнего Востока // В. Т. Старожилов // Современные геофизические и географические исследования на Дальнем Востоке России: матер. 9-й научн. конф., Владивосток: конф. приурочена к Всемирным дням воды и метеорологии, а также к 110-летию ДВГУ и 45-летию ГФФ. Дальневосточный госуд. университет, Ин-т окружающей среды; под редакцией Н. В. Шестакова. – Владивосток, 2010. – С. 155–158.
4. Старожилов, В. Т. Проблемы ресурсопользования, структура и пространственная организация ландшафтов приокеанских Дальневосточных территорий / В. Т. Старожилов // Науки о Земле и отечественное образование: история и современ-

ность: матер. Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. памяти академика РАО А. В. Даринского; Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, факультет географии. – 2007. – С. 310–312.

5. Старожилов, В. Т. Картирование ландшафтов и геодинамическая эволюция фундамента Дальневосточных территорий / В. Т. Старожилов // Ноосферные изменения в почвенном покрове: материалы Междунар. науч. конф. Дальневост. гос. ун-т; под общ. ред. А. М. Дербенцева. – 2007. – С. 174–178.

6. Ландшафтные условия развития эрозионно-денудационных процессов юга Дальнего Востока / В. Т. Старожилов [и др.]. – Владивосток, 2008.

УДК 631.41+532.77

## ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ФЕРГАНЫ

А. Т. ТУРДАЛИЕВ, д-р биол. наук, доцент,  
М. М. ХАЙДАРОВ, д-р физ. биол. наук (PhD)

Ферганский государственный университет,  
г. Фергана, Республика Узбекистан

*В статье приведены изменения концентрации почвенного раствора орошаемых земель Центральной Ферганы. Определено что, в результате повышения концентрации почвенного раствора, увеличивается степень засоления почвы и образуются гипсовые горизонты. Концентрация почвенных растворов в этих педолитных горизонтах варьирует в пределах 4,1–6,2 г/л, что ниже, чем в почвенных горизонтах.*

**Ключевые слова:** почвенный раствор; концентрация; аккумуляция; барьер; гипс.

В настоящее время в результате процессов деградации посевных площадей, опустывания и заболачивания, засоления и загрязнения земель выпадают из сельскохозяйственного оборота. В мире исследование химических, геохимических и других особенностей засоленных почв является одной из актуальных проблем земледельческой практики на орошаемых площадях.

Для повышения плодородия почв птичий помет является нейтральным удобрением. Кальций и магний, находящиеся в помете, снижают кислотность почвы, а полезные микроорганизмы повышают ее биологическую активность [2].

В Центральной Фергане при средней степени минерализации и слабого стока минерализованных грунтовых вод в пустынных условиях в засоленных почвах с низким содержанием гумуса при соотношении C:N 5,2–7,9 формировались луговые сазовые педолитные почвы. Обнаружены педолитные горизонты на различных глубинах от поверхности.

В аридных регионах, при слабой степени природной дренированности, даже малое содержание солей в грунтовых водах приводит к их аккумуляции, следовательно, к засолению почв. В поливных условиях содержание солей в поливных водах в количестве 1–1,5 г/л служит дополнитель-

ным источником аккумуляции солей в почвах. При этом нарушается солевое равновесие и качество. Ясно одно, простые соли в почвах, несмотря на их подчиненное положение, влияют на энергетику почв и почвообразование, на физические, химические и геохимические свойства. Также сильно влияют на протекающие в почве различные процессы [3].

Всем известно, почвенный раствор состоит из жидкой фазы почвы в природных условиях. В ней происходят и продолжают происходить важные внутрипочвенные химические процессы. Из этого раствора питаются растения, а также получают необходимые элементы и энергию, живут и развиваются различные микроорганизмы. Почвенный раствор засоленных почв имеет большое практическое значение в определении и управление их водно-солевого режима, в определении мелиоративных мероприятий, создании приемлемых условий для растений.

Между процессом формирования почвы и почвенным раствором существует неразрывная связь и почвенные растворы различного типа различаются между собой по составу и концентрации, то есть каждого почвенного типа представляется присущими только ей свойствами.

Морфологические и физико-химические, агрохимические характеристики длительно орошаемых почв коренным образом изменяются. Действие поливных вод при неправильном использовании оросительных вод без достаточного научного обоснования на почвы неоднозначно: в них может идти отрицательные процессы, как вторичное засоление, сильное уплотнение и т. д. [4, 5].

Получение инертных жидкостей, в том числе, метод выделения почвенного раствора при помощи этилового спирта нашли свое отражение в работах Н. А. Комаровой [1]. В наших исследованиях использован разработанный и рекомендованный Н. А. Комаровой метод центрифугой. Почвенно-химические анализы проведены, согласно описанию «Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследования в поливных районах».

Цель исследования: изучить динамику концентрации почвенных растворов и определит степени засоления, мелиоративного состояния засоленных орошаемых почв.

В проведенных нами исследованиях были выделены, измерены и проанализированы почвенные растворы всех представленных образцов.

Из приведенных данных в таблице видно, что концентрация почвенных растворов в педолитных горизонтах изученных почв варьирует в пределах 4,1–6,2 г/л, что ниже, чем в почвенных горизонтах. При этом коэффициент вариации составляет 2,68–8,30 %, точность составляет 1,09–3,39 %. С ростом окультуренности наблюдается уменьшение содержания как токсичных, так и не токсичных солей. Это положение четко наблюдается при сопоставлении данных разрезов 7А, 9А с разрезом 6А.

### Изменение концентрации почвенного раствора

Разрез	Глубина, см	Статистический анализ (n = 6)				
		M <sub>x</sub>	± δ	v, %	± m	p, %
7A	0–28	6,3	0,52	8,30	0,21	3,39
	28–36	7,1	0,28	3,9	0,11	1,60
	36–93	10,2	0,47	4,65	0,19	1,90
	<b>93–111</b>	<b>5,5</b>	<b>0,31</b>	<b>5,61</b>	<b>1,26</b>	<b>2,29</b>
	111–140	8,1	0,22	2,76	9,12	1,13
	140–200	7,8	0,32	4,14	0,13	1,69
6A	0–18	6,8	0,30	4,41	0,12	1,80
	18–32	8,5	0,29	3,46	0,12	1,41
	<b>32–55</b>	<b>6,2</b>	<b>0,34</b>	<b>5,45</b>	<b>0,14</b>	<b>2,23</b>
	55–80	8,0	0,36	4,47	0,15	1,82
	80–140	7,9	0,61	7,80	0,25	3,18
	140–200	7,4	0,36	4,81	0,15	1,96
8A	0–18	5,8	0,29	5,08	0,12	2,07
	<b>18–33</b>	<b>4,1</b>	<b>0,23</b>	<b>6,62</b>	<b>9,33</b>	<b>2,29</b>
	33–83	7,7	0,21	2,76	8,71	1,13
	83–121	8,1	0,27	3,34	0,11	1,36
	121–157	7,2	0,35	4,94	0,14	2,02
	157–202	7,4	0,29	3,86	0,12	1,57
9A	0–40	5,5	0,44	7,99	0,18	3,26
	40–55	6,1	0,16	2,68	6,67	1,09
	55–89	6,3	0,33	5,21	0,13	2,13
	89–143	7,3	0,32	4,42	0,13	1,81
	143–212	7,5	0,35	4,68	0,14	1,91

Такое изменение концентрации почвенного раствора связано в первую очередь, место, занимаемой почвой в сельском хозяйстве и степень ее засоленности, а также имеющими плохую водопроницаемость гипсовыми слоями.

Для земель Центральной Ферганы, не имеющими дренажа и где отсутствует или имеется очень слабое подземное течение характерна аккумуляция продуктов осыпания. Если относительно богаты хлоридными солями грунтовые воды на своем пути встречаются с гипсовыми веществами, то они обогащаются ими в определенной степени. При достижении этого раствора барьера испарения, за счет испарения воды, почва-грунт засаливается и образуются гипсовые горизонты.

Вокруг капиллярных линий могут возникнуть и гипсовые плитки. Если, в составе грунтовых вод имеется большое содержание сульфатов, т. е.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{MgSO}_4$ , то, как было отмечено выше, растворимость гипса понижается, однако растворимость карбонатов постепенно будет повышаться.

Протекающие и накапливающиеся грунтовые воды в Центральной Фергане, также как и другие грунтовые воды формируются в горно-адырных регионах и имеют гидрокарбонатный состав. В результате сульфатизации и хлорирования этих вод, в результате обменных реак-



ции на местах в грунтовых слоях происходят процессы известкования и гипсования, в результате чего щелочной показатель в грунтовых водах понижается, а хлорид сульфатный показатель повышается.

В поливных условиях содержание солей в поливных водах в количестве 1–1,5 г/л служит дополнительным источником аккумуляции солей в почвах. Наличие простых солей ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) в почвах, несмотря на их подчиненное положение, влияет на энергетику почв и почвообразования, на физические, химические и биогеохимические свойства [4].

И наконец, если существует  $\text{MgSO}_4$  и  $\text{CaCO}_3$ , то при определенных условиях в грунтах будет происходить процесс гипсования.

Как было отмечено выше, этот процесс можно наблюдать на орошаемых почвах Центральной Ферганы. Кроме всего этого, между почвой и находящимися в ней минералами, коллоидными частицами постоянно происходят физико-химические процессы, в результате чего изменяются свойства почвы и миграция в ней элементов, а также в зависимости от среды образуются  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgCO}_3$  и происходит процесс цементирования.

Приближения грунтовых вод к поверхности земли, их испаряемость достигает высокой отметки, в испаряемых барьерах пустынных регионов аккумулируются соли. Ежегодно с поверхностей земель Центральной Ферганы происходит испарение 1000–1500 мм вод, в результате воздействия слабоминерализованных вод, при испарении ежегодно скапливается 0,5–1,5 т/га солей, т. е. она остается на верхних слоях почвы. Это повышает концентрацию почвенного раствора и степень засоленности почв.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Комарова, Н. А. Методы выделения почвенных растворов / Н. А. Комарова // Физико-химические методы исследования почв: сб. науч. тр. – М., 1968. – 78 с.
2. Персикова, Т. Ф. Система мероприятий по рациональному использованию куриного помета: рекомендации / Т. Ф. Персикова, М. В. Царева. – Горки, 2019.
3. Физико-химические, геохимические особенности и их влияние почвенно-экологические состояние гидроморфных почв / А. Т. Турдалиев [и др.] // Научное обозрение. Биологические науки. – 2019. – № 4. – С. 44–49.
4. Турдалиев, А. Т. Динамика концентрации почвенных растворов засоленных земель / А. Т. Турдалиев, Н. М. Ходжиболаева // Научный вестник ГОУ ЛНР «Луганский национальный аграрный университет». – 2020. – № 8. – Т. 1. – С. 32–37.
5. Юлдашев, Г. Энергетический потенциал гумуса сероземов / Г. Юлдашев, М. Хайдаров // Научный вестник Наманганского государственного университета. – 2019. – № 11. – С. 62–67.

## СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БАССЕЙНА РЕКИ ГУРЬЕВКА (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А. С. УМАНСКИЙ, канд. биол. наук

ФГБОУ «Калининградский государственный технический университет»,  
г. Калининград, Российская Федерация

*В статье отражены результаты полевых исследований почвенного покрова бассейна малой реки в западной части Калининградской области, проводившихся с 2016 по 2021 год. Установлено преобладание бурых лесных почв над дерново-подзолистыми в автоморфных позициях ландшафтов среднего и нижнего течения реки.*

**Ключевые слова:** структура почвенного покрова, бурые лесные почвы, дерново-подзолистые почвы, дерново-глеевые почвы.

Изучение структуры почвенного покрова имеет важное значение при планировании рационального использования почв. Особенно важно учитывать неоднородность почв на территориях, где на сочетание пестроты почвообразующих пород и расчлененность рельефа накладывается активное антропогенное воздействие, связанное с ростом площадей населенных пунктов. Примером такой территории может служить бассейн реки Гурьевки, притока реки Преголи, протекающей в западной части Калининградской области [2].

Исследования проводились в 2016–2021 гг. на 8 ключевых участках: «Дорожный», «Медведевка», «Верхнегурьевский пруд», «Гурьевск-1», «Гурьевск-2», «Новый-1», «Новый-2», «Прибрежное». Первые три участка характеризуют водосборную площадь верхнего течения реки (выше г. Гурьевска), остальные отражают почвенный покров территорий расположенных вдоль среднего и нижнего течения Гурьевки (от г. Гурьевска до устья).

Участки «Верхнегурьевский пруд», «Медведевка», «Дорожный» заложены на верхних надпойменных террасах, ключевой участок «Прибрежное» заложен в пойме реки. Почвенный покров участка «Медведевка» представлен комплексами бурых лесных и окультуренных дерново-подзолистых иллювиально-железистых почв, на ключевых участках «Дорожный» и «Верхнегурьевский пруд» преобладают дерново-подзолистые и дерново-глеевые почвы, бурые лесные почвы не выявлены [3; 4]. Почвообразующими породами выступают водноледниковые отложения (песчаного и супесчаного гранулометрического состава). Почвы имеют мощный гумусово-аккумулятивный горизонт (более 20 см), свидетельствующий об их длительном окультуривании [3; 4]. В средней части профиля отмечается наличие плотных, ожелезненных горизонтов, мощностью от 12 до 27 см. Почвы с развитым орт-

зандовым горизонтом характерны для западной части Калининградской области и обычно приурочены к пологим межхолмным понижениям, сложенным песчано-супесчаными породами [1]. Реакция среды кислая, подробнее химические свойства данных почв рассмотрены ранее [3].

Почвенный покров поймы представлен комбинациями дерново-глебовых и аллювиальных болотных почв.

Участки «Гурьевск-2», «Новый-1» и «Новый-2», представляющие собой полигоны-трансекты, и участок «Гурьевск-1», являющийся геохимической катеной, заложеной в долине реки Гурьевки, изучены наиболее подробно.

Участок «Новый-1» заложен в лиственном лесу (доминанты – клен остролистный (*Acer platanoides* L.), граб (*Carpinus betulus* L.), липа (*Tilia cordata* L.), ясень (*Fraxinus excelsior* L.)), произрастающем на верхней надпойменной террасе и склонах долины. Почвенный покров представлен бурыми лесными оглеенными почвами. Реакция среды преимущественно кислая, но в средней и нижней части профиля отмечаются включения мергеля, которые придают горизонтам нетипичную для бурых лесных почв нейтральную реакцию среды. Сходные явления отмечены и для бурых лесных почв ключевого участка «Гурьевск-1», заложеного в 3 км выше по течению.

Участок «Гурьевск-2» заложен на пологом склоне юго-западной экспозиции, занятым разнотравно-злаковым лугом. Автоморфные и транзитные позиции рельефа заняты бурыми лесными глееватыми почвами легко- и среднесуглинистого состава, трансаккумулятивные и аккумулятивные – дерново-глебовыми почвами. К факторам дифференциации почвенного покрова следует отнести неоднородность почвообразующих пород. Наряду с преобладающими желто-бурыми моренными суглинками в средней трети склона отмечены выходы красно-бурых озерно-ледниковых отложений.

Для морфологического строения бурых лесных почв характерно наличие гумусово-аккумулятивного горизонта мощностью 10–17 см (средняя мощность – 13,57 см), сменяющегося переходным горизонтом АВ (выражен не во всех профилях). В средней части выделяются горизонты В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> (горизонт В<sub>3</sub> выражен только в одном из профилей). Нижняя часть профиля, как правило, оглеена ниже 50–60 см, реже – ниже 65–75 см. В нижней части профиля разреза 16, заложеного на вершине моренного холма, отмечена неоднородность гранулометрического состава – средние суглинки в горизонте В<sub>3</sub> сменяются легкими.

Реакция среды в верхней части профиля – от слабокислой (рН = 5,10...5,16) до близкой к нейтральной (рН = 5,50...5,56), в одном из разрезов – сильнокислая (рН = 4,28). Почвообразующие породы кислые (рН = 3,58...5,06).

Участок «Новый-2», заложенный в долине реки Гурьевки, отличается большей неоднородностью почвенного покрова по сравнению с ключевым участком «Гурьевск-2». К верхней части склона, непосредственно примыкающей к надпойменной террасе приурочены бурые лесные оглеенные среднесуглинистые почвы, образующие комплексы дерново-подзолистыми иллювиально-железистыми глееватыми окультуренными супесчаными почвами на двучленных отложениях. Похожие комбинации можно наблюдать на ключевом участке «Медведевка», но если на участке «Медведевка» ареалы бурых лесных почв приурочены к лесным фитоценозам с преобладанием осины (*Populus tremula* L.), то на участке «Новый-2» растительность представлена злаково-разнотравными ассоциациями, характерными для молодых залежей (золотарник канадский (*Solidago canadensis* L.), полынь черная (*Artemisia vulgaris* L.), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* Roth.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski). Строение профиля характеризуется большим разбросом значений мощности горизонтов  $A_1$  (от 6 до 25 см). Глубина оглеение – ниже 70 см (в одном из разрезов – с 48 см). Реакция среды в верхней части профиля кислая (pH = 4,70...4,90), в одном из разрезов – близкая к нейтральной (pH = 5,65), в нижних горизонтах – от сильнокислой (pH = 4,15) до среднекислой (pH = 4,70).

Нижняя треть склона характеризуется преобладанием дерново-глеевых почв, отличающихся мощным (20–30 см) гумусово-аккумулятивным горизонтом. Реакция среды – кислая (pH = 4,85...5,27).

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы.

1. Для территорий в верхнем течении реки Гурьевки характерно преобладание почвенных комбинаций, образованных дерново-подзолистыми (в том числе иллювиально-железистыми) и дерново-глеевыми почвами, сформировавшимися преимущественно на водно-ледниковых песках и супесях. Бурые лесные почвы встречаются реже и формируются на суглинистых почвообразующих породах.

2. Преобладающими почвами в среднем и нижнем течении р. Гурьевки являются бурые лесные почвы, сформированные на суглинистых моренных и водно-ледниковых отложениях. Дерново-подзолистые иллювиально-железистые почвы встречаются редко и приурочены к выходам двучленных пород. Дерново-глеевые почвы занимают подчиненное положение и локализованы в трансаккумулятивных и аккумулятивных фациях.

3. Основными топографическими рядами почв для бассейна реки Гурьевки являются: а) для верхнего течения: дерново-подзолистые (в том числе иллювиально-железистые) – дерново-глеевые-аллювиальные бо-

лотные; б) для среднего и нижнего течения – бурые лесные – бурые лесные глеевые-дерново-глеявые – аллювиальные болотные.

Выполнено в рамках НИР (ОО ПНД и НТИ КГТУ) 13.16.022.2. Почвенные ресурсы Калининградской области: оценка, использование, продуктивность, управление.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анциферова, О. А. Почвы Замландского полуострова и их антропогенное изменение. / О. А. Анциферова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2008. – Ч. I: Факторы почвообразования. Почвы подзолистого и буроземного рядов. – 397 с.
2. Буйняченко, П. П. Анализ антропогенной нагрузки на гидрографическую сеть бассейна реки Гурьевка / П. П. Буйняченко // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов: Междунар. науч. конф. – Калининград: ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет», 2016. – С. 168–171.
3. Уманский, А. С. Химические свойства антропогенно-измененных почв бассейна реки Гурьевки / А. С. Уманский // Экология речных бассейнов: труды IX Междунар. науч. конф. – Владимир: Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, 2018. – С. 317–322.
4. Уманский, А. С. Почвенный покров сенокосов и залежей бассейна реки Гурьевки / А. С. Уманский, М. Н. Пикалов // Балтийский морской форум: материалы VIII Междунар. Балтийского морского форума. – Калининград, 2020. – С. 182–186.

УДК 631.412.417.2

### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕЗАМЕНИМЫХ АМИНОКИСЛОТ В ТЕМНЫХ СЕРОЗЕМАХ

М. М. ХАЙДАРОВ, д-р физ.-биол. наук (PhD),  
Г. ЮЛДАШЕВ, д-р с.-х. наук, профессор

Ферганский государственный университет,  
г. Фергана, Республика Узбекистан

*Работа направлена на изучение потенциальной энергии в целинных и орошаемых темных сероземах севера Ферганы через энергии, некоторых аминокислот. Каждая аминокислота в отдельности содержит определенный пай энергии это их отличает между собой.*

**Ключевые слова:** незаменимые аминокислоты, гистидин, треонин, целинные, почвенные аминокислоты, осмотический протектант.

В почвах постоянно происходит процесс гумификации и минерализации. В этом плане основными органическими веществами, поступающими в почву наряду с другими, являются азотсодержащие соединения, белки-аминокислоты и др. Процесс образования и минерализация гумуса усиливается, как промежуточный продукт образуются белки, аминокислоты и другие азотсодержащие вещества, которые существенно улучшают питание растений.

Птичий помет является нейтральным органоминеральным удобрением. Кальций и магний, находящиеся в помете, снижают кислотность почвы, а полезные микроорганизмы повышают ее биологическую активность [2], тем самым улучшается качество аминокислот.

Органическое вещество сероземных почв содержит свободные и белковые аминокислоты, играющие важную роль в процессе сероземообразования [4, 5]. Они занимают особое место среди множества разнообразных почвенных веществ, составляющих группу неспецифических соединений, а также входят в состав гумуса.

В наших условиях представлены аминокислоты, которые не могут быть синтезированы в том, или ином организме. Для разных групп организмов количество незаменимых аминокислот различно. Все белки, синтезируемые организмом, аккумулируются в клетках из 20 базовых аминокислот, только некоторая часть их может синтезироваться организмом. Невозможность синтеза определенного белка организмом приводит к нарушению метаболизма нормальной работы, поэтому необходимо поступление незаменимых аминокислот в организм.

Несмотря на небольшое содержание в составе органического азота, важные аминокислоты, обладающие высокой биогеохимической активностью, имеют большое значение для питания сельскохозяйственных растений. Функции незаменимых аминокислот многогранны и одновременно индивидуальны, они участвуют во многих почвенных и растительных функциях, которых можно видеть по данным (табл. 1).

Таблица 1. Роль незаменимых аминокислот в стойкости к стрессовым условиям роста, стимулировании обменных процессов и развития растений

Аминокислоты	Функции в растениях
Валин	Толерантность к жаркой и знойной погоде; прорастание семян; процесс опыления
Треонин	Регулирование работы листовых устьиц во время жаркой погоды
Триптофан	Материал для синтеза гормональных веществ ауксинового типа
Метионин	Стимулирование созревания; регулирование работы листовых устьиц для оптимизации водного обмена
Фенилаланин	Синтез гуминовых кислот; процесс опыления; синтез лигнина для укрепления стенок клеток
Лизин	Толерантность к засухе; регулирование работы листовых устьиц; синтез хлорофилла; прорастание пыльцы
Гистидин	Хелатирующий агент для улучшения поглощения элементов питания; регулирование работы листовых устьиц для оптимизации водного обмена
Лейцин	Осмотический протектант, толерантность к жаркой и засушливой погоде, солевому стрессу; прорастание пыльцы
Изолейцин	Осмотический протектант, толерантность к жаркой и засушливой погоде, солевому стрессу; прорастание пыльцы; опыление

Исследование теоретических основ улучшения почвенно-экологических, энергетических состояний и повышения плодородия нейтральных слабощелочных сероземных почв с учетом эволюции целинных и орошаемых является одной из наиболее актуальных проблем.

Важными показателями, определяющими уровень потенциального плодородия почв, на ряду с другими являются, гумусное и энергетическое состояние почв, содержание и состав, а также энергетические особенности почвенных свободных незаменимых аминокислот.

Объектом исследований являются целинные и орошаемые сероземы темные на севере Ферганской долины в пределах Наманганской области.

В качестве объекта взяты целинные и орошаемые темные сероземы, которые расположены на границе с Киргизией на территории зоны отдыха «Кук сарай». На этих массивах поставлены опорные разрезы и, согласно методике полевых исследований, вокруг каждого опорного разреза взяты 4, иногда больше, полуямы и прикопки.

Полевые и лабораторные исследования почв проводились на основе морфогенетического метода В. В. Докучаева и ландшафтно-геохимического метода Б. Б. Польнова, М. А. Глазовской, А. Н. Перельмана. Агрохимические, агрофизические анализы почв проведены по методике, приведенной в пособии «Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах».

Определение содержания аминокислот и их идентификация выполнены методом жидкостной хроматографии с использованием жидкостного хроматографа, работающего в режиме анализа белькового гидролизата.

Вопросы агрофизических, агрохимических, энергетических свойств почв Ферганской долины изучались многие авторы [1, 3]. Отдельными авторами изучены количественный и качественный состав свободных аминокислот в почвах, сформированных на отложениях неогена и лесса, выявлены влияние на них эрозионных процессов и антропогенного фактора. Аналогичные данные приведены также в работах [4, 5].

Количественные и качественные изменения происходят в биологическом круговороте в зависимости от влияния природного и антропогенного фактора, а также в связи с материнскими породами.

Что касается роли незаменимых аминокислот в почвах и растениях материал очень скудный, но имеются данные интернета «Аминокислоты для подкормки урожая», где указываются, что аминокислоты для растений являются необходимыми элементами-кирпичиками при построении белков.

Аминокислоты могут являться дополнительным источником органического азота, особенно в естественных условиях. Корневые выделения растений также являются важным источником свободных аминокислот в почве. Функции аминокислот многогранные и одновременно индивидуальные и они участвуют во многих почвенных и расти-

тельных процессах. Стрессовые факторы, в зависимости от показателя, могут иметь разную причину и воздействовать на растения в определенном временном промежутке. Стрессовые факторы, обусловленные могут длиться долгое время, оказывая в большинстве случаев негативное влияние на качество и количество урожая. Болезни, вредители, сорняки может привести к существенному уменьшению урожая сельскохозяйственных культур.

Содержание потенциальной энергии свободных незаменимых аминокислот в дальнейшем в оценке плодородия орошаемых почв, разработки расчета элементного состава и их потенциальной энергии, которые расходуются в почвообразовательном процессе в результате биогеохимического круговорота массы и энергии занимает важное научное и практическое значение.

Энергетический подход характеристики свободных почвенных незаменимых аминокислот позволяет количественно и качественно определить потенциальную энергетическую ценность свободных почвенных аминокислот, а также прогнозировать процессы декарбонизации и восстановления плодородия почв. Из результатов анализа, представленных в табл. 2, видно, что по содержанию энергии валина, треонина, триптофана и гистидина, а также сумме аминокислот существенно отличаются орошаемые темные сероземы от целинных их аналогов.

Так, потенциальная энергия треонина, которая регулирует работу листовых устьиц при неблагоприятных погодных условиях в дерновых горизонтах, соответственно составляет 44,5; 20,6 мккал/г, а в орошаемых составляет 17,8; 3,11 мккал/г. Аналогичные изменения наблюдаются в количестве потенциальной энергии гистидина, которая в целинных почвах колеблется в интервале 68,2–14,6 мккал/г, а орошаемых сероземах отсутствует.

Таблица 2. Изменения содержание энергии незаменимых аминокислот, мккал/г

Глубина, см	Валин	Треонин	Триптофан	Метионин	Фенилаланин	Лизин	Гистидин	Лейцин	Изолейцин
<b>Темные сероземы, целинные 1х</b>									
0–7	1,24	44,5	55,7	7,04	15,8	9,51	68,2	25,6	23,2
7–17	2,35	15,7	25,3	–	6,27	6,09	14,6	17,1	10,4
17–43	1,20	18,4	–	–	–	1,46	–	0,82	3,45
43–70	2,23	20,6	–	–	–	–	–	1,44	1,15
<b>Темные сероземы, орошаемые 2х</b>									
0–30	–	–	12,9	–	18,4	3,29	–	1,68	1,78
30–42	0,46	17,8	5,99	1,57	6,11	1,79	–	6,72	1,59
42–70	0,46	13,6	–	–	4,21	2,58	–	1,92	2,88
70–100	0,34	4,64	–	–	8,41	8,15	–	–	–
100–135	–	3,11	–	–	2,78	5,16	–	–	–



В целом в указанных почвах изменения содержания потенциальной энергии изученных аминокислот практически пропорциональны их содержанию в почве. Кроме того, они связаны с содержаниями гумуса в почвах. Суммарная потенциальная энергия почвенных незаменимых аминокислот практически во много раз выше в целинных темных сероземах по отношению к их орошаемым аналогам, что говорит о более высоком потенциальном плодородии целинных почв, а отсутствие таких важных аминокислот, как гистидин в почвах может приводить к нарушению поглощения питательных элементов, метаболических процессов, созревания плодов, баланса процессов водного обмена, ухудшению работы листовых устьиц растений, устойчивости к разным природным и антропогенным стрессам.

Учитывая вышеизложенное можно использовать различные аминокомплексы в сельском хозяйстве с учетом почвенно-климатических свойств региона и выращивания самих культур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Роль органических и минеральных удобрений в развитии физиологических групп микроорганизмов в системе севооборота / М. А. Газиев [и др.] // Современные фундаментальные и прикладные исследования. – 2019. – № 2 (33). – С. 9–12.
2. Персикова, Т. Ф. Система мероприятий по рациональному использованию куриного помета: рекомендации / Т. Ф. Персикова, М. В. Царева. – Горки, 2019.
3. Турдалиев, А. Т. Энергетические особенности микроэлементов в засоленных почвах Центральной Ферганы / А. Т. Турдалиев, К. А. Аскараров // Актуальные проблемы современной науки. – 2019. – № 6. – С. 83–87.
4. Юлдашев, Г. Аминокислотный пул сероземов севера Ферганы / Г. Юлдашев, М. Хайдаров // Научный вестник Наманганского государственного университета. – 2019. – № 8. – С. 86–92.
5. Юлдашев, Г. Энергетический потенциал гумуса сероземов Ферганы / Г. Юлдашев, М. Хайдаров // Научный вестник Наманганского государственного университета. – 2019. – № 11. – С. 62–67.

УДК 631.445.4:504.53(470.42)

### **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ КЛИМАТА**

Р. Б. ШАРИПОВА, канд. геогр. наук, ст. науч. сотрудник

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,  
Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,  
п. Тимирязевский, Российская Федерация

*В статье изложено изменение основных показателей плодородия: отмечено снижение содержания органического вещества (гумуса) черноземов по всем горизонтам на:  $A_n - 2,11\%$ ,  $A - 1,54\%$ ,  $B_1 - 1,07\%$ . Незначительно изменились агрохимические и физико-химические свойства почв: увеличилось содержание общего азота, снизилось содержание подвижного фосфора и калия, появилась тенденция к понижению гидроли-*

*тической кислотности при сохранении суммы поглощенных оснований на прежнем уровне. Существенно изменились также климатические показатели: средняя годовая температура повысилась на 1,0 °С, годовая сумма осадков повысилась на 106,2 мм, что благоприятно отразилось на увеличении урожайности зерновых культур в регионе.*

**Ключевые слова:** почва, климатические показатели, гумус, гранулометрический состав, агрохимические, физико-химические свойства почвы, урожайность.

Черноземные почвы имеют огромное народнохозяйственное значение и занимают около 7 % территории Российской Федерации. На черноземных почвах производится около 66,0 % всей сельскохозяйственной продукции [1]. Ульяновская область по географическому положению находится в лесостепной зоне, то есть на стыке широколиственных лесов и сухих степей, а по почвенным условиям – в переходной полосе между подзолистыми, серыми лесными и черноземными почвами. В последние десятилетия к числу острых проблем в Центрально-черноземной зоне и в Среднем Поволжье сложилась кризисная ситуация. К числу наиболее острых проблем приходится с неизбежностью отнести деградацию почв и разрушение почвенного покрова, что тесно коррелирует с плодородием почвенных экосистем. Проблему плодородия почв, справедливо связывают с содержанием гумуса. Особая роль органического вещества почвы – гумуса в плодородии объясняется его глобальным воздействием на все агрономические свойства почвы, его энергетическим значением, тесной сопряженностью его превращений с комплексом агрономических приемов.

Цель исследования. Изучить динамику изменения агроэкологического состояния черноземных почв, в процессе возделывания сельскохозяйственных культур за полувековой период при существенном изменении основных климатических показателей и заметном повышении урожайности зерновых культур.

В статье представлены материалы почвенного обследования, проведенного в 1963 г. почвоведом Ульяновской землеустроительной экспедиции, и описания почвенных разрезов сотрудниками Ульяновской государственной сельскохозяйственной опытной станции. Анализы и аналитическая обработка результатов проведена по принятым методикам в аккредитованной лаборатории массовых анализов Ульяновского научно-исследовательского института сельского хозяйства [2]. В частности, гумус – по И. В. Тюрину в модификации В. Н. Симанова, общий азот – по Къельдалю, сумму поглощенных оснований – по Каппену-Гильковицу, гидролитическая кислотность – по методу Каппена в модификации ЦИНАО, рН – на рН-метре, подвижные фосфор и калий по – Кирсанову [2].

Сведения о температуре воздуха и количестве осадков в Ульяновской области за период с 1963 по 2017 гг., взяты из ежедкадных бюллетеней, ежемесячных и ежегодных справочников [3].

Важная роль в процессе разложения и новообразования гумуса принадлежит климатическим условиям, которые за последние десятилетия повсюду существенно изменились, в том числе и в Среднем Поволжье. В частности, среднегодовая температура воздуха на территории Ульяновской области за период с 1963 по 2017 гг. повысилась на 1,8 °С. Самый холодный месяц – январь, а самый теплый – июль. Среднегодовая температура за данный исследуемый период равнялась +3,6 °С, а продолжительность безморозного периода составляла 137 дней [4].

Атмосферные осадки практически являются одной из наиболее изменчивых метеорологических величин. По данным метеонаблюдений, за период 1963 по 2017 гг. годовая сумма осадков составила 487 мм, в том числе за теплый период выпадало 330 мм (72 %), что почти в два раза превосходит осадки холодного периода [4]. Наибольшее количество атмосферных осадков наблюдается в Заволжской и Западной зоне. В наиболее возвышенной части области, входящий в Центральную более засушливую зону, среднегодовое количество выпавших осадков составляло 454 мм.

По схеме агроклиматического районирования, данная местность относится к умеренно теплому поясу (сумма активных температур составляет 2300°) с умеренным увлажнением (ГТК <1.1). По средним данным за 1913–1965 гг., район расположения Ульяновской сельскохозяйственной опытной станции характеризовался ясно выраженным континентальным и сравнительно засушливым климатом. Однако последующий этап 50-летних наблюдений за период с 1966 по 2018 годы показали существенные изменения основных климатических факторов. Среднегодовая температура выросла до +4,6 °С, общее количество осадков составило 454 мм, а продолжительность безморозного периода достигла 170 дней. Соответственно увеличился и период вегетации растений. Стало возможным возделывать теплолюбивые культуры, такие как кукуруза на зерно, суданская трава, сорго, бахчевые и другие.

Почвы относятся в основном к черноземам, на их долю приходится 85,5 % от общей площади земельных угодий Ульяновской государственной сельскохозяйственной опытной станции. Преимущественное распространение имеют типичные и выщелоченные среднегумусные черноземы глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава.

Основной показатель актуальной кислотности рН за 55-летнюю эксплуатацию переместился в сторону подкисления, причем стабильно по всем изучаемым горизонтам. По содержанию органического вещества гумуса типичные черноземы в 1963 гг. относились к среднемощным с высоким содержанием гумуса в пахотном и подпахотном горизонтах (7,25 и 7,14 %). За 50 лет интенсивной эксплуатации пашни этот показатель существенно снизился в пахотном и подпахотном го-

ризонтах до 5,64 и 5,55 % соответственно. То есть почва из разряда высокосодержащих перешла в разряд среднесодержащих. Причем наибольшее снижение отмечено в пахотном и подпахотном горизонтах, где оно составило соответственно, 2,11 и 1,54 %. В горизонте В<sub>1</sub> снижение составило лишь 1,07 %.

По содержанию общего азота просматривается тенденция к его увеличению по всему изучаемому профилю.

Показатели суммы поглощенных оснований и гидролитической кислотности изменились в сторону снижения по всем горизонтам.

Подвижные формы фосфора и особенно калия, ввиду недостаточного применения удобрений, перешли из разряда высокообеспеченных в категорию среднеобеспеченных.

Основоположники науки о почве В. Докучаев, П. А. Костычев, Н. М. Сибирцев, отмечая зависимость растений от погодных, геоморфологических и почвенных условий предлагали также оценивать плодородие почв и по уровню урожайности [5].

Анализ динамики урожайности показывает, что почвенно-климатические условия Ульяновской области позволяют получать урожайность зерновых культур на уровне 20–25 ц/га, что свидетельствует об имеющихся резервах для повышения эффективности введения земледелия в регионе. Расчеты свидетельствуют, что максимальная урожайность в 2017 г. достигала 27,4 ц/га, а минимальная – наблюдалась в остросасушливом 2010 г. (4,6 ц/га). Однако, наряду с хорошим производственным потенциалом, урожайность зерновых культур недостаточно высока. Связано это с плодородием, природно-климатическими, а также с экономическими причинами.

При анализе урожайности, являющейся функцией очень многих факторов, часто возникает потребность количественно определить роль, степень влияния различных факторов. Одним из статистических методов, соответствующих поставленной задаче, является метод корреляционного и регрессионного анализа. Как показывает коэффициент регрессии, при изменении годового количества осадков на единицу, показатель урожайности изменится на 0,01, при изменении осадков за апрель – июнь – 0,06, а зимние осадки повышают урожайность на 0,0038 единиц. Увеличение годовой температуры воздуха снижает урожайность на 0,004 ц/га, температуры воздуха весеннее-летнего периода на 0,83 ц/га.

Таким образом, наибольшее влияние на урожайность оказывает температурный режим весеннее-летнего периода. Коэффициент корреляции (r), показывает тесноту связи между метеорологическими факторами и изменением урожайности, наибольшая связь наблюдается между урожайностью и количеством выпавших осадков (0,58) за апрель-июнь.

Коэффициент корреляции между урожайностью зерновых культур и ГТК для Ульяновской области составил 0,42, т. е. погодные условия оказывают заметное влияние на формирование урожайности.

Для исследуемого периода в среднем для Ульяновской области коэффициент корреляции урожайности зерновых культур с годовой суммой осадков составил 0,27; с осадками за период апрель – июнь 0,58; с температурой за период апрель – июнь 0,26, то есть наибольшая роль в формировании урожая принадлежит увлажненности в первую половину вегетационного периода. В то же время период с высокими температурами начала вегетационного периода сопровождается, как правило, недостатком атмосферных осадков, что приводит к снижению урожайности (коэффициент корреляции отрицательный).

Таким образом, заметное повышение урожайности в последние десятилетия можно объяснить положительным воздействием климатических факторов.

1. За 55-летний период с 1963 по 2018 гг. в значительной степени изменились основные климатические показатели, в частности увеличилась среднегодовая температура на  $1,0^{\circ}$  и составила  $+4,6^{\circ}\text{C}$ , при  $+3,6^{\circ}\text{C}$  (за период с 1913 по 1965 гг.), а количество выпавших осадков за год увеличилось на 106,2 мм, выпадающих в большинстве своем за теплый период.

2. За более чем полувековой период возделывания сельскохозяйственных культур отмечено снижение содержания гумуса типичного чернозема по всем исследуемым горизонтам:  $A_{\text{max}} - 2,11\%$ ,  $A - 1,54\%$ ,  $B_1 - 1,07\%$ , тем самым произошел переход почв из уровня высокого в уровень среднего содержания гумуса.

3. Гранулометрический состав пахотного горизонта, агрохимические и физико-химические показатели изменились в определенной степени, в частности,  $pH_{\text{КС1}}$  с 6,4 до 5,9 в пахотном горизонте, а гидrolитическая кислотность в незначительной степени изменилась, а сумма поглощенных оснований осталась примерно на исходном уровне.

4. Фон общего повышения урожайности, за период с 1963 по 2017 гг. можно выделить на несколько подпериодов, которые дают возможность анализировать изменчивость урожаев и продуктивности земель из года в год. В советский период наблюдается устойчивое повышение урожайности, особенно в восьмидесятые годы, когда обеспечение минеральными удобрениями было максимальным. В последние десятилетия повышение урожайности можно объяснить тем, что произошедшие климатические изменения (потепление) в целом благоприятны для возделывания зерновых культур в Ульяновской области. Кроме того, современные сорта озимой и яровой пшеницы более адаптированы к местным климатическим условиям и менее зависимы от условий погоды по сравнению с ранее высевавшимися сортами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инновационные разработки УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» / авт.-сост.: В. В. Великанов, Ю. Л. Тибец. – Горки : БГСХА, 2020. – 197 с.
2. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель. – М., 1995. – 89 с.
3. Агрометеорологический бюллетень (с 1963 по 2017 гг.). – Ульяновск.
4. Шарипова, Р. Б. Тенденции изменения климата и агроклиматических ресурсов Ульяновской области и их влияние на урожайность зерновых культур / Р. Б. Шарипова. – Ульяновск: УлГТУ, 2020. – 138 с.
5. Статистические материалы и результаты исследований развития агропромышленного производства России. – М., 2011. – 32 с.

## Секция 2. МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПУТИ ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 553.97:551.312.2

### МОНИТОРИНГ ПОЧВ МЕЛКОКОНТУРНОГО ВЫРАБОТАННОГО ТОРФЯНИКА

Т. Ю. АНИСИМОВА, канд. с.-х. наук

Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»,  
п. Новый, Российская Федерация

*Представлены результаты ретроспективного мониторинга влияния биотических и абиотических факторов на изменение некоторых агрохимических характеристик: содержания подвижного фосфора и обменного рН в почве мелкоконтурного выработанного заброшенного торфяника в зависимости от состояния использования сработанного торфяника за 20-летний период.*

**Ключевые слова:** мелкоконтурный выработанный торфяник, болотные почвы, мониторинг, растительность.

Во Владимирской области количество мелкоконтурных торфяников (площадью до 10 га) составляет более половины от общего количества месторождений. В настоящее время такие месторождения в основном заброшены и зарастают лесом, хотя известно, что мелкозалежные и мелкоконтурные торфяники следует отводить под культурные сенокосы и пастбища [1]. Осушенные заброшенные торфяники представляют экологическую опасность в связи с возникновением торфяных пожаров, причиной которых является в основном несоблюдение противопожарной безопасности при палах сухой травы, разжигании костров и т. д. Цель исследований – проведение мониторинга влияния действия биотических и абиотических факторов на изменение агрохимических и других характеристик антропогенно-преобразованной торфяной почвы в зависимости от состояния использования сработанных торфяниках для получения данных и разработки эффективных рациональных приемов и технологий использования выработанных и заброшенных торфяников в сельскохозяйственном производстве.

В 2017–2019 гг. для определения изменения основных агрохимических свойств мелкоконтурного мелкозалежного торфяника проведено почвенно-агрохимическое обследование торфяного массива. Объектом исследований являлись болотные почвы мелкоконтурного торфяника. Исследования проводили на Байгушском торфяном месторождении, расположенном в 1,5 км на северо-восток от д. Байгуши Судогодского района Владимирской области и расположенном на территории торфоболотного района Мещерская низменность. Общая площадь торфяни-

ка составляет 9,45 га, тип торфяной залежи был определен как переходный (А – 15,4 %, R – 45 %) В 1990-е гг. в сельскохозяйственном использовании находилось 20–25 % площади (I и II торфяные карты), которые почти полностью сработаны и использовались в основном для выращивания зерновых культур. Торфяник на картах III, IV и V также частично сработан и в настоящее время полностью заброшен. В 1998 г. было проведено первое почвенно-агрохимическое обследование территории торфяного массива, определены значения рН, содержание подвижных форм фосфора и калия. Координатная привязка реперных точек обследования проведена в 2018–2019 гг.

Агрохимические параметры почвы определяли в соответствии с ГОСТами, нитрифицирующую способность по методу Кравкова, целлюлозолитическую активность – аппликационным методом, плотность и плотность твердой фазы почвы – весовым методом [2, 3].

В ходе ретроспективного мониторинга установлено, что на I карте в слое почвы 0–80 см содержание подвижного фосфора и обменного калия изменилось незначительно, что можно объяснить тем, что территория карты была длительное время в сельскохозяйственном использовании (таблица). Площади остальных карт были заброшены с середины 90-х гг., весной они в основном находятся под водой, в сухие годы частично использовалась территория карты II в сельхозпроизводстве. На карте V в слоях почвы от 0 до 80 см отмечено увеличение содержания подвижного фосфора. В отсутствии применения фосфорных удобрений это можно объяснить его биогенным накоплением, так как фосфор обладает крайне слабой миграционной способностью, при этом вымывается не более 3–5 % его общих запасов [4, 5]. Также во многих работах описано, что на мелкозалежных слабо- и среднеразложившихся торфяниках при промывном водном режиме и высоком стоянии грунтовых вод фосфор может проникать в подпахотные и нижележащие слои [5, 2], что также показывают и наши наблюдения.

В отличие от подвижного фосфора, накопления обменного калия в почве карт IV–V в слоях 0–80 см не наблюдалось, ввиду его большой подвижности и интенсивного потребления растениями, особенно в слое 30–50 см, где расположена основная масса корней. Значения рН в почве торфяника практически не изменилось.

Кроме определения основных агрохимических характеристик, в 2017–2019 гг. были определены биологические и агрофизические свойства почв торфяника. Несхожесть полученных данных можно объяснить различием в степени окультуренности изучаемых почв и величиной остаточного слоя торфа на картах.



**Изменение агрохимических показателей почвы за 20-летний период  
(средние значения по картам)**

Глубина, см	Содержание подвижного фосфора (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), мг/кг			Содержание подвижного калия (K <sub>2</sub> O), мг/кг		
	1998 г.	2017– 2018 г.	Δ	1998 г.	2017– 2018 г.	Δ
<b>I карта</b>						
0–33	48,9	50,6	+1,7	45,7	39,2	–6,5
33–80	10,1	12,8	+2,7	13,5	14,0	+0,5
<b>II карта</b>						
0–28	57,3	69,8	+12,4	69,7	62,4	–7,3
28–80	27,3	35,9	+8,6	51,5	32,8	–18,3
<b>III карта</b>						
0–26	51,0	55,9	+4,9	62,3	61,2	–1,1
26–80	15,0	17,4	+2,4	11,0	11,5	+0,5
<b>IV карта</b>						
0–34	15,9	27,1	+11,2	76,2	40,8	–35,4
34–80	12,5	16,9	+4,4	64,0	20,0	–34,0
<b>V карта</b>						
0–35	17,4	42,8	+25,3	44,1	40,5	–3,6
35–80	11,5	24,3	+12,8	47,0	25,7	–21,3

Показатели нитрифицирующей способности верхнего слоя почвы снижались с увеличением мощности торфа, а параметры целлюлозолитической активности и порозности (пористости), наоборот, повышались. С возрастанием мощности торфа показатели плотности почвы снижались с 1,18–1,8 до 0,68–0,81 г/см<sup>3</sup>, в этой зависимости находились количественные характеристики плотности твердой фазы почвы.

В ходе проведения почвенно-агрохимического обследования пяти карт торфяника установлены определенные изменения его свойств. Содержание подвижного фосфора за 20-летний период заметно возросло в слое почвы 0–80 см на пятой карте, что обусловлено в большей степени, как крайне слабой его миграционной устойчивостью, так и способностью проникать в нижележащие слои при промывном водном режиме. Содержание обменного калия значительно снизилось в почве четвертой и пятой карт ввиду его большой подвижности и интенсивного потребления растениями, особенно в слое почвы 30–40 см, где расположены корни кустарников и деревьев.

В ходе мониторинга состояния выработанного мелкоконтурного торфяника установлена прямая связь между мощностью остаточного слоя торфа и целлюлозолитической активностью и пористостью почвы, обратная связь – между мощностью слоя торфа и нитрифицирующей способностью и плотностью почвы.

Получены новые знания по изменению свойств почв заброшенного выработанного торфяника и направлениям сельскохозяйственного ис-

пользования: площади первой и второй карт возможно использовать под кормовые угодья (выращивание многолетних трав), на территории карт III–V после расчистки каналов и отведения излишков воды, кроме возделывания многолетних трав, возможна добыча торфа для производства органических удобрений (компостов) благодаря досаточным для этих целей запасов торфа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Торфяные месторождения Владимирской области по состоянию изученности на 1 января 1977 г. – М.: Министерство геологии РСФСР. Трест геолторфразведка, 1978. – 368 с.
2. Федорец, Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий / Н. Г. Федорец, М. В. Медведева. – Петрозаводск, 2009. – 84 с.
3. Агрохимические методы исследований почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
3. Кулаковская, Т. Н. Методы определения оптимальных параметров агрохимических свойств, отражающих разную степень окультуренности и продуктивности почвы / Т. Н. Кулаковская, Н. М. Богданович, М. И. Ярошевич // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв: науч. тр. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – М., 1980. – С. 5–15.
4. Уланов, А. Н. Торфяные и выработанные почвы южной тайги Евро-Северо-Востока России / А. Н. Уланов. – Киров, 2005. – 320 с.

УДК 630.114.351

### **ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ ЛЕСНЫХ ПОДСТИЛОК В ЕЛЬНИКАХ КРАСНОБОРСКОГО УЧАСТКОВОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Л. Г. БАЙКОВА, канд. биол. наук,  
М. В. БАЙКОВ

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,  
г. Пушкин, Российская Федерация

*Исследовалось морфологическое строение, компонентный и фракционный состав лесных подстилок в ельниках, расположенных на хорошо дренированных участках на территории Тосненского района Ленинградской области. Произведена оценка запасов подстилки в парцеллах ельников с мертвопокровным, мелкотравно-зеленомошным и травянистым типами лесных подстилок.*

*Ключевые слова:* лесные подстилки, морфологическое строение, фракционный состав, ельники, запас подстилки.

Лесная подстилка – один из важнейших компонентов лесного биоценоза, играющая большое значение в процессах осуществления круговорота и депонирования углерода в лесных экосистемах [2]. Помимо этой функции, лесные подстилки служат средой и местообитанием разнообразных живых организмов, они также имеют большое значение для процессов почвообразования. Имея значительную пространствен-

ную вариабельность своего состава и структуры, лесные подстилки в лесных экосистемах южной тайги исследованы к настоящему времени в недостаточной степени полно. Целью работы являлось изучение фракционного состава, структуры и запаса лесных подстилок в ельниках, расположенных на хорошо дренированных участках, на территории Красноборского участкового лесничества, входящего в состав Любанского лесничества Ленинградской области.

Объектами исследования являлась группа лесных подстилок, формирующихся в южнотаежных ельниках Тосненского района Ленинградской области. Было выбрано три хорошо дренированных участка, расположенных в ельниках разного состава. Характеристики участков исследования приведены в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика участков исследования

Показатель	Участок 1	Участок 2	Участок 3
Географические координаты	59.592556N, 30.579724E	59.590660N, 30.575264E	59.59175N, 30.576633E
Высота над уровнем моря, м	38	48	49
Тип леса	ельник кислично-зеленомошный	ельник мертвопокровный	ельник кисличный щитовниковый
Формула древостоя	5Е3С2Б+л	6Е3С1Б	6Е2Б2С+Ос
Почвообразующая порода	Тяжелые суглинки		
Тип почвы	подзолистая слабооглеенная	подзолистая	подзолистая
Тип лесной подстилки	мелкотравно-зеленомошная	мертвопокровная	травянистая

На данных участках определялся общий запас лесной подстилки, ее толщина, структура и фракционный состав [4]. Отбор образцов подстилки осуществлялся в начале октября 2021 г. в восьмикратной повторности с помощью рамки 20×20 см. Отмечалась ее общая толщина, толщина по подгорizontам (L, F и H). В камеральных условиях отбранные образцы высушивались до абсолютно сухого состояния и взвешивались. Фракционный состав определялся ситовым методом (>10, 7, 5, 3, 2, 1, <1 мм), с последующим взвешиванием и процентным вычислением массы фракции в общей массе образца. Помимо этого, определялось соотношение «активных» (<5 мм) и «пассивных» (>5 мм) фракций в образце [3]. Характеристика и классификация подстилок проводилась по Л. Г. Богатыреву [1]. Древесная растительность на участках характеризовалась методами глазомерно-измерительной таксации. Возраст древостоя 60–80 лет. Для определения типа почвы на участках закладывались почвенные разрезы. Статистический анализ проведен с использованием пакета WPS Spreadsheets (2021 г.).

Первый участок расположен ельнике кислично-зеленомошном. Сомкнутость древостоя 0,6. Доминантом в составе древостоя является ель европейская (*Picea abies*), субдоминанты – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) и береза бородавчатая (*Betula pendula*). В ярусе подлеска присутствует поросль липы (*Tilia cordata*). В травянисто-кустарничковом ярусе присутствуют виды бореального мелкотравья: кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), брусника (*Vaccinium vitis-idae*). Мохово-лишайниковый ярус представлен бриевыми мхами.

Второй участок расположен в ельнике мертвопокровном с куртинами бореальных трав и бриевых мхов. Доминантом древесного яруса являются – *Picea abies*, субдоминанты – *Pinus sylvestris* и *Betula pendula*. Отличительной особенностью фитоценоза этого участка по сравнению с первым является меньшая доля березы в древостое и отсутствие подроста липы. Поверхность почвы покрыта слоем хвойного опада с редкими участками произрастания кислицы обыкновенной (*Oxalis acetosella*), костяники каменистой (*Rubus saxatilis*) и бриевых мхов. Сомкнутость древостоя на данном участке составляет 0,8.

Фитоценоз третьего участка характеризуется присутствием в древесном ярусе большей доли мелколиственных культур – *Betula pendula* и *Populus tremula* и меньшей доли *Pinus sylvestris*. Сомкнутость древостоя здесь составляет 0,6. В травянисто-кустарничковом ярусе представлены виды бореального мелкотравья: кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), крапива двудомная (*Urtica dioica*), таволга вязолистная (*Filipendula vulgaris*), хвощ лесной (*Equisetum sylvaticum*), щитовник (*Athyrium filix-mas*). На всех трех участках отмечено наличие эпифитных лишайников.

Средневзвешенное значение толщины лесной подстилки на первом участке составило  $6,63 \pm 0,71$  см (вариационный размах от 4 до 10 см). Относительная мощность (%) подгоризонтов LFH здесь в среднем 27,9/45,0/27,1. Запас лесной подстилки на данном участке оценен в  $57,53 \pm 7,85$  т/га ( $p = 0,11$ ).

На втором участке толщина лесной подстилки колебалась в интервале от 4 до 11 см, при среднем значении  $6,63 \pm 0,54$  см. Относительная толщина (%) подгоризонтов LFH здесь составила 20,9/61,2/17,9. Запас лесной подстилки на данном участке равен  $61,30 \pm 4,37$  т/га ( $p = 0,07$ ).

На третьем участке толщина лесной подстилки изменялась в границах от 5 до 11 см. Средняя ее толщина на этом участке составила  $6,63 \pm 0,54$  см. Относительная толщина (%) подгоризонтов LFH на данном участке была 20,2/57,0/22,8. Запас лесной подстилки оценен в  $58,63 \pm 7,68$  т/га ( $p = 0,07$ ).

Наибольшая толщина слоя лесной подстилки по всем трем участкам отмечена в зонах, прилегающих к стволам крупных деревьев,

наименьшая толщина отмечалась в зоне межкронального окна. Фракционный состав лесной подстилки по участкам представлен в табл. 2.

Таблица 2. **Относительный фракционный состав (%) лесной подстилки по участкам**

Фракция, мм	Участок 1	Участок 2	Участок 3
>10	30,04 ± 1,03	24,43 ± 1,40	24,89 ± 2,10
7–10	16,27 ± 1,20	11,54 ± 1,09	7,57 ± 0,62
5–7	9,29 ± 0,77	13,80 ± 0,46	11,52 ± 0,80
3–5	14,62 ± 0,55	15,64 ± 0,35	15,14 ± 1,46
2–3	14,86 ± 0,96	16,66 ± 0,79	18,10 ± 0,85
1–2	11,86 ± 0,99	13,46 ± 0,89	16,01 ± 1,76
<1	3,07 ± 0,31	4,47 ± 0,36	6,75 ± 1,27
p	0,07	0,06	0,09

Наибольшую массу в составе подстилочного слоя имеют компоненты фракции >10 мм, представленные крупными кусками коры, ветками, корнями сосновыми и еловыми шишками, разной степени разложенности, опавшей хвоей и листвой, мхами и лишайниками. Наименьшая масса приходится на компоненты фракций 7–5 (хвоя, чешуи шишек, мелкие кусочки коры, труха, элементами лишайников и мхов) и <1 мм (мелкозем). Прочие фракции имеют в составе образца близкие относительные массы.

В табл. 3 показано соотношение «активных» (<5 мм) и «пассивных» (>5 мм) фракций в образцах лесных подстилок.

Таблица 3. **Соотношение «активных» и «пассивных» фракций в образцах лесных подстилок по участкам**

Группа фракций	Участок 1	Участок 2	Участок 3
«активная»	29,78	34,59	37,81
«пассивная»	70,22	65,41	62,19
соотношение	1:2,36	1:1,89	1:1,64

«Пассивные» фракции в структуре лесной подстилки занимают большую долю по массе. Причем соотношение «активных» и «пассивных» фракций в разных парцелла обследованных ельников неодинаково. Наибольшее количество «активных» фракций характерно для ельника кисличного щитовникового, в котором сформировался травянистый тип лесной подстилки. Более высокое соотношение по данным параметрам характеризует ельник, имеющий мертвопокровный тип лесной подстилки. Самое высокое соотношение «активных» и «пассивных» фракций характерно для ельника кислично-зеленомошного, в котором сформировалась мелкотравно-зеленомошная лесная подстилка.

В ранних типах ельников образуются разные типы лесных подстилок, что обусловлено феноценологической структурой древостоев и, следовательно, формирующимся опадом, а также зависит от почвенно-гидрологических и климатических особенностей территорий. Мозаичная структура лесных экосистем приводит к формированию лесных подстилок, имеющих высокую вариабельность признаков. В исследованной группе ельников толщина лесной подстилки варьировалась от 4 до 11 см. Запас изменялся от 57,3 до 61,3 т/га. Наибольшая доля в морфологической структуре подстилок приходилась на подгоризонт F. Отмечен неодинаковый фракционный состав лесных подстилок с преобладанием «пассивных» фракций, что обуславливает возможность накопления органического вещества в данном компоненте лесного биоценоза в продолжении нескольких лет.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Богатырев, Л. Г. О классификации лесных подстилок / Л. Г. Богатырев // Почвоведение. – 1990. – № 3. – С. 118–127.
2. Грязькин, А. В. Структурная организация фитоценозов южной тайги (на примере ельников зеленомошной группы типов леса) / А. В. Грязькин. – СПб.: Изд-во СПбГЛТА, 1999. – 136 с.
3. Карпачевский, Л. О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе / Л. О. Карпачевский. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1977. – 312 с.
4. Методические рекомендации по определению запасов лесной подстилки и ее зольности при лесоводственных исследованиях. – М.: ВНИИЛХ, 1979. – 38 с.

УДК 631.431.1(431.3)

### **ТРАНСФОРМАЦИЯ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В УСЛОВИЯХ МИНИМИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ**

Е. Н. БЕЛОУСОВА, канд. биол. наук, доцент

Красноярский государственный аграрный университет,  
г. Красноярск, Российская Федерация

*Оценка фракционного состава почвы указывает на существенное преобладание агрегатов >10 мм. Технологии обработки почвы не оказали значительного уплотняющего воздействия. Наблюдалась тенденция к дифференциации исследуемых слоев по плотности сложения.*

**Ключевые слова:** микроагрегаты, структура, плотность и пористость, технологии обработки почвы.

Агрофизические свойства почв являются важным параметром почвенного плодородия, определяющим продуктивность сельскохозяйственных культур, получение высоких и устойчивых урожаев. В настоящее время физические свойства черноземов отличаются от оптимальных и имеют

устойчивый тренд на деградацию [1, 2]. Цель работы – оценить влияние технологий обработки почвы на варьирование структурного состояния и плотности сложения чернозема выщелоченного Красноярской лесостепи.

Наблюдения проводились в Красноярском природном округе на земельных площадях СПК «Шилинское» Сухобузимского района (56 с. ш., 93 в. д.). Воздействие технологий обработки почвы на агрофизические свойства изучали на базе многолетнего опыта (8–9 год эксперимента). На производственных посевах были выделены реперные участки площадью 500 м<sup>2</sup>. С каждого из них отбирали почвенные образцы из слоев 0–5 и 5–20 см. Объем выборки ( $n = 15$ ) определили в результате учета до проведения опыта уровня изменчивости почвенного плодородия.

Почвенный покров опытного стационара характеризовался высоким содержанием гумуса 8,9 %, близкой к нейтральной величиной рН водной вытяжки 6,8, высокими значениями суммы обменных оснований 60 ммоль/100 г почвы и степени насыщенности основаниями 99 %. Химические и физико-химические показатели получены по общепринятым методам [3]. Структурный состав почвы изучали при естественной влажности по методу Н. И. Саввинова, коэффициент структурности –  $K_{стр}$ . Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом. Гранулометрический и микроагрегатный состав почвы установлен методом пипетки, коэффициент дисперсности ( $K_d$ ) и плотность сложения по Н. А. Качинскому, согласно методическим рекомендациям А. Ф. Вадюниной, З. А. Корчагиной (1986), плотность твердой фазы – пикнометрически. Статистический анализ данных проводили с использованием пакета программ MS Excel. Исследования проводились в зернопаровом звене севооборота со следующим чередованием культур: химический пар (обработка баковой смесью из гербицидов «Топик» и «Ковбой», фунгицида «Альто Супер» и инсектицида «Карате»), озимая тритикале, яровая пшеница. Схема опыта состояла из следующих вариантов опыта (способов обработки): 1 – отвальной, 2 – минимальной (поверхностное рыхление).

Минимальную обработку почвы осуществляли с помощью посевного комплекса СКС-3,2. Обработку почвы и посев семян ярового рапса проводили на глубину 4–5 см дисковыми горизонтальными сошниками посевного комплекса (2013 г.) и яровой пшеницы (2014 г.) с одновременным внесением нитроаммофоски. Отвальная обработка состояла из зяблевой вспашки на глубину 20–22 см и весенней культивации. Посев яровой пшеницы проводили комбинированным агрегатом – стерневой сеелкой СС-6 с одновременным припосевным внесением нитроаммофоски.

Температура воздуха была ниже нормы в начале и конце вегетационного сезона 2013 г. Осадков выпало 367 мм, что превысило средние

многолетние значения. Избыточно влажными оказались май, июнь и сентябрь. Следующий сезон характеризовался большим накоплением тепла и приближался к норме. Количество осадков колебалось в широком диапазоне с тенденцией к превышению средней многолетней нормы. На протяжении большинства месяцев теплого периода 2014 г. увлажнение было несколько повышенным относительно средних многолетних значений, но ниже, чем в предыдущий сезон. Максимальное количество осадков выпало лишь в июле – 89 мм. Такое сочетание тепла и влаги обуславливает достаточное увлажнение в течение периода вегетации полевых культур. Согласно Г. Т. Селянинову, величина гидротермического коэффициента за июнь-август составила 1,3.

Данные эксперимента указывают на легкоглинистый гранулометрический состав почвы вариантов опыта с содержанием физической глины 67–75 %. В почвенной массе гумусового горизонта, в условиях отвальной обработки значимую долю занимала фракция средней пыли. Гранулометрический состав почвы, обрабатываемой дисковыми орудиями характеризовался преобладанием фракций ила и крупной пыли. Микроагрегатный состав чернозема выщелоченного в вариантах опыта демонстрирует накопление агрономически важных фракций микроагрегатов (>0,05 мм). Их содержание достигает 54–59 %. Коэффициент дисперсности ( $K_d$ ) свидетельствует об изменении микроагрегирования почвы в направлении увеличения  $K_d$  в следующем ряду: минимальная ( $K_d = 13,1$ ) → отвальная ( $K_d = 31,7$ ). Измерения показали существенный выход агрегатов ценного размера (АЦФ) в мае-июне вегетационного сезона 2013 г. при использовании отвальной обработки почвы (табл. 1).

Таблица 1. Динамика структурного состава чернозема (2013 г.)

Фракция	Май		НСП <sub>05</sub>	Июнь		НСП <sub>05</sub>	Октябрь		НСП <sub>05</sub>
	1	2		1	2		1	2	
<b>0–5 см</b>									
>10 мм	34,8	23,9		25,6	26,1		37,8	51,3	
10–0,25 мм	66,3	75,4	10,0	74,2	73,2	11,6	61,9	48,5	9,5
<0,25 мм	0,6	0,7		0,0	0,6		0,2	0,1	
$K_{стр}$	1,8	3,1		2,9	2,7		1,6	0,9	
<b>5–20 см</b>									
>10 мм	33,1	21,7		30,9	25,4		27,9	47,4	
10–0,25 мм	66,7	77,1	10,0	68,8	73,0	10,1	71,8	53,4	8,2
<0,25 мм	0,1	1,1		0,1	1,2		0,3	0,1	
$K_{стр}$	2,0	3,4		2,2	2,7		2,5	1,1	

\* Здесь и далее: обработка: 1 – минимальная, 2 – отвальная.

К окончанию вегетационного сезона, когда активная деятельность корневой системы яровой пшеницы прекращалась, увеличивался уро-



вень полевой влажности, наблюдалось дифференциация между фракциями почвенных агрегатов. Значения коэффициента структурности обозначили заметное сокращение АЦФ от мая к октябрю до удовлетворительного уровня. Корреляционные зависимости между крошением агрономически ценных фракций и увлажнением почвы обнаружили наличие слабых обратных связей.

Замена отвальной обработки почвы поверхностным рыхлением способствовала иному выходу макроструктурных отдельностей. В начале вегетационного сезона содержание агрономически ценных фракций в надсеменном слое статистически уступало, а в октябре превышало почву при традиционно используемом способе обработки. В течение следующего вегетационного сезона формирование агрегатов ценного размера, в почве по-разному обрабатываемых производственных участков имело свои особенности (табл. 2).

Таблица 2. Динамика структурного состава чернозема, % (2014 г.)

Фракция	Июнь		НСР <sub>05</sub>	Июль		НСР <sub>05</sub>	Сентябрь		НСР <sub>05</sub>
	1	2		1	2		1	2	
<b>0–5 см</b>									
>10 мм	22,4	28,5		20,5	13,6		16,9	18,6	
10–0,25 мм	76,7	69,3	9,8	78,2	85,6	$F_{\phi} < F_{\tau}$	83,0	81,1	12,3
<0,25 мм	0,6	2,2		1,2	0,7		0,0	0,3	
$K_{стр}$	3,4	2,2		3,6	6,0		4,9	4,3	
<b>5–20 см</b>									
>10 мм	27,3	25,9		20,2	22,1		32,2	18,2	
10–0,25 мм	72,5	73,0	$F_{\phi} < F_{\tau}$	78,8	75,6	$F_{\phi} < F_{\tau}$	67,6	81,6	6,4
<0,25 мм	1,0	0,5		0,2	2,2		0,3	0,1	
$K_{стр}$	2,5	2,7		3,9	3,1		2,1	4,4	

\* $F_{\phi}$  – фактическое значение критерия Фишера,  $F_{\tau}$  – теоретическое значение критерия Фишера.

При осуществлении отвальной вспашки на протяжении всего срока измерений выход агрономически ценных структур соответствовал отличному уровню. К фазе цветения и налива зерна среди агрегатов ценного размера вдвое возрастала доля комковатых отдельностей размером 2–1 мм.

Замена отвального плуга на дисковые орудия способствовала меньшему выходу глыбистых отдельностей, увеличивая коэффициент структурности почвы в надсеменном слое почвы. Подвергнутый поверхностному рыхлению он крошился, накапливая к концу вегетации структурные комки диаметром 5–3, 3–2, 2–1 мм. В нижней части посевного слоя проявлялась тенденция к образованию крупных агрегатов и глыб с возрастанием уровня уплотнения.

По содержанию агрономически ценных агрегатов исследуемые слои почвы достоверно не отличались в течение вегетационного сезона 2013 г. В отдельные периоды в почве, обрабатываемой отвальной и сокращенно, выявлена значимая доля агрономически ценных агрегатов в надсеменном слое, относительно нижележащего. Однако в большинстве случаев между оцениваемыми слоями достоверных различий обнаружено не было ( $F_{\phi} < F_T$ ). Очевидно, что смещение почвенной массы лемехами отвального плуга способствовало ликвидации накопления пластических деформаций и созданию относительно однородного состояния пахотного слоя. Таким образом, по содержанию АЦФ сравниваемые слои характеризовались устойчивостью и сходными количественными параметрами. Причины этих равенств могли иметь различную природу.

Согласно оценочным шкалам [5], плотность почвы пахотного слоя характеризовалась как незначительная. В условиях отвальной вспашки во все сроки наблюдений 2013 г. плотность сложения пахотного слоя не превышала границы  $1 \text{ г/см}^3$  и соответствовала уровню рыхлой.

Следовательно, традиционный способ обработки почвы формировал излишне вспушенное сложение, что согласно принципам агрофизики, приводит к слабому контакту семени с почвой, непродуктивной диффузной потере влаги, усилению минерализационных процессов органического вещества и повреждению корневых систем полевых культур при оседании.

Применение поверхностного рыхления обнаружило существенное понижение плотности в слое 0–5 см от середины лета к осени. С глубиной значимых изменений не отмечено, а уровень плотности варьировал в интервале  $1,01\text{--}1,06 \text{ г/см}^3$ , существенно превышая верхний слой. Наблюдение за динамикой плотности сложения в течение вегетационного сезона 2014 г. выявило снижение ее зависимости от степени увлажнения до средней обратной:  $r = -0,41 \pm 0,07$  для слоя 0–5 см и  $r = -0,35 \pm 0,08$  для слоя 5–20 см.

Применение отвальной обработки и поверхностного рыхления дисковыми орудиями способствовало отличному структурному состоянию исследуемых слоев почвы в весенне-летний период. Оцениваемые способы основной обработки почвы не приводили к существенному уплотняющему воздействию. Ее параметры характеризовались как оптимальные, а в условиях отвальной вспашки в отдельные периоды как избыточно рыхлые. При использовании почвозащитной технологии наблюдалась тенденция к дифференциации изучаемых слоев корнеобитаемой толщи по плотности сложения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецова, И. В. Нормативы изменения физических свойств пахотных черноземов лесостепной зоны Европейской России в условиях интенсивного сельскохозяй-

ственного использования / И. В. Кузнецова, В. Ф. Уткаева, А. Г. Бондарев // Почвоведение. – № 1. – 2014. – С. 71–81

2. Оценка степени физической деградации и пригодности черноземов к минимизации основной обработки почвы / А. Т. Трофимова [и др.] // Почвоведение. – № 9. – 2018. – С. 1125–1131.

3. Воробьева, Л. А. Теория и практика химического анализа почв / Л. А. Воробьева. – М.: ГЕОС, 2006. – С. 400.

4. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

5. Качинский, Н. А. Физика почвы / Н. А. Качинский. – М.: Высш. шк., 1965. – Ч. 1. – 324 с.

УДК 631.452

## АГРОХИМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПАХОТНЫХ ПОЧВ ХОЗЯЙСТВА С ИНТЕНСИВНОЙ СИСТЕМОЙ УДОБРЕНИЯ ПТИЧЬИМ ПОМЕТОМ

И. А. БОРИСЫЧЕВ, аспирант 1-го года обучения  
ФГБУ ЦАС «Нижегородский»,  
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

В. И. ТИТОВА, д-р с.-х. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

И. В. ЕЛЬШАЕВА, канд. с.-х. наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,  
г. Пушкин, Российская Федерация

*В статье изложены результаты многолетнего агрохимического мониторинга пахотных почв ОАО «АФ «Птицефабрика Сеймовская» по основным агрохимическим показателям. Отмечено снижение содержания органического вещества на 0,4 %, увеличение среднего значения показателя  $pH_{\text{коллоид}}$  на 0,5 ед. pH, увеличение содержания подвижного фосфора на 446 мг/кг и подвижного калия на 144 мг/кг.*

***Ключевые слова:** агрохимический мониторинг, ОАО «АФ «Птицефабрика Сеймовская», птичий помет, динамика агрохимических показателей, зафосфачивание почв.*

Рациональное использование земельных ресурсов невозможно без изучения агрохимических показателей сельскохозяйственных земель, определяющих потенциальное плодородие и возможность получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Мониторинг окружающей среды предусматривает наблюдение, оценку и прогноз ее состояния в связи с хозяйственной деятельностью человека. Результаты агрохимического мониторинга позволяют определить изменения в состоянии плодородия почв пашни, установить последствия деградационных процессов и разработать рекомендации по улучшению их использования [1]. Культурные растения способны давать высокие урожаи в соответствии с их требованиями к воде и питательным веществам [2]. Нарушение баланса питательных веществ в земледелии ве-

дет не только к уменьшению производства продукции и ухудшению ее качества, но и к снижению устойчивости агроландшафтов. Систематическое наблюдение, изучение, анализ этих процессов и принятие необходимых мер составляют основу мониторинга [3].

Хозяйственная деятельность крупных птицеводческих предприятий приводит к накоплению больших объемов птичьего помета, в связи с чем возникает проблема его утилизации. В качестве полигонов для этой цели используются почвы хозяйств, в основном это близлежащие поля севооборотов. Постоянное внесение высоких доз птичьего помета на ограниченной территории приводит к тому, что он из ценного органического удобрения переходит в разряд опасных материалов, способствующих ухудшению состояния окружающей среды.

Птичий помет считается концентрированным органическим удобрением с высоким содержанием фосфора в своем составе, что при высоких дозах его внесения может приводить к зафосфачиванию и дисбалансу питательного режима [4], существенно влияя на рекомендации по системе удобрения культурных растений, выращиваемых на таких почвах [5].

Цель исследования: анализ динамики основных агрохимических показателей пахотных почв ОАО «АФ «Птицефабрика Сеймовская» Володарского района Нижегородской области за период 1978 по 2019 гг.

Объектом исследования являются пахотные почвы ОАО «АФ «Птицефабрика Сеймовская» Володарского района Нижегородской области. Выбор объекта исследования связан с тем, что на пахотных почвах ОАО «АФ «Птицефабрика Сеймовская» на протяжении длительного времени применяется птичий помет в качестве органического удобрения.

Климат района умеренно-теплый. Годовая сумма температур в среднем 2499 °С, а сумма температур выше 10 °С равна 1850 °С – на севере, 2000 °С – на юге. За вегетационный период выпадает около 300–350 мм осадков. В районе преобладают песчаные почвы. Рельеф – волнистая равнина, изрезанная оврагами и лощинами. Почвенный покров хозяйства представлен дерново-подзолистыми, дерново-луговыми, торфяно-глеевыми почвами различного гранулометрического состава. Агрохимический мониторинг пахотных почв ОАО «АФ «Птицефабрика Сеймовская» проводится, начиная с 1978 г. Центром агрохимической службы «Нижегородский».

Анализы образцов почвы выполнены по стандартным методикам: содержание органического вещества (гумуса) ГОСТ 26213-91; pH солевой ГОСТ 26483-85; содержание подвижных форм фосфора и калия ГОСТ Р 54650-2011.

Начало агрохимического мониторинга пахотных почв ОАО «АФ «Птицефабрика Сеймовская» приходится на 1978 г. Изменение агрохимических показателей по годам представлено в таблице.

**Динамика основных агрохимических показателей почв  
ОАО «АФ «Птицефабрика Сеймовская» за период 1978 по 2019 гг.**

Гур. год	Гумус, %		pH <sub>сол.</sub> , ед. pH		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг	
	интервал	сред- нее	интервал	сред- нее	интервал	сред- нее	интервал	сред- нее
1978	–	–	4,3–6,4	5,4	27–291	225	36–157	109
1983	–	–	4,0–6,1	4,9	31–296	221	48–201	165
1987	1,0–2,3	1,9	4,0–6,3	5,4	28–273	206	39–193	150
1995	0,8–2,5	1,6	4,7–6,5	5,9	116–3123	1275	74–523	214
1999	0,6–3,7	1,6	4,4–6,8	5,7	109–3450	794	63–880	223
2004	0,8–2,4	1,5	4,6–6,9	5,8	92–2646	744	41–539	162
2009	0,9–3,3	1,5	4,8–7,0	5,8	133–2690	625	101–324	196
2019	0,9–3,3	1,5	4,7–6,8	5,9	211–1600	671	88–500	253

Гумус является основным показателем эффективного плодородия почв и оказывает большое влияние на физические, водно-физические, воздушные, тепловые и химические свойства почв. Он улучшает снабжение сельскохозяйственных растений фосфором, серой, азотом, микроэлементами (медью, цинком и др.). От него зависит биологическая активность почвы, определяющая интенсивность процессов гумификации и минерализации.

Среднее содержание гумуса в пахотных почвах хозяйства по годам колеблется по годам от 1,5 до 1,9 %. Наибольшее содержание гумуса наблюдается в 1987 г. При дальнейшем мониторинге наблюдается снижение данного показателя. На момент последнего тура мониторинга содержание гумуса составило 1,5 %, снижение по отношению к 1987 г. составило 0,4 %.

Реакция почвы оказывает влияние на питательный режим почв, рост, развитие и урожайность растений, деятельность микроорганизмов почвы, трансформацию форм питательных элементов удобрений и почвы, агрофизические, агрохимические, физико-химические и биологические свойства почв. Как видно из таблицы, изменение кислотности почв по годам происходит неравномерно. В 1983 году отмечается резкое увеличение кислотности, среднее значение pH<sub>сол.</sub> снижается с 5,4 до 4,9 по отношению к 1978 г. Дальнейшие наблюдения показывают увеличение показателя pH<sub>сол.</sub>, что свидетельствует о значительном снижении кислотности пахотных почв хозяйства. Среднее значение увеличилось за 36 лет на 2,0 ед. pH, что привело к переходу почв из разряда средние кислых в разряд близких к нейтральным.

Фосфор – один из важнейших элементов питания растений, способствующий лучшему поглощению ими питательных веществ, повышению синтеза и улучшению обмена веществ в них. Он способствует скорому созреванию растений, повышает устойчивость урожаев в период неблагоприятных климатических условий. В то же время избыточное содержание подвижного фосфора в почвах приводит к зафос-

фачиванию почв, и, следовательно, к дисбалансу питательного режима. Из таблицы видно, что среднее содержание подвижного фосфора в почвах хозяйства в первые три цикла обследования не показывает значительных колебаний. Резкое повышение содержания подвижного фосфора наблюдается в 1995 г., повышение по сравнению с 1987 г. составило 1071 мг/кг. Дальнейшие наблюдения показывают снижение данного показателя вдвое: с 1275 мг/кг (1995 г.) до 671 мг/кг в 2019 г.

Калий выполняет в растениях различные физиологические функции, воздействуя на важнейшие биологические процессы в клетках растений. Повышается продуктивность, качество получаемой продукции, устойчивость агроценозов к болезням и вредителям, неблагоприятным погодным условиям. За время агрохимического мониторинга в отношении подвижного калия наблюдаются колебания среднего значения. С 1978 по 1999 г. среднее значение увеличилось со 109 до 223 мг/кг. В 2004 г. отмечается резкое снижение содержания калия в почве, уменьшение составило 61 мг/кг. В период с 2004 по 2019 гг. среднее значение показателя увеличилось на 91 мг/кг.

Агрохимический мониторинг пахотных почв ОАО «АФ «Птицефабрика Сеймовская» показал, что основные агрохимические показатели находятся на достаточно высоком уровне. Снижение содержания гумуса за период наблюдений составило 0,4 %. Почвы хозяйства из разряда слабокислых в начале наблюдений перешли в разряд близких к нейтральным. Содержание подвижного фосфора в пахотных почвах находится на очень высоком уровне. Интенсивное применение птичьего помета привело к зафосфачиванию почв. Увеличение содержания подвижного калия в пахотных почвах составило 144 мг/кг.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ельшаева, И. В. Агроэкологическая оценка земель ООО «СПК Пригородный» / И. В. Ельшаева, М. А. Балбекина // Почва в условиях глобального изменения климата: материалы международной научной конференции, Санкт-петербургский государственный университет. – СПб., 2020. – С. 146–147.
2. Гогмачадзе, Г. Д. Агроэкологический мониторинг почв и земельных ресурсов Российской Федерации / Г. Д. Гогмачадзе. – М.: Изд-во МГУ, 2010. – 512 с.
3. Методология мониторинга почвенного плодородия / И. Ф. Медведев [и др.] // Зональные теоретически обоснованные агротребования для точного земледелия и ландшафтной агрохимии. – Саратов: НИИСХ Юго-Востока, 2017. – 92 с.
4. Титова, В. И. К вопросу о рациональном использовании почв с очень высоким содержанием фосфора в интенсивном земледелии / В. И. Титова // Агрохимический вестник. – 2017. – № 1. – С. 2–6.
5. Титова, В. И. Оптимизация применения азотных и калийных удобрений на почвах с высоким содержанием фосфора / В. И. Титова // Пермский аграрный вестник. – 2018. – № 1 (21). – С. 87–93.

## СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВАХ СПУСТЯ ГОД ПОСЛЕ ПОЖАРА

В. В. ВИЛКОВА, студент,  
М. С. НИЖЕЛЬСКИЙ, студент,  
К. Ш. КАЗЕЕВ, д-р биол. наук, профессор

Академии биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского  
Южного федерального университета,  
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

*В работе рассматриваются результаты исследования влияния пирогенного воздействия на содержание углерода органического в коричневых почвах сразу после пожара и спустя год. Установлено повышение содержания углерода органического во всех исследуемых образцах.*

**Ключевые слова:** пирогенный фактор, биоиндикация, биодиагностика, гумус, плодородие.

Лесные пожары – явление достаточно распространенное, ежегодно по всему миру сгорает более 340 млн. га природных территорий. Несомненно, пожары наносят катастрофический ущерб природным экосистемам и являются причиной ухудшения климатических условий, сокращения биоразнообразия и снижения устойчивости лесов к разнообразным повреждениям болезнями и вредителями.

Особо охраняемые природные территории и заповедники являются эталонами сравнения для нарушенных экосистем, но и здесь случаются пожары. В августе 2020 г. пожар в Краснодарском крае затронул и территорию государственного заповедника «Утриш». На этой территории распространены уникальные экосистемы, представленные большим числом эндемиков и реликтов, а также коричневые почвы, встречающиеся в России достаточно редко. Главное их отличие заключается в степени выветренности и карбонатности. Коричневые почвы распространены в немногих теплых и сухих местах Кавказа и на берегу Крыма с юга. Также эти почвы характерны для средиземноморских ландшафтов [1].

Почва, как и другие неотъемлемые компоненты биогеоценозов, испытывает на себе существенное влияние пирогенного фактора. Высокая температура, токсичные продукты пиролиза, воздействие дыма изменяют физико-химические свойства почв на многие годы. Однако в литературных данных нет общего мнения о влиянии пирогенного воздействия на биологические свойства почв. Есть данные, подтверждающие как негативное, так и позитивное влияние пожаров [3, 4]. Одним из наиболее спорных вопросов остается вопрос о динамике изменения

содержания гумуса в постпирогенных почвах, как важнейшего фактора плодородия. В настоящей работе используется термин «органический углерод», так как в почвах после пожаров остается большое количество золы, неподдающейся полному удалению, поэтому в данном случае использование термина «гумус» некорректно.

Целью работы является изучение динамики изменения содержания углерода органического в постпирогенных коричневых почвах. Осенью 2021 г. были реализованы полевые исследования территории заповедника «Утриш», пострадавшей от пожара в 2020 г., в ходе чего было заложено 16 почвенных разрезов на 10 мониторинговых площадках. Площадки отличались между собой степенью пирогенного повреждения. Визуально разделили участки на слабо, средне и сильно поврежденные от воздействия огня. Спустя год здесь видны признаки восстановительной сукцессии, появился подрост иглицы понтийской (*Ruscus aculeatus*), поросль злаковых и бобовых, в некоторых местах встречается мох. Однако все еще сохраняются обугленные деревья (можжевельник, сосна), и большое количество крупных остатков золы на поверхности почвы. Фоновая территория можжевельникового редколесья послужила в качестве контроля.

Содержание углерода органического (Сорг) выражали в процентах и определяли методом Тюрина И. В. в модификации Никитина Б. А. по окисляемости хромовой смесью с последующим фотоколориметрированием. Точность – 5–8 %. Повторность 3-кратная.

В ходе исследования через год после пожара было установлено значительное увеличение содержания углерода органического относительно контрольных значений (Сорг = 6,7 %) на 75 % (Сорг = 11,8 %) для слабой степени повреждения, на 84 % (Сорг = 11,4 %) для средней и на 37 % (Сорг = 9,2 %) для сильной. Данное явление напрямую не связано с процессами гумификации, а является отражением накопления органического углерода, преимущественно пирогенного, в почвах после пожаров. К тому же постпирогенное появление злаковых и бобовых активизирует дерновый процесс, что приводит к накоплению в почве гумуса и соединений азота [2]. Подтверждением причины повышения содержания Сорг в верхних слоях почвы за счет пирогенного углерода является факт того, что в горизонтах от 3 см значения исследуемого показателя ниже в среднем в 1,2 раза. Следует отметить, что пирогенный углерод высоко устойчив к биологическому разрушению, поэтому в почве может сохраняться в течение многих десятилетий и даже столетий.

По результатам исследования прошлого года, проводившегося на 20 сутки после пожара, также отмечали увеличение содержания Сорг,



но в меньшей степени. Для участка с сильной степенью повреждения огнем Сорг выше на 21 % (Сорг = 12,3 %), для средней – на 14 % (Сорг = 11,5 %), для слабой – ниже на 4 % (Сорг = 8,8 %) относительно контрольных значений (Сорг = 10,1 %). Вероятно, пирогенное воздействие привело к обугливанию части органического вещества почвы с формированием углистых частиц. Также увеличение Сорг напрямую связано с количеством и объемом сгоревшего растительного материала на поверхности почвы.

Несмотря на значительное увеличение содержания Сорг в исследуемых почвах, в дальнейшем ожидается снижение значений в связи с водной и ветровой эрозией. Действительно, исследования почвенного покрова участков территории заповедника, пострадавших от пожара в 2009 г., показали снижение данного показателя на 24 % относительно контрольных значений. На постпирогенных участках десятилетней давности появилась густая травянистая растительность, подрост кустарников и деревьев высотой более 3 м.

Таким образом, по результатам исследований двух лет было установлено значительное повышение содержания органического углерода в коричневых почвах с различной степенью повреждения огнем за счет сгоревшего растительного материала и сгоревшей подстилки, однако не выявлено связи между степенью повреждения и изменением исследуемого показателя.

*Исследования выполнены при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2511.2020.11).*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние карбонатности на свойства коричневых почв хребта Навагир в заповеднике «Утриш» / К. Ш. Казеев [и др.] // Актуальные вопросы экологии и природопользования: сборник материалов / отв. ред. К. Ш. Казеев; Южный федеральный университет. – Ростов н/Д; Таганрог, 2019. – С. 70–74.
2. Попова, Э. П. Пирогенная трансформация свойств лесных почв Среднего Приангарья / Э. П. Попова // Сибирский экологический журнал. – 1997. – № 4. – С. 413–418.
3. Сорокин, Н. Д. Влияние лесных пожаров на биологическую активность почв // Н. Д. Сорокин // Лесоведение. – 1983. – № 4. – С. 24–28.
4. Masyagina O. V., Tokareva I. V., Prokushkin A.S. Post fire organic matter biodegradation in permafrost soils: Case study after experimental heating of mineral horizons // Science of the Total Environment. – 2016. – V. 573. – P. 1255–1264.
5. Odabashyan, M. Y., Trushkov A. V., Kazeev K.S h., Kolesnikov S. I. Impact of Wildfire on Biological Activity of Sandy Soil in The South of Russia // Indian Journal of Ecology. – 2019. – 46(3). – P. 648–653.

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЮГО-ВОСТОКА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. Н. ВОЛОДИНА, канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

*На основе ландшафтно-экологических условий и данных агрохимического обследования почв двух хозяйств Пильнинского района Нижегородской области проведено выделение основных агроэкологических групп земель с учетом природных ограничений их пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур.*

**Ключевые слова:** агроэкологическая группировка, плодородие, динамика агрохимических показателей, чернозем оподзоленный глинистый, почвенно-экологический индекс, балл бонитета.

Почвенный покров Нижегородской области весьма разнообразен, что обусловлено ее географическим положением и значительной протяженностью с севера на юг. Наиболее распространенными почвами, вовлеченными в сельскохозяйственное производство, являются дерново-подзолистые (33 %), серые лесные (44 %) и черноземы (23 %) (Крымова Е. А., Шафронов О. Д., 2010). Но при этом большая доля продукции растениеводства производится в юго-восточной части Нижегородской области, где преобладают выщелоченные, оподзоленные и типичные черноземы (6,9 % территории области). Эти почвы полностью вовлечены в сельскохозяйственный оборот, и, несмотря на их высокое потенциальное плодородие, в настоящее время наблюдается снижение продуктивности пашни вследствие дегумификации, снижения обеспеченности почв доступными формами макро- и микроэлементов, увеличения кислотности, а также развития водной эрозии. Поэтому в современных условиях система ведения сельского хозяйства для обеспечения устойчивости агроландшафта и сохранения почвенного плодородия должна быть разработана с учетом агроэкологических требований сельскохозяйственных культур и природно-ресурсного потенциала территории (Кирюшин В. И., 2010).

Целью наших исследований было проведение агроэкологической оценки почвенного покрова юго-востока Нижегородской области на примере двух хозяйств, расположенных в Пильнинском районе Нижегородской области.

Для исследования были выбраны 2 хозяйства: СПК «Медяна» и СПК «им. Кирова», которые территориально расположены в листовно-лесной зоне Средне-Русской провинции на общем водоразделе рек Суры и Пьяны. В почвенном покрове СПК «им. Кирова» преобладают черноземы оподзоленные глинистые, сформированные на покровных

лессовидных глинах и элювии меловых глин (около 90 %), кроме того, в ложбинообразных понижениях и в пойме рек Медянка и Сура встречаются лугово-черноземные среднемощные среднегумусные и аллювиальные дерновые почвы различного гранулометрического состава. В СПК «Медяна» в почвенном покрове также наибольшее распространение имеют черноземы оподзоленные глинистые (около 64 % от всей площади землепользования), сформированные на покровных глинах, подстилаемых элювием юрских глин, а также, в пойме р. Суры сформировались аллювиальные дерновые (около 30 %) и лугово-черноземные почвы, преимущественно тяжелого гранулометрического состава. Кроме того, сильно выраженный мезорельеф изучаемой территории (покатые и сильнопокатые склоны различных экспозиций) и высокая степень распаханности способствуют формированию эродированных почв разной степени смывости.

В структуре посевных площадей хозяйств преобладают зерновые культуры: озимая и яровая пшеница, ячмень, овес (более 45 %), кроме того возделывают зернобобовые (от 8 до 10 %) кукурузу на силос (около 5 %), а также однолетние и многолетние травы (40 %). Средняя урожайность зерновых культур составляет 2,7 т/га, при этом наиболее рентабельной культурой в хозяйстве является озимая пшеница – 3,0 т/га.

Для агроэкологической оценки почвенного покрова пахотных почв в соответствии с методическими рекомендациями (Кирюшин В. И., 2010) были использованы материалы крупномасштабного почвенного обследования территории и агрохимического и экологотоксикологического обследования сельскохозяйственных угодий, урожайность возделываемых культур и сведения о количествах вносимых удобрений.

Для характеристики наиболее распространенных почв приводим агрохимические показатели по данным агрохимического обследования, проведенного в 2019 г. на территории Пильнинского района Нижегородской области.

Наиболее высокое содержание гумуса, и соответственно, максимально высокая обеспеченность элементами питания, характерны для черноземов оподзоленных несмытых, расположенных на водораздельном плато. Наличие на территории хозяйств полого-покатых склонов разной крутизны способствует появлению слабосмытых почв, а усиление интенсивности эрозионных процессов при увеличении крутизны склона до 2,5–3 ° приводит к формированию и среднесмытых черноземов. В пахотном слое чернозема оподзоленного слабосмытого содержание гумуса снижается на 6–8 %, среднесмытого – на 15–18 % относительно неэродированной пашни.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика пахотных почв хозяйств

Название почвы	Гу-мус, %	pH <sub>KCl</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			мг/кг	
<b>СПК «Медяна»</b>				
Черноземы оподзоленные несмытые глинистые	6,7	5,5	196	131
Черноземы оподзоленные слабосмытые глинистые	6,3	5,4	165	136
Черноземы оподзоленные среднесмытые глинистые	5,8	5,2	180	109
Лугово-черноземные тяжелосуглинистые	6,4	5,7	167	132
Аллювиальные дерновые глинистые	3,9	5,2	126	121
<b>СПК «им. Кирова»</b>				
Черноземы оподзоленные несмытые глинистые	6,8	5,4	160	193
Черноземы оподзоленные слабосмытые глинистые	6,3	5,3	140	174
Черноземы оподзоленные среднесмытые глинистые	5,6	5,7	144	201
Лугово-черноземные глинистые	6,5	5,6	171	145

\*Средневзвешенные значения по паспортизуемым участкам.

В почвенном покрове хозяйств, расположенных в юго-восточной части Нижегородской области, достаточно часто встречаются лугово-черноземные почвы, которые формируются в блюдцеобразных понижениях, и некоторое время испытывают переувлажнение, поэтому только небольшой процент таких почв вовлечено в пашню, а остальные используют в качестве пастбищ.

В аллювиальных дерновых глинистых почвах, сформированных в пойме р. Суры, содержание гумуса несколько ниже в силу генезиса, но по степени обеспеченности подвижными формами фосфора и калия относятся к группе повышеннообеспеченных.

Используя ландшафтно-экологические условия и почвенные карты, все почвы были разделены на следующие группы земель: плакорные, эрозийные и пойменные. Более 40 % почв СПК «Медяна» относится к группе плакорных (зональных) земель 1 категории, которая представлена черноземами оподзоленными, сформированными на покровных глинах, подстилаемых элювием юрских глин, которые расположены на плато водораздела и их пологих склонах. На территории СПК «им. Кирова» данная категория также преобладает (более 60 %) и представлена черноземами оподзоленными глинистыми, сформированными на покровных лессовидных глинах и элювии меловых глин. Почвы данной категории можно использовать для возделывания любых сельскохозяйственных культур, районированных для Приволжского федерального округа, и, в первую очередь, размещая на них наиболее требовательные, такие как сахарная свекла, кукуруза на зерно, а также элитные и суперэлитные сорта зерновых. Кроме того, к группе плакорных земель относится и категория I-a, куда входят лугово-

черноземные почвы (не более 5 % от площади хозяйств). Такие почвы в настоящее время в исследуемых хозяйствах практически исключены из структуры пашни и используются только в качестве сенокосов, за исключением небольших участков.

Из-за сложного рельефа на территории хозяйств встречается достаточно большое количество смытых почв, в связи, с чем была выделена группа эродированных земель. К категории II-б отнесены черноземы оподзоленные слабосмытые, а также их комплексы; к категории III-а относятся участки черноземов оподзоленных, где в большей степени проявляется влияние водной эрозии (среднесмытые почвы и их комплексы). Наибольшее количество смытых почв, относящихся к категории II-б и III-а, расположено на территории СПК «Медяна» (19 % и 5 % от площади хозяйства), почвенный покров СПК «им. Кирова» в меньшей степени подвержен эрозионным процессам. Данная группа земель пригодна для возделывания зерновых, зернобобовых культур и трав с соблюдением агротехнических противоэрозионных мероприятий, что позволит предотвратить дальнейшую деградацию почвенного покрова.

Кроме того, на территории изучаемых хозяйств была выделена большая группа пойменных земель (около 30 % почв в СПК «Медяна» и 4 % в СПК «им. Кирова»), которая относится к IV категории, почвенный покров которой включает аллювиальные дерновые почвы различного гранулометрического состава, расположенные в пойме рек Сура и Медянка. Пойменные почвы рекомендуется использовать под культурные сенокосы и пастбища при условии проведения планировки территории с подсевом многолетних трав.

Для более полной агроэкологической оценки пахотных почв хозяйств юго-востока Нижегородской области был рассчитан почвенно-экологический индекс на примере СПК «Им. Кирова», величина которого определяет уровень плодородия почв и бонитет для каждой сельскохозяйственной культуры (Карманов И. И., 1990).

Рассчитанный почвенно-экологический индекс указывает на то, что почвы, сформированные на водоразделе, характеризуются более высокими баллами (68,5), а с увеличением степени смытости отмечается снижение данного показателя в 1,3–1,6 раза.

Кроме того, учитывая климатические показатели и почвенные условия, были рассчитаны баллы бонитета для различных культур, возделываемых в хозяйстве (Карманов И. И., 1980). Проведенные расчеты показали, что черноземы оподзоленные несмытые характеризуются высокими баллами бонитета зерновых и однолетних трав – 64,5 и 67,8, что свидетельствует о высоком потенциале природно-климатических условий землепользования. А на участках чернозема

оподзоленного среднесмытого потери составили более 30 % по зерновым культурам и однолетним травам, что способствует значительному снижению валовой сельскохозяйственной продукции.

Таблица 2. Почвенно-экологическая оценка пахотных почв СПК «им. Кирова»

Основные показатели ПЭИ			ПЭИ, балл	Зерновые		Однолетние травы	
ИП*	ИАХ*	ИК*		балл бонитета	потеря плодородия в баллах	балл бонитета	потеря плодородия в баллах
<b>Черноземы оподзоленные несмытые глинистые</b>							
0,74	1,09	6,79	68,5	64,9	–	67,8	–
<b>Черноземы оподзоленные слабосмытые глинистые</b>							
0,61	1,05	6,79	54,4	53,9	11,0	56,3	11,5
<b>Черноземы оподзоленные среднесмытые глинистые</b>							
0,47	1,10	6,79	43,8	44,1	20,8	46,1	21,7
<b>Лугово-черноземные глинистые</b>							
0,74	1,12	6,79	70,3	64,9	–	67,8	–

\* Итоговый почвенный, агрохимический и климатический показатели.

С учетом почвенно-экологических условий на территории хозяйств выделены 3 основные агроэкологические группы земель, где преобладающей является плакорная (категория 1 и 1-а). Но высокая степень распаханности территории и сильно выраженный мезорельеф способствуют появлению в структуре почвенного покрова эродированных почв, использование которых требует внедрения противоэрозионных агротехнических и лесомелиоративных приемов, так как с ростом степени смытости наблюдаются потери в баллах бонитета по сельскохозяйственным культурам от 17 до 32 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Карманов, И. И. Плодородие почв СССР / И. И. Карманов. – М., 1980. – 226 с.
2. Карманов, И. И. Методика и технология почвенно-экологической оценки и бонитировки почв для сельскохозяйственных культур / И. И. Карманов. – М., 1990. – 114 с.
3. Кирюшин, В. И. Агрономическое почвоведение / В. И. Кирюшин. – М., 2010. – 687 с.
4. Крымова, Е. А. Состояние пахотных почв Нижегородской области / Е. А. Крымова, О. Д. Шафранов // Агрохимический вестник. – 2010. – № 41. – С. 2–4.

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЬПИЙСКИХ ГОРНО-ЛУГОВЫХ ПОЧВ

А. А. ГОЛУБ, магистрант,  
Л. Ю. ГОНЧАРОВА, канд. с.-х. наук, доцент

Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

*Работа посвящена изучению физико-химических свойств альпийской горно-луговой почв, которая широко распространена на Кавказе и, в частности, в республике Адыгея, поэтому изучение их современного состояния является весьма актуальным.*

**Ключевые слова:** Горно-луговая альпийская почва, физико-химические свойства.

Цель данной работы – изучение физико-химических свойств альпийской горно-луговой почвы республики Адыгея.

Объектом исследования была горно-луговая альпийская почва плато Лаго-Наки Кавказского биосферного заповедника. Профиль почв альпийских лугов отличается слабой дифференцированностью и небольшой мощностью, редко превышающей 60–70 см. Профиль имеет следующее строение: Ad-A-AC-C и A-AR-R. Альпийские горно-луговые почвы имеют своеобразный сухоторфяный горизонт мощностью 1–2 см, что отличает их от других почв горных лугов. (Зонн, С. В. Горно-лесные почвы Северо-Западного Кавказа / С. В. Зонн. – М. – Л., 1950.) По классификации 1977 г. изучаемая почва диагностировалась как альпийская горно-луговая ненасыщенная маломощная легкосуглинистая на элювии древних известняков (Классификация..., 1977). По классификации 2008 г.: ствол постлитогенный, отдел – органо-аккумулятивный, тип перегнойно-темногумусовый литозем перегнойно-темногумусовый, маломощный среднесуглинистый на элювии древних известняков. По международной классификации WRB – это Umbric LEPTOSOLS (Умбриковый горизонт – мощный, темноокрашенный горизонт, обогащенный органическим веществом, ненасыщенный основаниями, Лептосол – почвы на скальной или высококарбонатной породе).

Для достижения поставленной задачи было проведено определение содержания гигровлаги и потери при прокаливании термостатно-весовым методом, определение гранулометрического состава по ГОСТ 12536-2014, изучение содержания гумуса по методу Тюрина в модификации Симакова, определение элементного состава альпийской горно-луговой почвы методом рентгенфлуоресцентного анализа (Поддубный, Поддубная, 2020), а также проведение сравнительного анализа изменений физико-химических показателей, которые произошли за 8 лет (с 2011 по 2019 гг.) в исследуемой почве. За указанный период

произошло формирование аккумулятивно гумусового горизонта А, который не диагностировался в 2011 г. и увеличилась мощность альпийской горно-луговой почвы до 35 см. Мы объясняем этот процесс заповедным режим использования плато Лаго-Наки в составе Кавказского биосферного заповедника и активным поступлением органического вещества в почвенный профиль.

Для изучаемой почвы характерно преобладание минеральной части почвы в нижних горизонтах А и AR, где на ее долю приходится до 76 % от почвенной массы. Дерновый же горизонт состоит более чем на 55 % из органической части (табл. 1).

Таблица 1. Некоторые физико-химические показатели альпийской горно-луговой почвы, 2019 (n = 3)

Горизонт, мощность, см	Гумус, %	ППП, %	Минеральная часть почвы, %	Гигровлага, %	Коэффициент пересчета на сухую почву
Ad 0–10	21,60	55,04	44,96	5,01	1,0501
A 10–22	10,40	29,82	70,18	4,18	1,0418
AR 22–35	5,40	24,09	75,91	3,75	1,0375

Альпийская горно-луговая почва характеризуется кислой реакцией почвенного раствора (pH = 4,4–4,7), высоким содержанием гумуса (21,6 %), и резким его снижением по почвенному профилю (табл. 2). (Воробьева, Л. А. Теория и практика химического анализа почв / Л. А. Воробьева. – М.: ГЕОС, 2006). ГМС горизонта А определен как среднесуглинистый (физическая глина – 33,64 %), а горизонта AR – как тяжелосуглинистый (физическая глина 50,29 %). Это определение ГМС совпадает с полевым определением ГМС (методом скатывания жгута). Дополнительное название почвы по ГМС определяется по двум преобладающим фракциям. В альпийской горно-луговой почве преобладают фракции средней пыли и ила. В соответствии с вышесказанным, мы определили гранулометрический состав горизонта А как иловато-среднепылеватый, а горизонта AR – как среднепылевато-иловатый. Определение ГМС с использованием треугольника Ферре построено на использовании суммарных данных по фракциям песка, пыли и глины (ила). В горизонте А содержание песка составило 28,62 %, пыли 51,69 %, глины (ила) – 19,69 %.

Таблица 2. Некоторые физико-химические показатели альпийских горно-луговых почв, 2011 (n = 3)

Горизонт, см	Мощность горизонтов, см	pH	Гумус, %
Ad	0–5	4,7	10,10
AR	5–29	4,4	7,47



В горизонте AR песок составил – 23,77 %, пыли – 40,77 %, глины (ила) – 35,45 %. Используя вышеприведенные данные, был определен по треугольнику Ферре гранулометрический состав генетических горизонтов: Ад – суглинок, AR – пылеватый тяжелый суглинок. Таким образом, установлено увеличение содержания ила и физической глины в нижнем горизонте AR альпийской горно-луговой почвы, что влечет за собой утяжеление гранулометрического состава. Это связано в первую очередь с промывным типом водного режима и связанными с ним элементарными почвенными процессами – выщелачиванием и лессиважем (переносом илистых частиц вниз по почвенному профилю с током воды без их разрушения) (ГОСТ 12536-2014).

Таблица 3. Гранулометрический состав горно-луговой почвы

Горизонт	1–0,5	0,5–0,25	0,25–0,1	0,1–0,05	0,05–0,01	0,01–0,002	<0,002	>0,01	<0,01
А	3,73	15,78	9,11	8,19	29,55	13,95	19,69	66,36	33,64
AR	3,99	9,42	10,36	2,84	23,09	14,84	35,45	49,71	50,29

Данные по элементному составу горно-луговых почв представлены в табл. 4 и 5. За период исследований с 2011 по 2019 гг. выявлена тенденция загрязнения почв Pb, Zn в 1,2–1,4 раза, и MnO в 2 раза, что связано с воздушным трансграничным переносом загрязняющих веществ от промышленных предприятий не только республики Адыгеи, но и соседних регионов, а также возрастающим количеством автотранспорта. Практически все изучаемые металлы превышают ПДК в 1,5–2 раза, за исключением меди и хрома.

Таблица 4. Содержание тяжелых металлов в альпийских горно-луговых почвах республики Адыгея (мг/кг)

Элемент и его класс опасности	2019 г.			2011 г.		ПДК
	Ad 0–10	A 10–22	AR 22–30	Ad 0–10	AR 10–29	
TiO <sub>2</sub> (%)	0,53	0,95	0,98	–	–	
V 3-й класс	61,75	120,39	129,79	–	–	
Cr 2-й класс	83,43	141,01	139,62	126,44	136,59	90
MnO 3-й класс	2734,17	1568,05	1854,28	1338,25	1659,99	1500
Co 2-й класс	–	23,20	32,66	–	–	–
Ni 2-й класс	80,11	104,13	110,97	–	–	–
Cu 2-й класс	31,84	71,56	79,51	65,29	76,91	55
Zn 1-й класс	148,41	139,70	137,51	121,66	126,35	100
Sr 3-й класс	47,10	59,28	67,81			
Pb 1-й класс	68,20	56,68	52,20	47,72	53,51	32

Содержание же меди и хрома снизилось в гор. Ад и в 2 раза и в 1,5 раза соответственно. Их значения в гор. Ад снизилось в 2019 г. и не превышают ПДК.

По сравнению с 2011 г. в 2019 г. произошло уменьшение содержания макроэлементов, кроме  $P_2O_5$  (табл. 5). По данным спектрофотометрического анализа содержание  $P_2O_5$  увеличилось в 1,7 раза, что может быть объяснено увеличением в 2 раза содержания гумуса (дерновый процесс).

Таблица 5. Элементный состав альпийских горно-луговых почв (%)

Название почвы	$Fe_2O_3$	$Al_2O_3$	$SiO_2$	CaO	MgO	$P_2O_5$	$K_2O$
<b>2011 г. р. Адыгя</b>							
Ад 0–10	7,63	14,97	52,26	0,97	1,31	0,18	2,12
AR 10–29	8,33	16,85	53,39	0,90	1,38	0,17	2,19
<b>2019 г. р. Адыгя</b>							
Ад 0–10	6,67	7,67	41,90	0,95	1,17	0,30	1,90
A 10–22	8,28	16,04	52,10	0,84	1,29	0,18	2,16
AR 22–30	8,70	17,91	53,55	1,03	1,40	0,16	2,27

Нами выявлен процесс трансформации строения почвенного профиля, которое выражается в постепенном развитии (обособление гор А и формирование почвенного профиля Ад-А-AR в 2019 г.) и увеличении мощности профиля альпийской горно-луговой почвы (с 29 см до 35 см в 2019 г.). Промывной тип водного режима оказывает влияние на свойства изучаемой почвы и на распределение веществ по почвенному профилю. Ведущими элементарными почвенными процессами в этих почвах являются дерновый, выщелачивание и лессиважем. Совокупность этих процессов влияет на утяжеление гранулометрического состава в нижних горизонтах почвенного профиля и на накопление в них макроэлементов по сравнению с дерновым горизонтом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьева, Л. А. Теория и практика химического анализа почв / Л. А. Воробьева. – М.: ГЕОС, 2006. – С. 400.
2. ГОСТ 12536-2014 Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического и микроагрегатного состава.
3. Зонн, С. В. Горно-лесные почвы Северо-Западного Кавказа / С. В. Зонн. – М. – Л., 1950. – 217 с.
4. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 224 с.
5. Поддубный, О. А. Физико-химические методы анализа при изучении дисциплины «Почвоведение» / О. А. Поддубный, О. В. Поддубная // Актуальные проблемы преподавания естественнонаучных и специальных дисциплин в учреждениях высшего и среднего специального образования сельскохозяйственного профиля: сб. статей. – Горки: БГСХА, 2020. – 169 с.

## **ИЗМЕНЕНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АГРОГЕННЫХ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ г. ИЖЕВСКА**

Н. Г. ЗЫКИНА, канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»,  
г. Ижевск, Российская Федерация

*В статье представлены результаты мониторинга агрогенных почв, расположенных в черте г. Ижевска. За 20-летний период выявлено снижение содержания гумуса и обменной кислотности почв, рост содержания общего количества катионов и подвижного фосфора. Выявленные негативные изменения почв, в частности зафосфачивание.*

**Ключевые слова:** городские почвы, агрогенные почвы, урбанизация, агрохимические характеристики, мониторинг.

Ижевск является крупным промышленным центром, занимающим в РФ 20-е место по численности населения. Город был основан в 1760 г. как Ижевский завод и до настоящего времени является центром оборонной, металлургической и машиностроительной промышленности. Исторические особенности определили значительную трансформацию почвенного покрова территории города. Естественные дерново-подзолистые почвы изменили свои характеристики в результате процессов урбанизации. В черте города широко распространены как механически трансформированные почвы, так и почвы со значительным химическим загрязнением под влиянием промышленности и автотранспорта [2, 3].

Целью исследования являлся мониторинг агрогенных почв города и выявления тенденций в изменении их агрохимических характеристик.

На территории г. Ижевска исследуемые почвы широко распространены в районах частной застройки, а также в садоводческих товариществах (СТ и СНТ). Характеристика агрогенных почв г. Ижевска впервые была выполнена автором в 1996–1998 гг. ( $n = 117$ ), повторное исследование проведено спустя 20 лет (2015–2016 гг.). Смешанные пробы отбирались из пахотного горизонта почв приусадебных и садоводческих участков по общепринятым методикам. Всего отобрано 45 почвенных проб. В образцах почв определялись: обменная и гидролитическая кислотность – потенциметрически, сумма поглощенных оснований – титриметрически, содержание гумуса по И. В. Тюрину, количество подвижных соединений фосфора и калия по Кирсанову.

Функционирование почв в условиях урбаноэкосистемы г. Ижевска значительно изменило их агрохимические характеристики. Агроген-

ные почвы не являются исключением, однако их изменения связаны не только с аэрогенным поступлением выбросов городских предприятий и автотранспорта, но и с прямым воздействием на почвы с целью повышения плодородия.

Агрогенные почвы г. Ижевска на момент первичного исследования являлись нейтральными со средним числом поглощенных катионов с высоким содержанием гумуса и очень высоким содержанием подвижных соединений фосфора и калия (табл. 1).

**Агрохимические характеристики исследуемых почв**

	pH	S	Hг	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	гумус
		ммоль/100г		мг/кг		%
1	6,9±0,01	16,6±0,5	0,98±0,02	304,6±17	266±14	8,59±0,27
2	6,6±0,06	29,5±1,6	1,06±0,07	719±816	297±27	4,81±0,56
p	0,001	0,000	0,530	0,000	0,330	0,000
3	6,9±0,01	18,1±0,7	1,01±0,1*	276±23*	290±30*	9,21±0,43
	6,6±0,16	27,4±3,2	0,96±0,2	990±256	346±52	3,99±0,85
4	6,9±0,02	16,7±0,8	0,85±0,1	376±22	204±14	9,07±0,64
	6,6±0,07	28,4±2,7	1,15±0,2	600±125	239±32	4,52±0,92

Примечание: 1 – средние показатели агрогенных почв г. Ижевска в 1998 г.; 2 – средние показатели агрогенных почв г. Ижевска в 2016 г.; p – отличия агрогенных почв города по годам; 3 – характеристики агрогенных почв в селитебной части (АПС) города (числитель – 1998 г, n = 38; знаменатель – 2016 г, n = 15); 4 – характеристики агрогенных почв в пригородной (АПП) части города (числитель – 1998 г, n = 39; знаменатель 2016 г, n = 20); \* – достоверные отличия двух выделенных территорий (3 – АПС и 4 – АПП) между собой (числитель – в 1998 г, знаменатель в 2016 г).

На момент мониторингового исследования в г. Ижевске территории, занятые ранее агрогенными почвами, изменились. Часть их была занята многоэтажными жилыми комплексами, и исследуемые почвы были трансформированы в урбаноземы. Однако значительная доля агрогенных почв сохранилась и продолжает использоваться по назначению.

За прошедшие 20 лет состояние данных почв изменилось, они стали менее щелочными: обменная кислотность достоверно снизилась на 0,3 ед. pH, при этом количество протонов водорода достоверно не изменилось. Тенденции к снижению щелочности наблюдаются и для других почв г. Ижевска, что может быть связано с фиксируемым сокращением выбросов промышленных предприятий и автотранспорта. Последнее должно было привести к снижению в почве количества элементов минерального питания. Так как сокращение выбросов, вынос элементов из почвы с продукцией, а также в результате естественного для климатической зоны выщелачивания, способствует обеднению почв катионами. Однако, за рассматриваемый период, количество поглощенных агроген-

ными почвами катионов возросло в 1,8 раза. Это произошло на фоне значительного (в 1,8 раза) снижения содержания гумуса.

Несмотря на то, что количество поглощенных почвой катионов все также остается на среднем уровне, такое повышение свидетельствует о лучшей обеспеченности почв элементами минерального питания. Данная тенденция может быть связана с усилением использования минеральных удобрений. В связи с этим значительно возросла обеспеченность почв подвижными соединениями фосфора.

Уже при первом исследовании агрогенных почв г. Ижевска было выявлено значительное повышение количества доступного растениям фосфора по сравнению с фоновыми почвами. Доля почв с очень высоким содержанием фосфатов составляла 50 %, а с низким и очень низким (фоновым) – 1 %. В ходе мониторингового исследования выявлено повышение количества доступных растениям фосфатов в 2,4 раза, доля высокообеспеченных почв возросла до 80 %.

В силу значительной площади города и неравномерного распространения агрогенных почв, возможны территориальные отличия в их составе. Поэтому из общей выборки были вычленены почвы двух участков.

Первая группа почв расположена в селитебной части города (Восточный поселок) и включает в себя агрогенные почвы приусадебных участков, а также расположенных рядом СНТ. Эта территория расположена в 3–5 км северо-восточнее Центральной промышленной зоны (ЦПЗ), являющейся историческим центром промышленного производства города.

Вторая группа почв относится к территориям СНТ за пределами городской застройки. Это участки, расположенные от ЦПЗ в том же направлении, но на удалении 7–13 км. В условиях преобладающих юго-восточных ветров выбросы промышленных предприятий ЦПЗ переносятся на исследуемые территории.

Сравнение агрохимических показателей агропочв этих двух групп в 1996 г, выявило существенные отличия сравниваемых территорий (таблица). В почвах пригорода было меньше протонов водорода (на 16 %), хотя оба участка входят в градацию с низким содержанием. Достоверные отличия существуют по количеству обменного калия: в почвах пригорода высокое содержание калия, а в селитебной части – очень высокое (больше на 30 %). Достоверно более высокое количество подвижного фосфора выявлено в почвах пригорода (в 1,4 раза), хотя на обеих территориях его содержание было очень высокое.

В ходе мониторингового исследования выявлено, что данные отличия нивелировались, и в настоящее время агрогенные почвы г. Ижевска, вне зависимости от расположения, можно отнести к одной выбор-

ке. Тем не менее, рассматривая содержание в агропочвах фосфора, можно засвидетельствовать его значительное накопление со временем (в 2,4 раза). Наиболее интенсивно данный процесс идет в районах селитебной застройки.

Максимальное количество подвижного фосфора – 2556 мг/кг почвы более чем в 65 раз выше фоновых показателей. Повышение содержания доступных фосфатов до настоящего уровня еще не принесет негативных последствий [4], но это, безусловно, негативная тенденция. Нерациональное использование минеральных удобрений на ряде участков приводит к зафосфачиванию. Эти процессы могут быть связаны, в том числе, с подкислением агрогенных почв в результате использования физиологически кислых удобрений. Это могут быть и калийные соли, так как рост количества калия нами также отмечен. Способствовать процессу может легкий гранулометрический состав исследуемых почв, а также снижение буферности в результате уменьшения количества гумуса в 2,2 и 2,3 раза в пригороде и селитебной части соответственно. Описанные негативные последствия способствуют химическому закреплению фосфатов в почве [1].

Таким образом, анализ территориальных отличий в ходе мониторингового исследования показал, что в настоящее время характеристики агрогенных почв г. Ижевска определяются не влиянием города, а особенностями использования. Для данных почв типично снижение кислотности и содержания гумуса, рост числа обменных катионов и зафосфачивание.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агрохимия / под. ред В. М. Клечевского. – М.: Изд-во «Колос», 1967. – 583 с.
2. Рылова, Н. Г. Трансформация почвенного покрова в условиях промышленного города и ее воздействие на растительность (на примере г. Ижевска): автореф. дис...канд. биол. наук: спец 03.00.16 / Н. Г. Рылова; УдГУ. – Ижевск, 2003. – 19 с.
3. Стурман, В. И. Загрязнение почв г. Ижевска химическими элементами и 3,4 бенз(а)пиреном / В. И. Стурман // Вестник Удмуртского университета. – 1996. – № 3: Вопросы экологии и ресурсный потенциал территорий. – С. 40–53.
4. Изучение фосфорных удобрений и фосфатного состояния почв / В. И. Титова [и др.] // Агрохимический вестник. – № 2. – 2011. – С. 3–6.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И ПОЧВЕННЫХ БАЗ ДАННЫХ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ)

Н. В. КАЙДАЛОВА, начальник отдела геоинформационных систем ФГБУ ГЦАС «Ростовский»,  
пос. Рассвет, Российская Федерация

Ю. А. ЛИТВИНОВ, канд. биол. наук, доцент,  
А. А. МЕЖЕНКОВ, аспирант,  
Р. О. ЖОЛУДЕВ, аспирант,  
Е. В. КУЧМЕНКО, аспирант

Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского ЮФУ,  
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

*В настоящее время, в связи с увеличением количества деградированных земель, рациональное использование имеющихся почвенных ресурсов является одним из важнейших аспектов обеспечения продовольственной безопасности как Ростовской области, так и страны в целом. Для решения задач рационального использования земель необходимо иметь максимально возможный объем информации о почвенных, агрохимических и иных показателях почвенного покрова. Использование ГИС-технологий и почвенных баз данных, включающих в себя разнородную, разновременную информацию, может стать источником таких данных для целей мониторинга показателей почвенного плодородия. Это позволит контролировать текущее состояние почвенного покрова, а также до некоторой степени прогнозировать изменение его состояния в будущем.*

**Ключевые слова:** Почвенно-географическая база данных, Аграрно-почвенный дата-центр, мониторинг и оценка земель.

Проект «Информационная система «Почвенно-географическая база данных России»», который был запущен в 2008 г., представляет собой распределенную сеть дата-центров на базе научных организаций, и агрохимических центров. В каждом регионе России осуществляется сбор необходимых материалов нормативно-справочной информации, их анализ и компоновка, проводились выборочные полевые обследования сельскохозяйственных угодий (например, в ФГБУ ГЦАС «Ростовский»), а также агрохимические и агроэкологические анализы собранных проб. В некоторых регионах (например, в Ростовской и Московской областях) были созданы региональные почвенные дата-центры, которые содержат в себе все эти данные. Информация вносилась структурированно с использованием единой формы, разработанной на базе факультета почвоведения Московского государственного университета и кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов Южного федерального университета – программы автономного ввода, накопления и модификации почвенно-картографических данных (SoilMLMultiL – V8) [2].

В распределенной сети аграрно-почвенных дата-центров (ИС ПГБД РФ) основная (наиболее объемная, трудозатратная) задача региональ-

ных дата-центров – это сбор и обработка региональной (местной) информации и выработка решений, рекомендаций и отчетов для потребностей региона. Форматы и справочники метаданных этой информации во многом определяются уже сложившейся практикой почвенных обследований и лабораторных измерений, специфических для данного региона. Примеры вариаций региональных справочников показателей мониторинга (ФГБУ ГЦАС «Ростовский»), иллюстрируют степень различия в описании показателей, а также их отличие от общего списка показателей мониторинга плодородия, помещенного в приказе МСХ РФ № 150 от 04.05.2010 г. [1].

Интеграция природно-почвенной информации центров Агрохимической службы в распределенную Информационную систему необходима для:

- формирования единого бесшовного географического пространства;
- сопоставимости и совместимости данных различных регионов;
- обмена информацией и регионализации прикладных алгоритмов и методик;
- разработки программных средств стандартизации описания аграрно-почвенных данных;
- обеспечения объективизации и повторяемости расчетов и рекомендаций;
- обеспечения совместимости с архивной информацией (тематическими картами и ведомостями (очерками) обследований);
- перехода на «облачные» государственные платформы во исполнение Распоряжения Правительства РФ от 28.08.2019 N 1911-р [3];
- подготовки данных для выполнения операций моделирования (интерполяция) как способа компенсации принципиальной неполноты аграрно-почвенной информации, в соответствии с методическими указаниями о государственной кадастровой оценке (впервые на уровне ФЗ принята концепция моделирования, т. е. распространения данных и показателей на сходные участки с неполным обеспечением данными).

На основе данных, собранных на базе региональных почвенных дата-центров производится расчет различных показателей, использующихся как для агроэкологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, так и для оценки этих земель. В настоящее время функционируют следующие подсистемы: расчет доз внесения удобрений; расчет нормативной урожайности; агрохимический паспорт земельного участка.

Механизмы определения урожайности культур, а также анализа и оценки агроэкологического состояния сельскохозяйственных почв и земель базируются на картографической природно-почвенной информации о сельскохозяйственных угодьях и крупномасштабных почвенных картах в цифровой форме, а также данных о почвенных показателях: физических и химических, показателях негативных процессов и загрязнения почв.



Веб-интерфейс базы данных регионального почвенного дата-центра, включает в себя:

– непосредственно инструменты работы с проектами (список заказчиков, управление временными таблицами, управление проектами, управление настройками генерации представлений);

– программный комплекс «агрехимический паспорт», генерирующим отчетную документацию по текущим проектам дата-центра (агрехимический паспорт проекта, агрехимический паспорт земель сельскохозяйственного назначения административного района области);

– приложение «Просмотр метаданных», позволяющее просматривать пространственные объекты базы данных с сопутствующей атрибутивной информацией.

– приложения, функционирующие на основе информации хранящейся в базе данных почвенного дата центра (расчет доз внесения удобрений, оценка нормативной урожайности, расчет запасов органического углерода).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Порядка государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения (Приказ Минсельхоза России от 4 мая 2010 г. N 150; зарегистрирован Минюстом России 15 июля 2010 г., регистрационный N 17846) (с изменениями на 8 августа 2012 г. N 428; зарегистрирован Минюстом России 13 сентября 2012 г., регистрационный N 25453).

2. Шоба, С. А. Область применения и основные приемы работы с программой локального ввода данных V7\_7\_TM / С. А. Шоба, В. М. Колесникова, О. М. Голозубов. – М., 2018. – 92 с.

3. Распоряжение Правительства РФ от 28.08.2019 N 1911-р «Об утверждении Концепции создания государственной единой облачной платформ».

УДК 631.4

## ГУМУС АГРОСЕРЫХ ПОЧВ ТОМСКОЙ ПОДТАЙГИ

Е. В. КАЛЛАС, канд. биол. наук, доцент

Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
г. Томск, Российская Федерация

*Исследованные агросерые почвы характеризуются невысоким содержанием гумуса (3-4 %) фульватно-гуматного типа, средним уровнем гумификации и аккумуляции компонентов гумуса, его лабильных и подвижных форм, что указывает на необходимость оптимизации режима и баланса органического вещества.*

**Ключевые слова:** агросерые почвы, содержание и состав гумуса, гумусное состояние почв.

Серые лесные почвы интенсивно используются в сельском хозяйстве и по степени распаханности в России стоят на третьем месте, уступая черноземам и каштановым почвам. В условиях подтаежной зоны Томской области агросерые почвы составляют основной фонд

пахотных угодий. Важнейшим компонентом почв, определяющим уровень их плодородия, является система гумусовых веществ, представляющая не только источник элементов питания растений, но и участвующая в формировании химических, физико-химических и физических свойств почвы, от которых зависит продуктивность культурных растений. На антропогенной стадии развития агропочв гумусное состояние во многом зависит от культуры земледелия, способной существенно изменять содержание и качественный состав гумуса. В связи с этим изучение фракционно-группового состава гумуса агропочв является актуальным, а мониторинг, включающий оценку и анализ гумусного состояния, необходим для разработки оптимальных систем удобрения, подбора правильных севооборотов, способов обработки почв и других аспектов рационального ведения земледелия.

Цель работы – определить состояние системы гумусовых веществ агросерых почв Томской подтайги на современном этапе их функционирования.

Объектом исследования явились агросерые почвы Томь-Обского междуречья (Томская обл., п. Поросино), используемые в 4-польном севообороте. Основная возделываемая культура – яровая пшеница, предшественник – многолетние бобовые травы в смеси с многолетними злаковыми.

Основные свойства агропочв изучались с применением общепринятых в почвоведении методов и методик, фракционно-групповой состав гумуса определялся по методу И. В. Тюрина в модификации В. В. Пономаревой и Т. А. Плотниковой.

В пахотных серых лесных почвах Томь-Обского междуречья сохранены горизонты верхней части профиля (гумусово-элювиальный AEL и переходный к иллювиальному BEL), что, согласно Классификации почв России, позволяет отнести их к типу агросерых. Почвы развиты на покровных суглинистых и глинистых отложениях, в связи с чем имеют среднесуглинистый в верхних горизонтах и тяжелосуглинистый и легкоглинистый состав в нижних. Данные результатов гранулометрического и химического анализов показывают, что в почвах протекают дерновый и элювиально-иллювиальный процессы. По Классификации почв России, исследованные почвы относятся к подтипу типичных, роду ненасыщенных, видам среднепахотных (20–30 см) и среднегумусированных (3–5 %), разновидности среднесуглинистых почв.

Важнейшим показателем агрономической оценки почв, влияющим на их плодородие, является содержание гумуса. Как известно, при вовлечении естественных почв в сельскохозяйственное использование процессы минерализации органического вещества усиливаются в связи с ежегодной механической обработкой и усилением аэрации. В ре-

зультате гумусированность почв уменьшается. Пониженное количество органического углерода в пахотном слое, по сравнению с гумусовыми горизонтами целинных аналогов, обусловлено, кроме этого, и припахиванием нижележащих менее гумусированных и оподзоленных слоев почвы, а также усилением процессов эрозии в периоды весеннего снеготаяния и осенних затяжных дождей, когда поля не защищены растительным пологом. В исследованных агросерых почвах содержание гумуса в пахотном горизонте варьирует в пределах 3–4 %, редко достигая больших величин. Для сравнения, в целинных аналогах Томской подтайги содержание гумуса может достигать 5–6 % в серых почвах и до 8 % в темно-серых [5]. С глубиной отмечается закономерное и довольно плавное снижение гумусированности мелкозема до 0,15–0,30 % в почвообразующей породе.

Содержание валового азота коррелирует с количеством гумуса и достигает в пахотных горизонтах 0,13–0,24 % (в целинных аналогах – до 0,4 %). Содержание валового фосфора колеблется в узких пределах – 0,11–0,15 % в горизонте Р.

Физико-химические свойства исследованных почв характеризуются следующими показателями: слабокислой реакцией почвенного раствора ( $\text{pH}_{\text{вод}}$  6,2–6,4), повышенной гидролитической кислотностью в пахотных горизонтах (6,5–7,5 мг-экв/100 г почвы), невысокой ЕКО (19–23 мг-экв/100 г) в горизонтах Р и достигающей 30 мг-экв/100 г в иллювиальных, преобладанием обменного кальция в ППК, увеличением степени насыщенности основаниями вниз по профилю от 65–69 % в пахотных горизонтах до 82–89 % в нижних частях профилей.

Для оценки гумусного состояния агропочв был проведен анализ фракционно-группового состава гумуса. Результаты исследования показали, что в настоящее время почвы характеризуются примерно равным соотношением гуминовых (ГК) и фульвокислот (ФК) в пахотных горизонтах ( $\text{C}_{\text{ГК}}:\text{C}_{\text{ФК}} = 0,9\text{--}1,1$ ), в связи с чем гумус можно отнести к типам гуматно-фульватного и фульватно-гуматного, в нижних горизонтах гумус фульватный.

Гуминовые кислоты участвуют в формировании системы гумусовых веществ по всему профилю агросерых почв, доля их варьирует в пределах 13–27 % от общего органического углерода ( $\text{C}_{\text{общ}}$ ) с максимумом в верхней 40-сантиметровой толще. На долю ФК приходится 21–45 %, отмечается четкая тенденция увеличения их с глубиной. Доля гумина составляет 35–58 % от  $\text{C}_{\text{общ}}$ , единая закономерность в распределении этого компонента гумуса по профилям почв отсутствует.

В составе ГК доминируют бурые фракции (ГК-1) – 10–14 % от  $\text{C}_{\text{общ}}$  в горизонтах Р, 3–9 % в иллювиальных толщах. Доли гуматов кальция (ГК-2) и прочносвязанных с минералами ГК фракции 3 распределяются по профилям довольно равномерно, колеблясь в узких пределах –

6–9 % и 3–5 % соответственно. Относительное содержание свободных, так называемых «агрессивных», и наиболее миграционно способных, фульвокислот фракции 1а невелико и закономерно увеличивается в направлении к почвообразующей породе от 4 % до 7 % от  $C_{\text{общ}}$ .

Сопоставление качественного состава гумуса целинных серых и агросерых почв Томской подтайги указывает на некоторую его трансформацию, что, в первую очередь, связано с длительным сельскохозяйственным использованием последних, отличающихся меньшей долей ГК (за счет снижения главным образом новообразованных бурых фракций), сужением отношения  $C_{\text{ГК}}:C_{\text{ФК}}$ , более прочным закреплением гумусовых веществ минеральной частью почвы, что выражается в повышенном содержании негидролизуемых форм гумуса.

При оценке гумусного состояния важное значение имеет содержание подвижных гумусовых веществ, представляющих собой молодые соединения с повышенным количеством азота. Согласно В. Г. Мамонтову [3] и другим исследователям, именно эти вещества участвуют в малом биологическом круговороте, быстро минерализуются и являются доступным источником азота для растений, что объясняет их ценность в формировании плодородия почв. Извлекаясь из почвы 0,1 М раствором NaOH, подвижные гумусовые вещества включают новообразованные бурые ГК и связанные с ними ФК, а также свободные ФК фракции 1а. Как показано В. Б. Воробьевым [1], между содержанием подвижных форм гумуса и продуктивностью культурных растений существует тесная взаимосвязь. В исследованных агросерых почвах содержание углерода подвижного гумуса составило 0,31–0,49 % к почве (в среднем 0,4 %) или 17–27 % к общему углероду (22 % в среднем). В целинных аналогах этот показатель выше (достигает 0,52 %) за счет более высоких долей бурых ГК, что обусловлено активным дерновым процессом и синтезом гумусовых веществ под естественной разнотравной растительностью лиственных лесов. Повысить содержание молодой и подвижной части гумуса позволяет внесение азотных удобрений, что убедительно показали опыты, проведенные В. Б. Воробьевым [1].

Важнейшую роль в питании растений играет водорастворимая часть органических веществ, способная проникать в корневые волоски с почвенным раствором. Она выполняет функцию стимуляторов роста, благоприятно влияющих на развитие растений. Содержание водорастворимого углерода колеблется в изученных почвах от 0,002 % до 0,015 % к почве (или 0,37–4,04 % от  $C_{\text{общ}}$ ).

В целом гумусное состояние агросерых почв, согласно Д. С. Орлову, О. Н. Бирюковой, М. С. Розановой [4], оценивается низким и ниже среднего содержанием гумуса, средней степенью гумификации, гуматно-фульватным и фульватно-гуматным типом гумуса, средним содержанием свободных ГК, низким и средним уровнем аккумуляции гума-

тов кальция и прочносвязанных с минералами ГК, средним содержанием негидролизуемого остатка, а также средним и выше среднего содержанием водорастворимых органических веществ.

Проведенные исследования показали, что агросерые почвы подтаежной зоны Томской области (в пределах Обь-Томского междуречья) нуждаются в увеличении гумусированности пахотного горизонта и сдвиге типа гумуса в сторону повышения гуматности. Режим органического вещества и баланс гумуса, как известно, можно регулировать введением в севообороты многолетних трав, особенно бобовых, что будет сопровождаться увеличением содержания подвижных активных компонентов гумуса, представленных молодыми ГК, обогащенными азотом. Кроме этого, многолетние травы способствуют защите почв от эрозии, улучшают их структурное состояние, и, следовательно, сохраняют и восполняют плодородие. Потери гумуса, как показывает практика сельского хозяйства, снижаются при сокращении механических обработок почвы, в связи с чем на почвах с низким содержанием гумуса следует исключать из севооборотов пропашные культуры или уменьшать их долю. Положительное влияние на гумусное состояние и продукционную способность почв оказывает и применение удобрений, особенно азотных [2].

С целью повышения плодородия и поддержания его на достаточно высоком уровне необходим мониторинг всего комплекса свойств агропочв, гумусного состояния в том числе, что позволит своевременно фиксировать негативную трансформацию почв и незамедлительно принимать решения по внедрению в систему земледелия соответствующих агротехнических приемов, направленных на воспроизводство продуктивности агропочв.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев, В. Б. Содержание подвижных гумусовых веществ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в зависимости от ее гумусированности и доз азотного удобрения / В. Б. Воробьев // Вестник БГСХА. – 2020. – № 4. – С. 73–76.
2. Воробьев, В. Б. Влияние содержания гумуса на урожайность зерна озимой пшеницы, возделываемой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при разных дозах азотного удобрения / В. Б. Воробьев, В. В. Козлова, Е. Ф. Валейша // Вестник БГСХА. – 2014. – № 2. – С. 135–140.
3. Мамонтов, В. Г. Содержание и состав лабильного органического вещества в дерново-подзолистой почве при внесении низких доз органических удобрений / В. Г. Мамонтов // Изв. ТСХА. – 2004. – № 2. – С. 52–60.
4. Орлов, Д. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, М. С. Розанова // Почвоведение. – 2004. – № 8. – С. 918–926.
5. Спирина, В. З. Агросерые почвы лесостепной зоны южной части Томской области / В. З. Спирина, А. М. Жангали // Современное состояние и проблемы рационального использования почв Сибири: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию образования кафедры почвоведения / Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина. – Омск, 2020. – С. 133–138.

## **БИХРОМАТНАЯ И ПЕРМАНГАНАТНАЯ ОКИСЛЯЕМОСТЬ ГУМУСА КАК ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ**

А. А. КОЗЛОВА, д-р биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет»,  
г. Иркутск, Российская Федерация

*Исследование качественного состава почвенного органического вещества почв (ПОВ) методами определения бихроматной [1] и перманганатной [2] окисляемости гумуса показало, что в исследуемых целинных почвах оно находится в основном в легкоокисляемых формах. Распахивание способствовало существенному их снижению и возращанию трудноокисляемых. Залежные почвы в верхней части гумусного горизонта приближаются к целинным почвам, а нижней – к пахотным.*

**Ключевые слова:** легкоокисляемый гумус, трудноокисляемый гумус, бихроматная окисляемость гумуса, перманганатная окисляемость гумуса.

Почвенное органическое вещество (ПОВ) имеет важное значение для поддержания плодородия почв и продуктивности агроэкосистем. Поступая на поверхность почвы (подстилка) и внутрь почвы, оно является исходным материалом для образования сложной гетерогенной, динамической системы гумусовых веществ. Одним из интегральных показателей, который характеризует функционирование почвенного органического вещества при агрогенезе, является соотношение стабильных и лабильных форм органических соединений, получаемых при хемодеструкционном анализе ПОВ. Лабильное органическое вещество играет роль энергопластического буфера, который защищает консервативные, структуроопределяющие гумусовые вещества от микробной деструкции в процессе вегетации (или других случаях), когда меняются метаболические потребности гетеротрофной биоты в энергии и метаболитах пластического обмена – процессе анаболизма [1].

Для характеристики качественного состава органического материала почв, отражающей функционирование почвенного органического вещества (ПОВ) был предложен метод хемодеструкционного фракционирования (ХДФ). А. И. Попов и В. П. Цыпленков [2] предложили метод бихроматной окисляемости гумуса. Применение раствора бихромата калия в соотношении с серной кислотой позволяет провести детальное окислительное фракционирование всего количества гумуса. Это дает возможность судить о соотношении его лабильных и стабильных форм.

Использование перманганата калия  $KMnO_4$  как окислителя органического вещества почвы имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с другими распространенными окислителями (концентрированная серная кислота, хлораты и перхлораты, шестивалентный хром и т. д.) [1].

Объектами исследований стали серые лесные почвы и черноземы обыкновенные. Серые лесные почвы широко развиты в хвойно-лиственной подзоне тайги Южного Предбайкалья под светлохвойно-лиственными (сосново-березовыми) и разреженными лиственничными лесами с хорошим травянистым покровом. Черноземы не образуют сплошной зоны, а располагаются участками на древних террасах рек, пологих южных склонах коренных берегов и чередуются с серыми лесными и лугово-черноземными почвами,

Метод бихроматной окисляемости гумуса по А. И. Попову и В. П. Цыпленкову [2] позволяет определить 11 фракций ПОВ. Лабильные его формы окисляются растворами с низкой окисляющей способностью, а относительно стабильные – с более высокой. С 1-й по 4-ю фракцию представляют собой легкоокисляемую (лабильную) часть гумуса, которую получают путем воздействия на почву растворами с низкой окисляющей способностью (слабые растворы серной кислоты в сочетании с бихроматом калия). С 5-й по 7-ю – среднеокисляемую часть и с 8-й по 11-ю – относительно трудноокисляемую (стабильную) часть ПОВ. Каждая фракция (часть окисленного ПОВ) выражается в процентах от содержания углерода органических соединений (Собщ.). Для получения результатов в дифференциальной форме из каждого последующего результата (количество окисленного органического материала) вычитался предыдущий [3, 4]. Для оценки лабильного пула органического вещества почвы был применен усовершенствованный метод определения химически активного углерода с использованием 0,02 М  $\text{KMnO}_4$  в 0,1 М  $\text{CaCl}_2$ . С целью оценки лабильной части органического вещества почвы применяют нейтральный или слабощелочной раствор перманганата калия, как окислитель средней силы. Такой методический подход позволяет выделить химически лабильную часть органического вещества почвы, что достаточно широко используют в современных естественных науках (почвоведении, экологии) [1].

Исследование бихроматной окисляемости гумуса показало некоторое преобладание легкоокисляемой фракции в целинной серой лесной почве (таблица).

Средне- и трудноокисляемые формы в ней составляют 25 и 30 %, что указывает на наличие сбалансированной системы гумусовых веществ, устойчивой по отношению к внешним воздействиям [3, 4]. Чернозем обыкновенный содержит в подавляющем количестве легкоокисляемую фракцию почвенного органического вещества (74 %), а сумма средне- и трудноокисляемых составляет всего 26 %, что говорит о неустойчивости и несбалансированности системы гумусовых веществ. Любая интенсификация окислительных процессов в такой системе может привести к резкому снижению содержания лабильных соединений.

**Показатели бихроматной и перманганатной окисляемости гумуса в серой лесной почве и чернозема обыкновенного, их агро- и постагрогенных вариантах**

Угодье, возраст	Мощность слоя почвы, см	Бихроматная окисляемость гумуса, % фракций			Перманганатная окисляемость, слаб., мг/г <sup>-1</sup>
		легко-окисляемой	средне-окисляемой	трудно-окисляемой	
<b>Серая лесная почва</b>					
Целина	0–20	45	25	30	2,56
Пашня (50 лет)	0–20	20	30	50	2,16
Залежь (40 лет)	0–8	60	10	30	3,10
	8–20	25	30	35	2,16
<b>Чернозем обыкновенный</b>					
Целина	0–20	74	16	10	3,30
Пашня (50 лет)	0–20	48	12	40	2,58
Залежь (10 лет)	0–5	48	23	29	3,15
	5–20	54	14	33	3,06

В процессе сельскохозяйственного использования в пахотном горизонте агросерой почвы и агрочерноземе произошло снижение легкоокисляемой фракции гумуса в 2 раза (20 % и 48 % соответственно), по сравнению с целинными почвами. Возможно, это связано с частичной его минерализацией и распадом легкоокисляемой фракции. При этом возросла доля средне- и, особенно, трудноокисляемых форм. Для агросерой почвы сокращение количества легкоокисляемой фракции привело к снижению ближайшего резерва почвенного плодородия. В агрочерноземе, произошла некоторая сбалансированность легко- и трудноокисляемых форм, что повысило устойчивость гумусовой системы к внешнему воздействию.

При выходе агросерой почвы в залежный режим наблюдается стремительное возрастание легкоокисляемой фракции гумуса в верхней 0–8 см части до 60 %. Сразу под ней их доля резко падает до таких же значений как в пахотном горизонте. Это четко указывает на то, что гумусовый горизонт залежи состоит из двух частей: верхнего – дернового и нижнего – бывшего пахотного, сохраняющего признаки агрогенного воздействия. Агрочернозем залежи содержит количество легкоокисляемой фракции гумуса в верхних 5 см такое же, как и на пашне. При этом существенно увеличилась доля среднеокисляемой формы. Это возможно связано с тем, что вновь образующееся свежее органическое вещество на залежах не успевает перейти в трудноокисляемые фракции. В нижней части гумусового горизонта (5–20 см) количество легкоокисляемых форм заметно возросло, при этом среднеокисляемых – снизилось.



В целом высокое содержание легкоокисляемой фракции целинном черноземе, также как и в его агро- и постагрогенных вариантах, очевидно, связано с высокой карбонатностью пород. Раствор бихромат калия на серной кислоте обладает способностью к окислению карбонатов и гидрокарбонатов почвы, что, возможно, несколько завышает значения легкоокисляемой фракции.

С целью более точной оценки лабильной части органического вещества почвы применяют нейтральный или слабощелочной раствор перманганата калия, в качестве окислителя средней силы. Он способен окислять простые карбогидраты, аминокислоты, амины, аминоксахара и другие углеродсодержащие вещества, имеющие в своем составе гидроксильные или карбонильные группы, алифатические компоненты. Применение данного метода позволяет выделять только химически лабильную часть органического вещества почв [1].

Исследование перманганатной окисляемости гумуса показало, что наиболее обогащены лабильным гумусом оказалась залежная почва, содержащая большое количество растительных остатков, состав которых отличен от содержащихся в целинной почве (см. таблицу). По количеству легкоокисляемых форм целинная серая лесная почва заняла промежуточное положение между залежью и пашней. Пахотная почва показала самые низкие ее значения, что связано с резкой потерей гумуса, его лабильных форм в результате ее интенсивного использования.

В целинном черноземе содержание легкоокисляемой фракции максимально, что, по-видимому, объясняется более мягким окисляющим воздействием перманганата калия, не затрагивающего карбонаты и гидрокарбонаты, в отличие от бихромата калия на серной кислоте, применяемого при бихроматной окисляемости. На пашне количество легкоокисляемого гумуса заметно меньше, чем на целине. Почва залежи по значениям перманганатной окисляемости заняла промежуточное положение между целиной и пашней. При этом вплоть до глубины 5–20 см, ее значения оставались высокими.

В целом, применение метода бихроматной окисляемости гумуса показало, что почвенное органическое вещество исследуемых целинных почв оказалось представленным в основном легкоокисляемыми формами. При распахивании произошло существенное снижение легкоокисляемой и возрастание трудноокисляемой фракции гумуса, что указывает на деструкционные процессы, идущие в пахотных почвах. Это приводит к биохимической и физико-химической инактивации гумуса, что влечет резкое снижение плодородия почвы. Залежные почвы, по соотношению фракций гумуса в верхней части гумусного горизонта, приближаются к целинным почвам, а в нижней – к пахотным.

Метод перманганатной окисляемости гумуса позволил обнаружить, что целинные и особенно залежные почвы обогащены легкоокисляе-

мой фракцией гумуса. При этом агропочвы содержали меньше лабильного гумуса, чем целинные, а залежные заняли промежуточное положение между целиной и пашней. Перманганат калия, в отличие от бихромата калия на серной кислоте, очень мягко воздействует на почву, не нарушая ее минеральную матрицу

Сравнение приведенных показателей показало, что метод бихроматной окисляемости гумуса может являться наиболее информативным диагностическим показателем для оценки состояния почвенного органического вещества по соотношению в почвах легко-, средне и трудноокисляемых форм гумуса. Метод перманганатной окисляемости гумуса оказался высокочувствительным экспресс-методом определения лабильной его части, что позволяет установить уровень актуального плодородия почв, а также степень агрогенной трансформации почв.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гамкало, З. Г. Лабильное органическое вещество почвы как индикатор ее экологического качества в разных условиях землепользования / З. Г. Гамкало, Т. Ю. Бедерничек // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2014. – Вып. 10. – С. 193–200.
2. Попов, А. И. Патент РФ № 4921349 (004478) // А. И. Попов, В. П. Цыпленков // Способ определения форм гумуса: [приоритет от 11.01.91, действует с 1994 г.] / ЛГУ ; (СПбГУ). – Ленинград: ЛГУ, 1994. – С. 34–36.
3. Попов, А. И. Оценка устойчивости почв к естественным и антропогенным воздействиям на основе хемодеструкционного фракционирования почвенного органического вещества / А. И. Попов // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям. – М., 2002. – С. 32.
4. Попов, А. И. Хемодеструкционное фракционирование органического вещества почв / А. И. Попов, А. В. Русаков // Почвоведение. – 2016. – № 6. – С. 663–670.

УДК 631.417(470.32)

## МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ПРИ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

С. И. КОРЖОВ, д-р с.-х. наук, профессор,  
Т. А. ТРОФИМОВА, д-р с.-х. наук, профессор

ФГБОУ «Воронежский Государственный аграрный университет  
имени императора Петра I»,  
г. Воронеж, Российская Федерация

*Приводятся результаты, проведенные в многолетнем стационарном опыте. Запашка сидератов как отдельно, так и в сочетании с соломой зерновых культур приводит к росту микробиологической активности чернозема выщелоченного. Количество микроорганизмов повышалось на 31,3–45,8 % по сравнению с контрольным вариантом.*

**Ключевые слова:** Сидерат, солома, микроорганизмы, плодородие, углекислота, токсичность почвы.

Распашка черноземных почв Центральной части России и интенсивное вовлечение их в сельскохозяйственный оборот привело к неблагоприятным последствиям – снижению содержания органического вещества, разрушению структуры почвы, ухудшению обеспеченности растений водой, развитию эрозионных процессов.

Различные виды деградации почвы, такие как снижение биологической активности, чрезмерное уплотнение, химическое обеднение со снижением содержания органического вещества.

Гумус почвы играет важную роль в стабилизации планетарных процессов и оказывает огромное влияние на биосферу. Наряду с зелеными растениями, органическое вещество почвы, способно накапливать в себе энергию света. Поэтому гумус почвы имеет и общепланетарное значение.

Современные системы земледелия, построенные на экологической основе, требуют большого количества дополнительного сырья для поддержания ресурсного уровня почвы и продуктивного потенциала растений. Получение растениеводческой продукции заданного уровня и величины необходимое условие для выполнения продовольственной программы страны.

Минеральные удобрения не могут обеспечить положительный баланс органического вещества. Влияние минеральных удобрений проявляется не прямо, а косвенно, за счет увеличения поступления в почву послеуборочных остатков. Но этого мало для предотвращения потерь органического вещества. Что делать в такой ситуации? Необходимо переводить современное земледелие на биологическую основу, которая и позволит снизить потери гумуса черноземов и стабилизировать ситуацию в сельском хозяйстве.

Потери органического вещества почвы естественный процесс, который можно направить в нужное русло подведя под это научную основу, базирующуюся на результатах научных учреждений Центрального Черноземья. Такой подход позволит приблизиться к природному устройству агроценозов, рациональному использованию имеющихся ресурсов за счет системного подхода к данному вопросу, разработке природоподобных технологий.

Факторов биологизации современного земледелия известно достаточно много начиная с заделки не товарной части урожая, увеличением посевных площадей многолетних трав, и кончая применением сидеральных культур на черноземах. Наука доказала, что при правильном подходе к вопросу регулирования динамики органического вещества почвы, реально добиться положительного результата, то есть накопление органического вещества будет превосходить процесс его разложения. В ЦЧР решить вопрос положительного баланса гумуса за счет внесения навоза не представляется возможным, так как его коли-

чества недостаточно из-за малочисленности поголовья КРС. Воронежский ГАУ имеет большой опыт в изучении и разработке технологий использования применения биологических приемов земледелия. К таковым относятся запашка соломы озимой пшеницы и ячменя, замена чистого пара на сидеральный, хотя бы частично, применение промежуточных культур.

Для ЦЧР в качестве культур, используемых на зеленое удобрение, можно использовать бобовые донник, эспарцет и др., озимые – озимая вика, озимый рапс и др., и яровые бобовые мелкосемянные, капустные, райграс и др.

В качестве сидерального пара в наших исследованиях применялись следующие культуры: вика озимая, эспарцет песчаный, озимый рапс, горчица белая и сарепская и другие культуры.

Севооборот с сидеральным паром, является необходимым условием повышения биологической активности почвы. Сидеральные бобовые культуры необходимо подсевать под яровые зерновые культуры, имеющиеся в севообороте. Это способствует их лучшему развитию, подавляет рост сорных растений и при достаточной влажности второй половины вегетационного периода, получить хорошее развитие растений. Кроме того, донник способен переводить в легкодоступные формы, закрепленные в почве химические соединения. Мелкосемянные крестоцветные культуры, высеянные в чистом виде, быстро наращивают органическую биомассу, легко подавляют сорные растения, но могут повреждаться насекомыми вредителями.

По результатам опыта можно сделать заключение о том, что самое большое количество свежего органического вещества поступает в почву в донниковом сидеральном паре. Эта культура оставляет после себя до 18 т/га биомассы. Эспарцет уступал доннику по этому показателю. Масса негумифицированного сырья составляла 8–10 т/га. Озимая вика, рапс, горчица оставляли еще меньше зеленой биомассы.

Культуры, используемые на сидерат, имели различные коэффициенты размножения. Для посева одной и той же площади эспарцет расходует в 5 раз больше семян, нежели донник, поэтому и коэффициент размножения его в 2–2,5 раза меньше, чем у донника.

Сидеральные культуры, которые планируют использовать в качестве парозанимающих или как промежуточные, должны соответствовать применяемым в сельскохозяйственном предприятии технологии возделывания культур и набору техники находящейся на балансе хозяйства.

Поступление в почву свежего негумифицированного органического вещества приводит к активизации всех почвенных процессов и прежде всего микробиологических. Микроорганизмы разлагающие органические формы азота в верхнем слое почвы 0–20 см, значительно активи-

зировались и на варианте сидерального пара – озимая рожь+озимая вика их численность на 31,3–45,8 % превышала вариант занятого пара.

Почвенные микромицеты, имеют значительный набор ферментов, благодаря которым они способны разлагать органическую биомассу различного химического состава, способствуя тем самым и обеспечению пищи другие формы микроорганизмов.

Первыми из химических соединений подвергаются минерализации легкорастворимые сахаристые вещества. Донниковый сидеральный пар, вследствие быстрого разложения биомассы, привел к незначительному росту грибной микрофлоры по сравнению с другими вариантами опыта.

Важным ориентиром благоприятного состояния почвенного плодородия, является присутствие азотобактера среди почвенной группировки микроорганизмов. Это свободно живущий азотфиксирующий микроорганизм, способный накапливать за вегетационный период 25–30 кг/га биологического азота. Азотобактер угнетается от различного рода веществ вызывающих увеличение токсичности почвы. Поэтому численность данного микроорганизма может указывать на благоприятные условия роста и развития растений или их отсутствие. Сидеральные культуры, как в пару, так и пожнивных создают наиболее благоприятные условия для Азотобактера. Его количество в почве сидерального пара в 1,2–1,4 раза превосходило вариант занятого и чистого пара соответственно.

Поступление в почву дополнительного количества органического вещества позволяет развиваться в значительных количествах целлюлозолитическим микроорганизмам. Численность данных микроорганизмов на вариантах сидерального пара и поживной сидерации была больше других вариантов на 43–102 %. При минерализации растительных остатков в почву черноземов высвобождается значительное количество биологически активных соединений и CO<sub>2</sub>. Углекислота служит источником круговорота углерода в природе и участвует в фотосинтезе органического вещества в живых растениях.

Минеральные удобрения являются решающим фактором повышения продуктивности возделываемых культур. Внесение дополнительной энергии в виде минеральных удобрений, независимо от способа основной обработки почвы, способствовало более интенсивному развитию растений и как следствие накоплению значительного количества биомассы растений.

В практике современного сельского хозяйства растительные остатки в виде компостов, сидератов, пожнивных остатков являются значительным фактором активизация микробиологических процессов черноземных почв. Отсюда наравне с численностью различных групп почвенных микроорганизмов чрезвычайное значение имеет и их био-

масса. Динамика микробиологической массы, скорость ее накопления и минерализации не менее важны для баланса органического вещества почвы чем скорость разложения растительной биомассы. Учет этого источника органического вещества богатого азотом и другими подвижными элементами минерального питания служит дополнительным резервным источником почвенного плодородия.

Зеленые удобрения способствовали увеличению биомассы микробов, на этом варианте их биомасса была самой большой. При отчуждении свежего органического вещества, вариант занятого пара, биомасса микробов была не значительной. Это увеличение на 3,1–14,3 % превышало другие варианты без заделки зеленого удобрения. Как бобовые растения, так и крестоцветные имеют узкое соотношение C:N поэтому они быстро минерализуются, чернозем обогащается минеральными элементами питания, которые будут использованы последующими культурами севооборотами.

Комплексное внесение сидератов, минеральных удобрений, дробилки и соломы озимой пшеницы и ячменя, приводило к еще большему накоплению биомассы почвенных микроорганизмов. Эта величина была выше на 18,3–26,7 % других вариантов.

Отсюда следует сделать заключение, для увеличения биомассы почвенных микроорганизмов необходимо обогащение почвы свежим негумифицированным органическим веществом. Чем больше в почве органического вещества подлежащего минерализации, тем более высокая численность микроорганизмов будет представлена в данной почве. В черноземах микробная биомасса может составлять значительную величину, достигающую 5–7 т/га. Такое количество легко минерализующей органики необходимо учитывать при подходах к определению динамики органического вещества почвы.

Очевидно, что чем больше в почве содержится активного органического вещества, тем выше аккумуляция углерода в медленном пуле, и наоборот. Чтобы компенсировать естественный расход органического вещества медленного пула в пахотных почвах вследствие механической деградации, эрозии и минерализации необходимо постоянное внесение растительного материала с узким и широким отношением C:N в дозах, достаточных для поддержания запасов активного органического вещества на уровне, свойственном почвам природных экосистем.

В вегетационном опыте изучали динамику минерализации зеленой массы донника и эспарцета и влияние темпов разложения на численность микробиоты.

Растительные остатки как донника, так и эспарцета приводили к резкому увеличению всех групп микроорганизмов, что указывает на интенсивность процессов минерализации.

Темпы разложения растительных остатков донника были выше: максимальное количество микроорганизмов отмечался через полтора месяца после его заделки.

Биомасса эспарцета разлагалась медленнее донника и это сказывалось на количестве бактериальной и грибной микрофлоры. Только к концу второго месяца разложения численность микрофлоры достигала таковой при разложении биомассы донника.

За год в почве разложилось основная масса эспарцета и донника, что привело к падению численности почвенных микроорганизмов. Их численность в этот период приближалась к численности на контрольном варианте.

Биомасса эспарцета в сравнении с донником, способствовала более высоким темпам развития микроорганизмов. Это говорит о более полном разложении растительных остатков эспарцета без отрицательного влияния на почвенное плодородие чернозема выщелоченного.

Органическое вещество сидератов увеличивало такие показатели плодородия почвы, как ее азотфиксирующая и целлюлозолитическая способности.

Поступление свежего органического вещества в почву приводит к значительному росту выделения  $\text{CO}_2$  из почвы.

Высокая энергия «дыхания почвы» на вариантах совместного внесения соломы и пожнивного сидерата (139,7–181,2 мг/кг) в начальный рост кукурузы, происходила потому, что биомасса горчицы сарепской, пожнивного сидерата, разлагалась достаточно интенсивно и за счет этого в этот процесс включались остатки соломы озимой пшеницы. По фону минеральных удобрений процессы выделения из почвы углекислоты были еще выше.

Таким образом, обогащение почвы свежим органическим веществом повышало ее биогенность, стимулировало выделение углекислого газа. При запашке донника, а в сидеральном пару и биомассы горчицы сарептской как пожнивного сидерата активизирована биологическая активность почвы. Совместное внесение соломы зерновых культур и зеленой массы сидератов приводило к равномерному и более продолжительному периоду минерализации органического.

Поступая в почву, органическое вещество, вследствие различного химического состава, минерализуясь оказывают как положительное, так и отрицательное влияние на почвенные процессы. Это, в свою очередь, оказывает влияние на производство физиологически активных веществ, которые вызывают отрицательное влияние на почвенное плодородие. К таким процессам следует отнести накопление фитотоксических соединений в почве.

Биологические вещества, вызывающие увеличение содержания в почве токсических соединений, накапливаются в результате микроб-

ной деструкции растительных остатков. При поступлении в почву органических соединений близких по химическому составу, вызывает изменения микробного ценоза почвы. Это приводит к развитию патогенных групп микроорганизмов способных продуцировать вещества, повышающие токсичность почвы.

В результате исследований установлено, что солома озимой пшеницы повышает токсичность почвы по сравнению с контрольным вариантом до 141 условной кумариновой единицы. Если вместе с соломой в почву заделывается биомасса сидератов, то токсичность почвы значительно снижается до 15,7 УКЕ.

Таким образом, органическое вещество сидератов приводит к росту биологической активности и биогенности почвы. Почвенные микроорганизмы, используя биомассу растений как источник питания, создают условия для повышения почвенного плодородия. Однако, если происходит изменение динамики органического вещества, то могут проявляться деструктивные моменты перестройки почвенных микроорганизмов и накапливаться химические соединения, снижающие почвенное плодородие.

Наибольшим фитотоксическим свойством обладают растительные остатки соломы зерновых культур. При запашке соломы происходит увеличение токсичности почвы до 136 УКЕ, на контрольном варианте содержание условных кумариновых единиц был намного ниже и составлял всего 11,6.

Запашка сидеральной биомассы по фону внесения соломы увеличивает темпы минерализации и, как следствие, снижает токсичности почвы в 7,6–11,8 раз.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кирюшин, В. И. Состояние и проблемы развития адаптивно ландшафтного земледелия / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 2021. – № 2. – С. 3–7.
2. Завьялова, Н. Е. Микробная биомасса, дыхательная деятельность и азотфиксация в дерново-подзолистой почве Предуралья при различном сельскохозяйственном использовании / Н. Е. Завьялова, М. Г. Вастиева, Д. С. Фомин // Почвоведение. – 2020. – № 3. – С. 872–878.
3. Персикова, Т. Ф. Эффективность бактериальных препаратов под культуры севооборота / Т. Ф. Персикова // Бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института им. Д. Н. Прянишникова. – 2006. – № 144. – С. 143–144.
4. Коржов, С. И. Оценка различных способов использования черноземов / С. И. Коржов, Т. А. Трофимова, В. А. Маслов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2011. – № 3. – С. 27–29.



## ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

З. П. КОТОВА, д-р с.-х. наук,  
Т. А. ДАНИЛОВА, канд. с.-х. наук

Северо-Западный Центр междисциплинарных исследований проблем продовольственного обеспечения – обособленное структурное подразделение Санкт-Петербургского ФИЦ РАН,  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Мониторинг плодородия сельскохозяйственных угодий Республики Карелия и Карельской сельскохозяйственной опытной станции проводился с целью оценки изменения показателей почвенного плодородия (1965–2015 гг.). Было показано, что на всех сельскохозяйственных угодьях республики просматривается тенденция к снижению уровня кислотности почв до 5 %, увеличению содержания подвижного фосфора до 12 % и снижению содержания обменного калия до 17 %.*

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные угодья, кислотность, элементы минерального питания, содержание органического вещества почвы.

Республика Карелия относится к Северо-Западному региону РФ, где климат, потенциальные запасы и разнообразие природных ресурсов обеспечивают возможность комплексного развития сельского хозяйства. Но, если климатические ресурсы практически не подвластны управляемому воздействию, то изменчивость количественных и качественных показателей растительных ресурсов связана в значительной степени с совершенствованием генотипа культурных растений и изменчивостью почвенных ресурсов [1]. На эффективности регионального земледелия негативно сказывается низкая гумусированность, повышенная кислотность почв, неудовлетворительное мелиоративное и культуртехническое состояние сельскохозяйственных земель (перувлажненность, мелкоконтурность, закустаренность и завалуненность), пестрота почвенного плодородия [2]. Поэтому первоочередной задачей при реализации биопотенциала региона является повышение плодородия почв на основе совершенствования систем земледелия, мониторинга агрохимических показателей почвенного плодородия, мелиоративных и других мероприятий. Качественное состояние земель в Республике Карелия – одна из главных проблем сельского хозяйства региона. С целью контроля изменения плодородия почв, определения характера и уровня их загрязнения под воздействием антропогенных факторов проводится комплексное агрохимическое обследование почв сельскохозяйственных угодий. Мониторинг плодородия земель в республике проводится с периодичностью четыре года ФГБУ САС «Карельская». Результаты проведения такого обследования дают инфор-

мацию для оценки естественного плодородия почв и реальную возможность наметить мероприятия по его сохранению и повышению. Кроме того, на основе представленных данных могут быть разработаны технологии получения экологически безопасной растениеводческой продукции, что особенно важно в развитии производства в каждом хозяйстве. Нами проведен анализ основных агрохимических показателей сельскохозяйственных угодий республики в целом за 10 туров обследования и 2 туров обследования почв на высококультурных угодьях Карельской сельскохозяйственной опытной станции [3]. Целью исследования был анализ изменения показателей почвенного плодородия в связи с уменьшением объемов и видов выращивания сельскохозяйственных культур в целом по республике и прекращением хозяйственной деятельности на полях опытной станции.

Территория Карелии полностью находится в зоне подзолистых почв. Большинство пахотных почв республики являются антропогенными. Верхний пахотный слой создан распашкой гумусово-аккумулятивного и подзолистого горизонтов, а на короткопрофильных почвах припахан и аллювиальный горизонт. В структуре пахотных земель 56 % занимают подзолистые почвы, 35 % болотно-подзолистые, 7 % болотные, 1 % дерново-шунгитовые, 1 % аллювиальные [4]. Общая площадь сельскохозяйственных угодий на 01.01.2021 г. составила 145,4 тыс. га. В структуре сельскохозяйственных угодий пашня составляет 68,8 тыс. га, сенокосы – 44,5 тыс. га, пастбища – 26,7 тыс. га, многолетние насаждения – 5,4 тыс. га.

Агрохимическое обследование пахотных почв республики, проведенное за 10 циклов обследования (с 1965 по 2015 гг.), показало, что основная часть пашни Республики Карелия – 21,0 тыс. га (78 %) имеют повышенное и высокое содержание органического вещества, в среднем 5,4 % (табл. 1). Причем, идет постепенное накопления органического вещества, на 7 % от среднего содержания по сравнению с X циклом.

Таблица 1. Изменение агрохимических показателей пахотных почв Республики Карелия по циклам обследований

Показатели средневзвешенного содержания на пашне	Циклы обследования				Отклонение X тура от среднего	
	I	III	X	среднее за 10 туров	+,-	%
Органическое вещество, %	–	5,2	5,8	5,4	+0,4	7
Кислотность, рН <sub>сop</sub>	5,03	5,2	5,2	5,3	+0,3	6
Подвижный фосфор, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы	144	193	234	209	+25	12
Обменный калий, K <sub>2</sub> O, мг/на кг почвы	137	187	137	164	–28	17

Площадь кислых почв в республике составляет 59,02 тыс. га (66 %), из них 45,26 тыс. га (35 %) почвы сильно и среднекислые. Средневзвешенное  $pH_{\text{сол}}$  5,2 ед. (отн.). Как видно из таблицы, кислотность пахотных почв несколько повысилась, в среднем на 0,3 ед. (отн.) или 6 %.

Обеспеченность сельхозугодий подвижным фосфором в основном повышенная. Площадь пашни с пониженным содержанием этого элемента составляет 8 % с повышенным, высоким и очень высоким – 92 %. Средневзвешенное содержание подвижного фосфора на пашне по циклам агрохимического обследования возросла на 12 % и варьировало от 144 до 234 мг/кг почвы. Но в кислых почвах имеющийся в почве фосфор переходит в малодоступные формы, подавляется деятельность азотфиксирующих и нитрифицирующих бактерий, замедляется минерализация органики, вследствие чего, ухудшается структура почв.

Обменным калием почвы всех сельскохозяйственных угодий республики, в отличие от фосфора, обеспечены слабо. Площадь пашни с пониженным содержанием обменного калия составляет 50 %. Средневзвешенное содержание обменного калия снизилось по циклам агрохимического обследования на уровень I цикла (1965 г.) и составило 137 мг/кг почвы, что ниже на 17 % от среднего по всем турам обследования.

Сельскохозяйственные угодья опытной станции имеют следующий состав: пашня осушенная (52 %); пашня неосушенная (8 %); долголетние культурные пастбища (11 %); улучшенные сенокосы (30 %) с общей площадью обследования 1391 га. Дерново-подзолистые почвы занимают 66 %, пойменные дерновые – 2 %, торфяные – 32 %. По гранулометрическому составу почвы распределились следующим образом: песчаные и супесчаные – 36 %; легко- и среднесуглинистые – 32 %; торфяные – 30 %.

Как видно из табл. 2 по сравнению X туром обследования почвенная кислотность сельскохозяйственных угодий опытной станции уменьшилась на 0,25 ед. (отн.) в сторону слабокислой реакции среды (табл. 2).

Таблица 2. Агрохимические показатели сельскохозяйственных угодий опытного учреждения по турам обследования

Агрохимические показатели	Фактические значения по турам обследования				Оптимальные значения почв	
	минеральные почвы		торфяные почвы			
	X	XI	X	XI	минеральных	торфяных
Органическое вещество, %	5,55	5,8	–	–	4	–
Кислотность, $pH_{\text{сол}}$	5,3	5,4	5,3	5,3	6,4	5,2
Подвижный фосфор, $P_2O_5$ , %	215,8	226,4	1018	1083	300	800
Обменный калий, $K_2O$ , %	98,4	102	195,8	263,2	250	500
Почвенное плодородие, ед.	0,83	0,86	0,89	0,97	1,0	1,0

По сравнению с двумя турами обследования средневзвешенное содержание фосфора на минеральных почвах учреждения увеличилось на 10,6 мг/кг почвы или 5 %. Запасы обменного калия на сельскохозяйственных угодьях учреждения, наоборот, в целом уменьшились, так как калий в отличие от фосфора, не образует прочных комплексов с органическим веществом и подвержен миграции по почвенному профилю.

При сравнении полученных данных по турам обследования как на всех сельскохозяйственных угодьях республики, так и отдельно взятых высококультурных угодьях опытного учреждения просматривается тенденция к снижению уровня кислотности почв до 5 %, увеличению содержания подвижного фосфора до 12 % и снижению содержания обменного калия до 17 %.

Ценность сельскохозяйственных угодий как основного средства производства сельскохозяйственной продукции в конкретно взятом хозяйстве определяется уровнем плодородия, которое включает не только все виды ресурсов, необходимых растению за вегетационный период, но и доступность их растениям. Нами произведен расчет показателя почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий опытной станции за два тура обследования (2008 и 2012 гг.), который рассчитывается как среднее от суммы соотношений фактических значений четырех агрохимических показателей к их оптимальным значениям по всем типам почв (минеральной и торфяной). В целом, выявлено, что все сельскохозяйственные угодья учреждения относятся к высококультурным почвам. Причем, по сравнению с предыдущим туром обследования индекс плодородия почв несколько повысился и составил 0,89 (табл. 2). Полученные нами данные подтверждаются выводами ряда авторов, что прекращение антропогенного влияния на почву и зарастание пашни естественной растительностью, с экологической точки зрения, – явление положительное, ведущее к восстановлению плодородия почв, а развитие в почвах залежи и сенокоса дернового процесса приводит к гумусонакоплению, биологической аккумуляции азота и обменных оснований [2, 5].

Таким образом, в результате снижения интенсивности использования сельскохозяйственных угодий, принадлежащих опытной станции, не произошло заметного снижения почвенного плодородия. По содержанию основных элементов питания почвы являются высококультурными, способными давать высокие урожаи возделываемых в регионе сельскохозяйственных культур.

Полученные нами результаты вызывают необходимость в дальнейшем в проведении научных исследований, направленных на поиск путей рационального использования потенциала таких сельскохозяйственных угодий с учетом экологических и экономических факторов, складывающихся в современных условиях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сеницына, С. М. Потенциал производства продукции растениеводства в Северо-Западном федеральном округе / С. М. Сеницына, М. В. Архипов, Т. А. Данилова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4. – С. 114–136.
2. Иванов, И. А. Научно-практические основы системы земледелия Северо-Западного района России / И. А. Иванов, А. И. Иванов. – Великие Луки, 2006. – 249 с.
3. Котова, З. П. Динамика изменения показателей почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий в республике Карелия / З. П. Котова, С. Е. Котов, Л. А. Кузнецова // Ученые записки Петрозаводского ГУ. – № 2 (163). – 2017. – С. 32–39.
4. Федорченко, М. Ф. Справочник агрохимика / М. Ф. Федорченко Ю. А. Трынкин, Л. С. Алексеев. – Петрозаводск: Карелия, 1989. – 140 с.
5. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

УДК 005.584.1:631.452(476.4)

### **МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ ЗАО «АСБ АГРО-ТЕТЕРИНО» КРУГЛЯНСКОГО РАЙОНА МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ**

С. Д. КУРГАНСКАЯ, канд. с.-х. наук, доцент,  
Л. Ю. ДЕРЯБИНА, студентка 5-го курса 1-й группы

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

*Проведен мониторинг основных агрохимических показателей пахотных земель ЗАО «АСБ Агро-Тетерино» Круглянского района Могилевской области за два последних тура агрохимического обследования и определена степень их окультуренности за данный период.*

**Ключевые слова:** мониторинг, плодородие, кислотность, гумус, подвижные соединения фосфора и калия, окультуренность.

Проведение агрохимического обследования почв является незаменимым средством контроля за состоянием плодородия почв и направленности процессов его изменения в каждом конкретном хозяйстве. Оптимальной формой этих работ является периодически повторяемое (раз в 4 года) комплексное почвенно-агрохимическое обследование всей площади сельскохозяйственных земель хозяйства. Из агрохимических показателей, которые отражают состояние плодородия почв, наибольший интерес представляют степень кислотности почв, содержание гумуса и подвижных соединений фосфора и калия.

Цель исследований: мониторинг плодородия пахотных земель ЗАО «АСБ Агро-Тетерино» Круглянского района Могилевской области за период между 13 (2013 г.) и 14 (2017 г.) турами агрохимического обследования почв. Данные мониторинга позволят объективно оце-

нить изменения в плодородии пахотных земель хозяйства за данный отрезок времени и определить направление дальнейшей работы агрономической службы хозяйства.

Почвенный покров ЗАО «АСБ АгроТетерино» Круглянского района представлен 8 типами почв, объединяющих 39 почвенных разновидностей. Дерново-подзолистые почвы занимают в хозяйстве 6266,0 га; дерново-подзолистые заболоченные – 364,7 га; дерновые заболоченные – 39,6 га; аллювиальные дерновые и дерново-заболоченные – 97,8 га; аллювиальные торфяно-болотные – 2,8 га; торфяно-болотные низинные – 97,8 га, торфяно-болотные верховые – 11,1 га; антропогенно-преобразованные почвы – 63,2 га. В структуре почвенного покрова хозяйства преобладают дерново-подзолистые почвы (91,3 %). По гранулометрическому составу наиболее распространенными являются легкосуглинистые и связносупесчаные почвы.

Одним из основных показателей плодородия почвы является гумус, так как в нем сосредоточен весь запас азота, а также значительная часть фосфора (1/3–2/3). Длительное возделывание сельскохозяйственных культур без удобрений приводит к снижению содержания гумуса почвы, к потере наиболее активной его части, которая главным образом определяет благоприятные свойства почвы.

Согласно 13-му туру обследования, наибольшую долю пахотных земель по содержанию гумуса занимали почвы со средним и повышенным содержанием гумуса – 45,5 и 30,2 % соответственно. Около 15 % пахотных земель было представлено почвами с высоким содержанием гумуса [1]. К 14-му туру агрохимического обследования, на 11,9 % увеличилась доля почв с повышенным содержанием гумуса, но на 5,0 % уменьшилась доля почв со средним его содержанием. Снизилась и доля почв с высоким содержанием гумуса – с 15,0 до 10,2 % [2] (табл. 1).

Таблица 1. Распределение пахотных земель по содержанию гумуса

Тур обследования	Площадь, га		По группам содержания гумуса										Средневзвешенное содержание гумуса, %		
			I <1,0		II 1,01–1,5		III 1,51–2,0		IV 2,01–2,5		V 2,51–3,00			VI >3,00	
			га	%	га	%	га	%	га	%	га	%		га	%
13-й тур	4290	–	–	226	5,3	1953	45,5	1296	30,2	644	15,0	171	4,0	2,08	
14-й тур	4214	–	–	121	2,9	1705	40,5	1777	42,1	431	10,2	180	4,3	2,12	

Таким образом, за период между турами обследования, средневзвешенное содержание гумуса в пахотных землях хозяйства увеличилось с 2,08 до 2,12 %. Большое значение для повышения плодородия почв и получения высоких урожаев имеет реакция почвенного раствора. Большинство культурных растений также, как и почвенных микроорганизмов, лучше развиваются при нейтральной или близкой к нейтральной реакции почвенного раствора. Повышенная кислотность почвенного раствора оказывает отрицательное воздействие на рост и развитие культурных растений. Распределение пахотных земель по степени кислотности представлено в табл. 2.

Таблица 2. Распределение пахотных земель по степени кислотности

Тур обследования	Площадь, га	По группам кислотности														Средневзвешенное значение
		I <4,50		II 4,51–5,00		III 5,01–5,50		IV 5,51–6,00		V 6,01–6,50		VI 6,51–7,00		VII >7,00		
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	
13-й тур	4290	103	2,4	193	4,5	571	13,3	1118	26,1	1590	37,0	685	16,0	30	0,7	6,00
14-й тур	4214	55	1,3	238	5,6	588	14,0	1029	24,4	1481	35,1	803	19,1	20	0,5	6,01

По результатам 13-го тура агрохимического обследования, наибольшую долю пашни занимали почвы со слабокислой и близкой к нейтральной реакцией среды – 26,1 и 37,0 % соответственно. Почвы с нейтральной реакцией среды составляли 16 % [1]. К 14-му туру обследования, по-прежнему, почвы 4-й и 5-й групп кислотности преобладали. Однако, доля почв с реакцией среды, близкой к нейтральной, уменьшилась на 1,9 %, но увеличилась на 3,1 % доля почв с нейтральной реакцией среды [2]. В итоге, средневзвешенное значение  $pH_{KCl}$  увеличилось всего с 6,0 до 6,01, что соответствует оптимальному значению для наиболее распространенных разновидностей дерново-подзолистых почв. Следовательно, большая часть пахотных земель хозяйства в известковании не нуждаются.

Основные составляющие фосфатного режима – уровень применения фосфорных удобрений и обеспеченность почв доступными соединениями фосфора. Фосфаты, доступные растениям, представлены в основном фосфатами, осажденными или адсорбированными на поверхности твердой фазы почвы и фосфатами почвенного раствора.

Распределение пахотных земель по содержанию подвижных соединений фосфора представлено в табл. 3.

Таблица 3. **Распределение пахотных земель по содержанию подвижных соединений фосфора**

Тур обследования	Площадь, га	По группам содержания $P_2O_5$												$P_2O_5$ , мг/кг почвы
		I <60		II 61–100		III 101–150		IV 151–250		V 251–400		VI >400		
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	
13-й тур	4290	41	1,0	230	5,4	606	14,1	1752	40,7	1414	33,0	247	5,8	228
14-й тур	4214	52	1,2	330	7,8	910	21,6	1800	42,7	976	23,2	146	3,5	200

Согласно 13-му туру агрохимического обследования, наибольшую долю пахотных земель занимали почвы с повышенным и высоким содержанием подвижных соединений фосфора – 40,7 и 33,0 % соответственно. Доля почв со средним содержанием подвижного фосфора составляла 14,1 % [1].

К 14-му туру обследования доля почв со средним и высоким содержанием подвижных соединений фосфора практически выровнялась и составила 21,6 и 23,2 % соответственно. Доля почв с повышенным содержанием подвижных соединений фосфора увеличилась на 2 % [2].

Таким образом, средневзвешенное значение подвижных соединений фосфора в пахотных землях хозяйства, за анализируемый отрезок времени, уменьшилось с 228 до 200 мг/кг почвы.

Большое значение в жизни растений играет и калий. Он улучшает весь ход обмена веществ, повышает жизнедеятельность растений. При достаточном обеспечении калием растения лучше удерживают воду, легче переносят кратковременные засухи. Распределение пахотных земель по содержанию подвижных соединений калия представлено в табл. 4.

Таблица 4. **Распределение пахотных почв по содержанию подвижных соединений калия**

Тур обследования	Площадь, (га)	По группам содержания $K_2O$												$K_2O$ , мг/кг почвы
		I <80		II 81–140		III 141–200		IV 201–300		V 301–400		VI >400		
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	
13 тур	4290	278	6,5	433	10,1	1018	23,7	1249	29,1	826	19,3	486	11,3	241
14 тур	4214	88	2,1	544	12,9	963	22,9	1770	42,0	541	12,8	308	7,3	232

Результаты 13-го тура агрохимического обследования показали, что наибольшая доля пахотных земель представлена почвами со средним и



повышенным содержанием подвижных соединений калия – 23,7 и 29,1 % соответственно. Доля пахотных земель с высоким содержанием подвижных соединений калия составляла 19,3 % [1].

К 14-му туру значительно увеличилась (с 29,1 до 42,0 %) доля почв с повышенным содержанием подвижных соединений калия, а доля почв с высоким его содержанием, наоборот, снизилась с 19,3 до 12,8 %. Снизилась и доля почв с очень высоким содержанием подвижных соединений калия – с 11,3 до 7,3 % [2].

Таким образом, за период между турами обследования, средневзвешенное значение подвижных соединений калия в пахотных землях хозяйства уменьшилось с 241 до 232 мг/кг почвы.

Суммарную оценку окультуренности почв выражает комплексный показатель – индекс окультуренности (Иок). Наиболее низкий уровень относительной окультуренности во все туры обследований пахотные земли хозяйства имели по содержанию гумуса и подвижных соединений фосфора, а наиболее высокий – по содержанию калия. К 14-му туру агрохимического обследования относительный индекс окультуренности по содержанию подвижных соединений фосфора еще более снизился (с 0,68 до 0,59), достигнув низкого уровня окультуренности. Поэтому содержание этого элемента питания можно считать основным сдерживающим фактором, из агрохимических показателей, для получения высоких и устойчивых урожаев большинства возделываемых в хозяйстве сельскохозяйственных культур. В ЗАО «АСБ-Агро-Тетерино» практически не вносят в последние годы фосфорные удобрения. Несмотря на то, что по результатам 13-го тура агрохимического обследования содержание подвижных соединений калия приближалось к оптимальному значению (241 мг/кг почвы), к 14-му туру отмечилось снижение степени окультуренности по калию (с 0,96 до 0,92). По содержанию гумуса уровень относительной окультуренности увеличился с 0,68 до 0,70. Таким образом, степень агрохимической окультуренности пахотных земель в хозяйстве, за анализируемый период, снизилась с 0,80 до 0,77 и, по-прежнему, находится на среднем уровне.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы агрохимического обследования почв ЗАО «АСБ-Агро Тетерино» Круглянского района Могилевской области по результатам 13-го тура обследования.
2. Материалы агрохимического обследования почв ЗАО «АСБ-Агро Тетерино» Круглянского района Могилевской области по результатам 14-го тура обследования.

## СОДЕРЖАНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ Zn В ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

А. В. КУЧЕРЕНКО, аспирант,  
О. А. БИРЮКОВА, д-р с.-х. наук, профессор

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,  
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

*Приведены результаты исследований содержания и распределения цинка в черноземе южном центральной орошаемой зоны Ростовской области. Установлены особенности внутривидовой дифференциации валового и подвижного цинка по генетическим горизонтам чернозема южного.*

**Ключевые слова:** чернозем южный, цинк, виноградник, озимая пшеница.

Одной из задач современного сельского хозяйства является обеспечение продовольственной безопасности населения страны. Условием для получения высоких и качественных урожаев сельскохозяйственных культур является создание комплекса благоприятных свойств для сбалансированного питания растений. В этом случае высока роль микроэлементов, которые оказывают огромное значение на все физиологические и биологические процессы организма. Одним из таких важных микроэлементов является цинк.

Эссенциальность данного элемента означает, что его недостаточное потребление всегда приводит к ухудшению физиологических функций, тогда как потребление этого элемента в адекватных концентрациях может предотвратить или устранить ухудшение соответствующих функций. Цинк выступает в качестве каталитического или структурного компонента многих ферментов, участвующих в энергетическом метаболизме. Известно более 30 цинкосодержащих ферментов. Он повышает жаро- и морозоустойчивость растений, участвует в образовании предшественников хлорофилла. Высшие растения поглощают цинк в основном в форме  $Zn^{2+}$ , который действует как активатор ферментов или как функциональный, структурный или контролирующий кофактор разнообразных ферментов.

Потребность в цинке у полевых культур ниже, чем у плодовых деревьев. Однако недостаток цинка, например, под озимой пшеницей приводит к значительному накоплению растворимых соединений азота, что связано с нарушением биосинтеза белка. К культурам, особенно чувствительным к дефициту цинка относятся и виноград. В целом, постоянными симптомами дефицита цинка, являются хлороз междоузлий, скудный рост, деформация стеблей и листьев (также известная как мелколистная розетка у деревьев) и точечное пурпурно-красное

обесцвечивание листьев. Недостаток Zn чаще всего проявляется на нейтральных и слабощелочных карбонатных почвах.

Содержание и распределение цинка в почве зависит в основном от химического состава почвообразующих пород, условий почвообразования, антропогенных факторов, агрохимических и агрофизических свойств почвы, уровня применения удобрений и химических мелиорантов, водного режима и вида растительности. Наиболее высокое валовое содержание Zn в тундровых (53–76 мг на 1 кг) и черноземных (24–90 мг на 1 кг) почвах, наиболее низкое – в дерново-подзолистых (20–67 мг на 1 кг). Недостаток Zn чаще всего проявляется на нейтральных и слабощелочных карбонатных почвах. Подкисление почвы обычно сопровождается увеличением содержания в почве подвижного цинка. Пути поступления Zn в почву различны: атмосферные воздух, метеоритные осадки, внесение удобрений и пестицидов в ходе антропогенной нагрузки, а также деятельность грунтовых вод.

Ввиду явной необходимости цинка в процессах роста и развития растений, возрастает актуальность изучения его содержания и распределения в почве под различными сельскохозяйственными культурами.

Объект исследования – чернозем южный среднemocный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке.

Исследования проведены в производственных условиях на базе ОАО «Янтарное» Мартыновского района Ростовской области. На территории хозяйства с различными сельскохозяйственными культурами было заложено 5 полнопрофильных разрезов: 2 – под озимой пшеницей; 2 – под виноградными растениями; 1 – под чистым паром.

Лабораторные исследования проводили в трехкратной повторности, за конечный результат принималось среднее между тремя показателями. Для определения подвижных соединений Zn в почве использовали ацетатно-аммонийный буферный раствор (рН 4,8) с последующим применением атомно-абсорбционной спектроскопии (отношение почвы к раствору 1:10). Содержание валовых форм соединений изучаемого элемента определяли с помощью рентгено – флуоресцентного анализа на приборе «Спектроскан МАКС - GV». Статистические анализы полученных результатов проводили в программе STATISTICA 13.

Миграцию химических элементов в почвенном профиле изучали с помощью элювиально-аккумулятивного коэффициента ( $K_{э-а}$ ):

$$K_{э-а} = \frac{C_{г.г}}{C_{м.п}},$$

где  $C_{г.г}$  и  $C_{м.п}$  – концентрации химического элемента соответственно в генетическом горизонте почвы  $с_{г.г}$  и материнской породе  $с_{м.п}$ . При значении  $K_{э-а} < 1$  элемент аккумулируется в материнской породе,  $K_{э-а} > 1$  – элемент аккумулируется в генетическом горизонте.

Внутрипрофильное распределение валового Zn в черноземе южном характеризуется снижением концентрации по мере увеличения глубины. Общее содержание Zn под чистым паром в верхнем горизонте составляет 99,8 мг/кг (Ап) с глубиной происходит незначительное уменьшение до 98,4 мг/кг в горизонте С. Под озимой пшеницей содержание Zn в горизонтах Ап и А составляет 98,9 мг/кг и 118,0 мг/кг соответственно. Вниз по профилю уменьшается до 90,4 мг/кг в горизонте С. Распределение Zn под виноградным растением характеризуется плавным уменьшением его содержания с 98,5 мг/кг (Ап) до 78,2 мг/кг (С). Цинк легко адсорбируется как минералами, так и органическими компонентами, поэтому в большинстве типов почв наблюдается его аккумуляция в поверхностных горизонтах.

Расчитанный элювиально-аккумулятивный коэффициент свидетельствует об аккумуляции валового Zn в гумусовых горизонтах и постепенном снижении по профилю почвы на всех исследуемых производственных участках. Ранее проведенные исследования полностью подтверждают, что распределение микроэлементов в черноземных почвах связано с биогенной аккумуляцией многих элементов – биофилов в верхней части гумусового горизонта.

Низкое содержание подвижных соединений Zn в черноземе южном объясняется присутствием карбонатов и слабощелочной реакцией среды. Непрочно связанные соединения Zn в основном представлены специфически сорбированными формами.

Под чистом паром (0,35–0,39 мг/кг), озимой пшеницей (0,72–0,81 мг/кг) и виноградным растением (0,30–0,25 мг/кг) отмечается низкое содержание подвижного Zn в верхних горизонтах почвы, что связано с его выносом сельскохозяйственными культурами при отсутствии восполнения микроудобрениями. Некоторое увеличение подвижного Zn на 38,5 % наблюдается под чистым паром, в сравнении с горизонтом Вса. Похожая тенденция выявлена и под виноградным растением, где с горизонта Вса наблюдается некоторое увеличение подвижного Zn на 0,2 мг/кг в сравнении с верхними гумусовыми горизонтами. Соответственно, степень подвижности Zn во всех горизонтах почвы низкая – от 0,73 % (Ап) до 0,29 % (С). Низкая подвижность соединений цинка в черноземе южном обусловлена влиянием содержания гумуса, карбонатов, щелочной реакцией почвенного раствора и тяжелым гранулометрическим составом.

По профилю почвы в системе полевого севооборота (чистый пар, озимая пшеница) наблюдается минимум содержания подвижных форм микроэлементов на глубине 40–60 или 60–80 см («щелочной барьер»). На уровне 80–100 см при дальнейшем подщелачивании почвенного раствора концентрация подвижных форм некоторых микроэлементов,

например, цинка, может увеличиваться благодаря образованию растворимых цинкатов.

Анализируя полученные данные элювиально-аккумулятивного коэффициента, под чистым паром и виноградным растением выявлена аккумуляция подвижного Zn в нижних горизонтах ( $K_{э-а} < 1$ ). При возделывании озимой пшеницы отмечается накопление подвижных соединений этого биомикроэлемента в гумусо-аккумулятивном горизонте чернозема южного ( $K_{э-а} > 1$ ). В корневых системах растений концентрируется гораздо больше цинка, чем в надземной части. При оптимальном уровне содержания в почве цинк может перемещаться из корней и накапливаться в верхних частях растений.

В ходе проведенного корреляционного анализа отмечена обратная связь между количеством подвижного Zn в черноземе южном и содержанием CaO ( $r = -0,81$ ). Снижение подвижности биомикроэлементов в черноземных почвах связано с накоплением так называемых «активных» карбонатов, извлекаемых 0,1 н  $(NH_4)_2CO_3$  при соотношении почва:раствор, равном 1:75. Эти соединения кальция наиболее активно участвуют в различных реакциях и определяют значение pH почвенного раствора.

В соответствии с СанПиН 1.23684-21 была проведена оценка степени загрязнения чернозема южного исследуемым элементом. Превышений гигиенических нормативов по всему профилю чернозема южного не обнаружено.

Таким образом, общее содержание Zn в черноземе южном при возделывании различных сельскохозяйственных культур находится, практически, на одном уровне. Содержание подвижных соединений биомикроэлемента зависит от биологических особенностей выращиваемых культур. Распределение валовых и подвижных соединений микроэлемента в черноземе южном различно: для валового Zn выявлено постепенное уменьшение его содержания вниз по профилю, для его подвижных соединений, под чистым паром и виноградным растением, установлена аккумуляция в нижних горизонтах, тогда как под озимой пшеницы отмечается накопление Zn в гумусо-аккумулятивном горизонте чернозема южного.

Степень обеспеченности почвы цинком под виноградным растением, озимой пшеницы и чистым паром находится на низком уровне ( $< 2$  мг/кг). Следовательно, для обеспечения высоких урожаев сельскохозяйственных культур необходимо внесение цинковых удобрений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский, В. В. Основы биогеохимии / В. В. Добровольский. – М.: Академия, 2003. – 400 с.

2. Жуйков, Д. В. Мониторинг содержания цинка в агроценозах Белгородской области / Д. В. Жуйков // Агротехнический вестник. – 2021. – № 4. – С. 14–19.

3. Кучеренко А. В. Содержание и распределение Mn в черноземе южном при возделывании различных сельскохозяйственных культур / А. В. Кучеренко, О. А. Биюкова, Е. В. Кучменко // Живые и биокосные системы. – 2021. – № 36.

4. Перськова, Т. Ф. Влияние микроэлементов, регуляторов роста растений и бактериальных удобрений на показатели структуры урожайности люпина узколистного / Т. Ф. Перськова, М. Л. Радкевич // Вестник БГСХА. – 2017. – № 2. – С. 37–40.

5. Alloway, B. J. (HRSG.), 1999: Schwermetalle in Böden - Analytik, Konzentration, Wechselwirkungen. B. J., Springer-Verlag, Berlin, 540 S.

УДК 631.425.4

## **ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО**

В. Ю. МАЗНЕВ, аспирант,  
А. И. ГРОМОВИК, канд. биол. наук, доцент,  
Л. А. АЛАЕВА, канд. биол. наук, доцент

ФБГОУ ВО «Воронежский государственный университет»,  
г. Воронеж, Российская Федерация

*Рассмотрено влияние рекреационной нагрузки на общие физические свойства чернозема выщелоченного земледользования Ботанического сада Воронежского государственного университета.*

**Ключевые слова:** чернозем выщелоченный, физические свойства почв, рекреационная нагрузка.

С каждым годом тропиная сеть в ботаническом саду становится все более густой. Это связано, прежде всего, с увеличением рекреационной нагрузки. В связи с этим возникла необходимость исследовать физические свойства почвенного покрова.

Цель исследования: оценить влияние рекреационной нагрузки на общие физические свойства чернозема выщелоченного Ботанического сада ВГУ.

В качестве объекта исследований послужил чернозем выщелоченный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый на покровном карбонатном суглинке подстилаемом дрвннеаллювиальными отложениями. Объект исследований расположен на территории Ботанического сада ВГУ (N 51°71'05.35", E 39°20'51.68") на водоразделе рек Дон и Воронеж в пределах Окско-Донской низменной равнины.

Исследуемая почва отличается хорошо выраженным темноокрашенным гумусовым профилем (A+AB) мощностью 74 см. Линия вскипания от карбонатов залегает ниже гумусовой толщи на глубине 74 см. Карбонатные новообразования слабо визуализируются и представлены в виде пропитки и редких прожилок на грянях структурных отдельно-

стей в нижней части почвенного профиля. Почва имеет тяжелосуглинистый гранулометрический состав по всему профилю.

Почвенные образцы отбирались с поверхности десятисантиметровыми слоями через каждые 10 см до глубины 150 см. Отдельно отбирались почвенные образцы ненарушенного сложения с глубин 0–10 и 20–30 см для исследования структурно-агрегатного состава. В отобранных почвенных образцах определялись общие физические свойства по общепринятым методикам [1, 2].

Исследуема почва отличается хорошим структурно-агрегатным составом с высоким содержанием мезоагрегатов (0,25–10 мм) 90–95 %. Среди мезоагрегатов преобладает структурно-агрегатная фракция размером 5–1 мм на долю которой приходится 74 % в слое 0–10 см и 46 % в слое 20–30 см. Сопутствующей структурно-агрегатной фракцией являются агрегаты размером 10–5 мм содержание которых составляет соответственно 11 и 38 % (рис. 1).

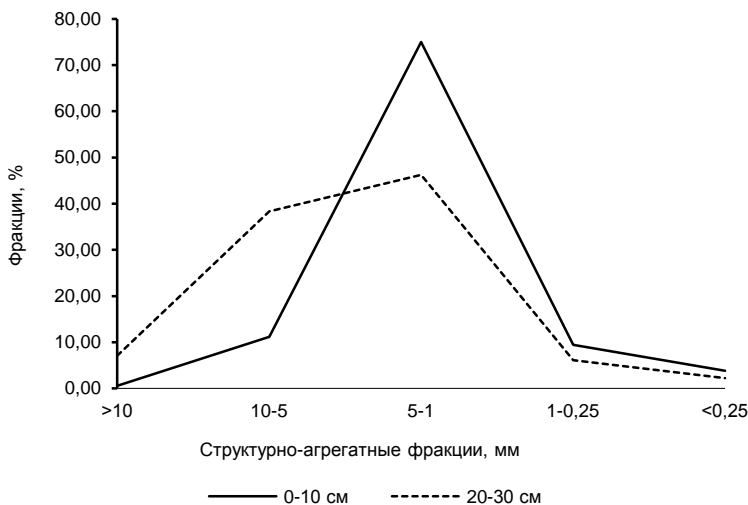


Рис. 1. Структурно-агрегатный состав чернозема выщелоченного Ботанического сада ВГУ

На момент отбора почвенных образцов полевая влажность почв в верхней части гумусового горизонта составляла 20,0 %, что соответствует влажности разрыва капиллярных связей (ВРК). В нижней части почвенного профиля рассматриваемый показатель снижился до 9,4–15,2 % (таблица).

**Общие физические свойства чернозема выщелоченного  
Ботанического сада ВГУ**

Глубина, см	Полевая влажность, %	Плотность, г/см <sup>3</sup>		Общая пористость, %
		сложения	твердой фазы	
0–10	20,0	1,10	1,89	41,8
20–30	21,5	1,27	2,04	37,8
40–50	21,5	1,28	2,07	38,2
60–70	20,9	1,32	2,19	39,7
80–90	24,4	1,32	2,30	42,5
100–110	15,0	1,33	2,34	43,2
120–130	15,2	1,34	2,61	48,7
140–150	9,4	1,61	2,92	45,0

Плотность сложения исследуемой почвы в слое 0–10 см составляла 1,10 г/см<sup>3</sup> и вниз по профилю закономерно увеличивалась, достигая максимальных значений в слое 140–150 см – 1,61 г/см<sup>3</sup>. Тяжелый гранулометрический состав обусловил довольно высокие значения плотности твердой фазы. В слое 0–10 см рассматриваемый показатель составлял 1,89 г/см<sup>3</sup>, а нижней части почвенного профиля он достигал 2,92 г/см<sup>3</sup>. Показатель общей пористости в гумусовом горизонте составлял 41,8 %.

Таким образом, исследуемый чернозем выщелоченный обладает вполне благоприятными общими физическими свойствами и не испытывает существенной антропогенной нагрузки в отношении физического состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Громовик, А. И. Методы исследования физических свойств почв: учеб.-метод. пособие для вузов / А. И. Громовик, И. В. Черепухина. – Воронеж: ООО Издательство РИТМ, 2018. – 90 с.
2. Королев, В. А. Современное физическое состояние черноземов центра Русской равнины / В. А. Королев. – Воронеж: Изд-во им. Е. А. Болховитинова, 2008. – 313 с.



## МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

А. В. ОСИПОВ, канд. с.-х. наук, доцент,

Т. В. ШВЕЦ, канд. с.-х. наук, доцент,

Ю. С. ПОПОВА, канд. с.-х. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет  
имени И. Т. Трубилина»,

г. Краснодар, Российская Федерация

*Длительное выращивание сельскохозяйственных культур на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья с использованием безотвальной системы обработки почвы способствовала повышению содержания гумуса. Внесение органических удобрений улучшили его агрофизические свойства и агрохимические показатели.*

*Ключевые слова:* плодородие, агротехнологии, чернозем выщелоченный, система обработки, физические свойства, баланс гумуса.

В южной части Западного Предкавказья Краснодарского края сформировались черноземы выщелоченные. Общая площадь их составляет 240,7 тыс. га, в том числе пашня 160,2 тыс. га. Длительное интенсивное сельскохозяйственное использование черноземов привело к дисбалансу между его потенциальным и эффективным плодородием. Потеря гумуса в черноземах региона за последние 30–40 лет составила более 30 % от его исходного содержания, что значительно ухудшило их свойства [1, 2, 3, 4]. Актуальность исследований в настоящее время по изучению изменений свойств черноземов, а также их гумусного состояния значительно.

Многолетние исследования проводились в системе агроэкологического мониторинга в типичном равнинном агроландшафте южной части Западного Предкавказья. Объектом исследований являлся чернозем выщелоченный. Полевые культуры возделывались различными технологиями в течение многих лет.

В длительном многофакторном полевом опыте изучались такие факторы, как уровень плодородия, система применения удобрений, система защиты растений, система основной обработки почвы.

Длительное возделывание сельскохозяйственных культур, независимо от уровня плодородия, системы применения удобрений и защиты растений, а также системы обработки почвы гранулометрический состав чернозема выщелоченного практически не изменяется. Это подтверждает, что он является наиболее стабильной характеристикой свойств почвы [3, 4]. По гранулометрическому составу чернозем выщелоченный относится к легкой иловато-пылеватой глине с содержанием в метровом слое физической глины (менее 0,01 мм) 60,3–63,9 %,

ила (менее 0,001 мм) 36,2–41,0 %. Распределение механических фракций в метровом слое равномерное.

Влияние механической обработки на агрофизические и химические свойства черноземов наиболее детально изучено при сравнении показателей пахотных угодий в зависимости от продолжительности обработки с участками иного сельскохозяйственного использования, но идентичным почвенным покровом [4, 5]. Отмечено, что, несмотря на ухудшение физических свойств пахотного, а иногда подпахотного слоев под пашней и дальнейшее их использование в сельскохозяйственном производстве, приходится применять ту или иную по интенсивности обработку для поддержания благоприятного сложения почвы. Важнейшим фактором плодородия является плотность сложения почвы, для большинства полевых культур оптимальная плотность черноземов составляет 1,0–1,3 г/см<sup>3</sup>.

Мониторинговые исследования, проведенные сотрудниками КубГАУ в длительных стационарах [3], позволяют заключить, что на степень уплотнения активного корнеобитаемого слоя черноземов выщелоченных оказывает определенное влияние систем обработки почвы в севообороте, а также нашими исследованиями установлено, что при интенсификации агротехнологий, и в первую очередь, при внесении высоких доз органических удобрений, улучшаются агрофизические свойства почвы (табл. 1).

Таблица 1. Агрофизические свойства чернозема выщелоченного при возделывании озимой пшеницы (2019 г.)

Индекс технологии	Глубина отбора образца, см	Плотность, г/см <sup>3</sup>		Пористость общая	Полевая влажность
		сложения	твердой фазы		
Экстенсная (0001)	0–20	1,31	2,67	50,9	16,64
	20–40	1,39	2,68	48,1	14,71
	40–60	1,43	2,67	46,4	14,55
(0002)	0–20	1,30	2,69	51,7	17,13
	20–40	1,38	2,69	48,7	16,40
	40–60	1,43	2,70	47,0	15,14
(0003)	0–20	1,28	2,68	52,3	13,69
	20–40	1,36	2,70	49,7	14,37
	40–60	1,39	2,70	48,6	15,06
Интенсивная (3331)	0–20	1,24	2,61	52,5	16,64
	20–40	1,29	2,63	51,0	14,71
	40–60	1,32	2,63	49,8	14,55
(3332)	0–20	1,20	2,62	54,2	17,13
	20–40	1,26	2,63	52,1	16,40
	40–60	1,31	2,63	50,2	15,14
(3333)	0–20	1,17	2,60	55,0	13,69
	20–40	1,27	2,64	51,9	14,37
	40–60	1,33	2,64	49,7	15,06

Под озимую пшеницу проводились различные системы обработки почвы и системы удобрений. На вариантах с отвальной обработкой по предшественникам наблюдалась наиболее рыхлое сложение почвы, это связано с влиянием более глубокого рыхления. При рекомендуемой и безотвальной обработках почва более уплотнена. В 60 см слое чернозема выщелоченного при использовании экстенсивной технологии возделывания озимой пшеницы плотность составила 1,28–1,46 г/см<sup>3</sup>, интенсивной (333) – 1,17–1,41 г/см<sup>3</sup>, пористость общая, соответственно, 46,1–52,3 % и 48,1–55,0 %.

Повышенная доза удобрений существенно повлияла на плотность сложения почвы в 20 см слое по сравнению с вариантом без применения удобрений (1,17 г/см<sup>3</sup> и 1,28 г/см<sup>3</sup>), такая зависимость наблюдается и в подпахотном горизонте (1,27 г/см<sup>3</sup> и 1,36 г/см<sup>3</sup>). Полученные результаты согласуются с литературными данными о влиянии внесения высоких доз органических удобрений и глубокого рыхления почвы на ее агрофизические свойства [2, 3, 4].

Установлено, что содержание общего гумуса в верхнем слое чернозема выщелоченного под подсолнечником составляло 3,26–3,49 % (табл. 2).

Таблица 2. Влияние различных агротехнологий на изменение содержания и баланса гумуса в слое 0–20 см чернозема выщелоченного при возделывания полевых культур (2018–2020 гг.)

Индекс технологий	Содержание гумуса, % (числитель) и баланс гумуса, т/га (знаменатель) в слое 0–20 см			Содержание гумуса в среднем за 2018–2020 гг.
	2018	2019	2020	
	подсолнечник	озимая пшеница	кукуруза	
0001	$\frac{3,26}{-0,31}$	$\frac{2,89}{-0,01}$	$\frac{3,04}{+0,23}$	3,06
0002	$\frac{3,26}{-0,33}$	$\frac{2,84}{-0,02}$	$\frac{2,72}{+0,25}$	2,94
0003	$\frac{3,21}{-0,32}$	$\frac{2,78}{-0,02}$	$\frac{2,52}{+0,26}$	2,84
3331	$\frac{3,49}{-0,62}$	$\frac{3,40}{+0,02}$	$\frac{2,90}{+0,45}$	3,26
3332	$\frac{3,45}{-0,66}$	$\frac{3,32}{+0,02}$	$\frac{2,61}{+0,45}$	3,12
3333	$\frac{3,47}{-0,65}$	$\frac{3,11}{+0,01}$	$\frac{3,02}{+0,47}$	3,20
НСР <sub>05</sub>	0,04	0,08	0,10	–

Минимальные значения этих показателей отмечены с использованием технологии 0003 (экстенсивная с отвальной глубокой обработкой почвы), а максимальные 3331 (интенсивная с безотвальной обработкой почвы).

При этом интенсификация технологии возделывания на фоне безотвальной и зональной систем обработки почвы (3331, 3332) способствовала повышению содержания гумуса, что объясняется поступлением в почву большого количества органических остатков и слабой минерализацией гумуса в сравнении с глубоким отвальным рыхлением. Озимые культуры оставляют после себя меньшее количество пожнивных и корневых остатков, поэтому содержание гумуса под кукурузой меньше, чем под подсолнечником.

Все изменения, происходящие в почве при ее сельскохозяйственном использовании, связаны с состоянием гумуса, что обусловлено различной степенью разложения органических веществ, характером их изменений, а также связями гумусовых соединений между собой и с минеральной частью почвы [4, 5]. В этом плане достаточно наглядным является баланс гумуса, также представленный в табл. 2. Баланс гумуса рассчитывался как разность между статьями его прихода за счет пожнивных и корневых остатков, внесения органических удобрений, а также расхода за счет минерализации.

Положительный баланс гумуса в верхнем слое чернозема выщелоченного отмечен под кукурузой независимо от технологии возделывания. Под озимой пшеницей бездефицитный баланс гумуса в исследуемой почве наблюдается только при использовании интенсивных технологий. Отрицательный баланс гумуса в черноземе выщелоченном установлен независимо от системы обработки почвы при возделывании разными технологиями пропашных технических культур, в частности, подсолнечника. Поэтому при возделывании таких обязательно необходимо использовать органические удобрения исходя из расчетных данных по балансу гумуса чернозема выщелоченного.

Следовательно, длительное использование в полевом севообороте различных технологий возделывании полевых культур по-разному влияет на агрофизические и агрохимические показатели чернозема выщелоченного Западного Предкавказья. Внесение высоких доз органических удобрений способствовало улучшению его агрофизических и агрохимических свойств, в сравнении с экстенсивной технологией. Независимо от агротехнологий, гранулометрический состав чернозема выщелоченного не изменяется и относится к легкой иловатопылевой глине. Интенсификация технологий в севообороте с использованием безотвальной системы обработки почвы способствовала повышению содержания общего гумуса в черноземе выщелоченном. Максимальное положительное влияние на указанный показатель оказал фактор уровня плодородия почвы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безуглова, О. С. Гумусное состояние почв юга России / О.С. Безуглова. – Ростов н/Д, 2001. – 228 с.

2. Власенко, В. П. Деградационные изменения физического состояния почв Азово-кубанской равнины // В. П. Власенко, А. В. Осипов, Е. Д. Федашук // Тр. Кубанского ГАУ, 2017. – № 69. – С. 118–123.

3. Мониторинг плодородия почв земель Краснодарского края / О. А. Подколзин, И. В. Соколов, А. В. Осипов, В. Н. Слюсарев // Тр. Кубанского ГАУ. – 2017. – № 68. – С. 117–124.

4. Слюсарев, В. Н. Современное состояние почв Северо-Западного Кавказа // В. Н. Слюсарев, Л. М. Онищенко, А. В. Осипов // Тр. Кубанского ГАУ. – 2013. – № 42. – С. 99–103.

5. Цховребов, В. С. Влияние внесения горных пород на содержание макроэлементов в черноземе выщелоченном и урожайность подсолнечника / В. С. Цховребов, Д. В. Калугин // Агрехимикаты в XXI веке: теория и практика применения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Новгород, 2017. – С. 290–293.

УДК 631.4:913:519.87(571.150)

## ЭЛЕМЕНТЫ ЧИСЛЕННОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПОЧВ В МОНИТОРИНГЕ ИХ ПЛОДОРОДИЯ

Е. Г. ПИВОВАРОВА, д-р с.-х. наук, доцент

Алтайский государственный аграрный университет,  
г. Барнаул, Российская Федерация

*На основе информационно-логического метода разработаны математических модели региональных почв Алтайского края. Дана количественная характеристика свойств региональных эталонов почв на уровне почвенного района. Анализ специфичности современного состояния почвенных и агрохимических свойств указывает на агрогенную трансформацию почв: агроистощение по содержанию подвижных питательных веществ и поглощенному кальцию, облегчение грансостава агрогумусовых горизонтов за счет развития эрозийных и дефляционных процессов. Процесс агрогенной трансформации почв происходит по-разному в различных почвенных районах.*

**Ключевые слова:** математические модели, диагностика почв, агрохимические свойства, корреляция классификаций.

Иерархические системы классификации часто основаны на экспертных суждениях о педогенезе, в то время как численные системы пытаются быть объективной классификацией, основанной на фактических различиях между отдельными почвами. Их обычно называют «ordination», потому что они опираются на фактические данные. Чаще всего численные классификации противопоставляются иерархическим, но встречаются попытки объединить преимущества методов численной классификации с теоретическими предпосылками иерархических базовых классификаций, например для корректировки почвенных карт, или объединения почвенных групп в кластеры в соответствии с землепользованием или для определения зон продуктивности (агроэкологическая оценка) конкретных участков с использованием свойств почвы и топографических атрибутов. Также в работах зарубежных коллег

описан опыт разработки прикладных классификаций на основе численных [1]. Такой подход обеспечивает совместимость их с национальной или глобальной классификаций почвенных систем, основанных на диагностических горизонтах и свойствах, с одной стороны, и создании классов почв с высоким разрешением для местного использования, с другой.

Целью представленной работы была попытка совмещения базовой классификации (два варианта: факторная профильно-генетическая, 1977 и субстантивно-генетической, 2004) с элементами численной классификации разработанной на основе информационно-логического анализа для количественной характеристики региональных почв и их мониторинга.

Поскольку почва является континуальным объектом, для численной классификации наиболее подходящим являются методы основанные на математических конструкциях, известных как нечеткие множества fuzzy k-means [2]. Для этого необходимо использовать непрерывный подход к классификации почв, и методы, основанные на математических конструкциях, известных как нечеткие множества. В данной работе использован информационно-логический анализ, основанный на оценке условной вероятности и неопределенности изучаемого явления (таксономической группы почв) и факторов (почвенных свойств), а для математического моделирования – функции многозначной логики [3]. Независимо, от того на каком математическом методе основана группировка почв, общая идея заключается в таком построении (классификации), чтобы как можно больше минимизировать внутриклассовую дисперсию (вариацию) и максимизировать межклассовую в соответствии с некоторым объективным критерием. Нами предложены в качестве критериев оценки неоднородности параметры информационно-логического анализа [4]: для оценки дисперсии внутри групп (неопределенность внутри классов  $H(A_i/B_j)$ ) и для оценки межклассовых различий (Коэффициент эффективности передачи информации Кэфф).

Разработка математических моделей региональных эталонов почв для различных почвенных районов Предалтайской почвенной провинции осуществлялась на основе материалов последнего тура крупномасштабного почвенного картирования, проведенного АлтайНИИГи-прозем в 1990–2000 гг. Объем выборочных совокупностей составлял от 300 до 500 объектов (разрезов). Количественные модели для преобладающих почв почвенного района представляют собой набор количественных параметров (специфичных, наиболее вероятных состояний), рассчитанных по отношению условных вероятностей основных почвенных и агрохимических свойств: мощности гумусового слоя, содер-

жанию гумуса, валового азота, содержания подвижных форм фосфора и калия, суммы поглощенных оснований, рНв, а также содержанию гранулометрических фракций илистой (менее 0,001 мм) и физической глины (менее 0,01 мм).

Дискуссии по поводу того, какая классификация должна стать базовой, есть в работах Соколова И. А., Фридланда В. М., Герасимовой М. И., в результате которых бесспорным атрибутом базовой классификации было признано теоретические представления о генезисе почв. Обе классификации являются генетическими, но каждая имеет свои достоинства и недостатки: первая, является более проработанной в количественном отношении, но в основном для почв естественного генезиса. Вторая, опирающаяся на современные представления и методы исследования, менее проработана на региональном уровне, но включает классификацию антропогенных и агрогенных почв. Это является очень актуальным для сельскохозяйственных территорий, в том числе и для Алтайского края, где в некоторых районах доля пахотных и агрогенно трансформированных почв достигает 90 %. В соответствии с вышеизложенным, разработка математических моделей осуществлялась для обеих классификаций, причем количественные модели свойств региональных эталонов почв проводили для каждого почвенного района. В результате было получено две региональных классификации для двух базовых. Качественно-количественная модель региональных эталонов почв для каждого почвенного района в форме информационно-логического уравнения отражает таксономическую значимость почвенных свойств и позволяет провести идентификацию почв по каждой классификации и корреляцию между ними.

Почвенный покров Алтайского края отличается исключительным разнообразием. В соответствии с геоморфологическими условиями выделяется 44 почвенных района, три почвенных зоны на территории аккумулятивных равнинах, две зоны в предгорных и горных областях и 4 почвенных межзональных района. Исходя из такого разнообразия факторов почвообразования, очевидно, что для одного «центрального образа» базовой почвенной классификации невозможно разработать единый эталон даже в пределах Предалтайской почвенной провинции. Так, черноземы выщелоченные встречаются в 12 почвенных районах. Их количественные характеристики существенно различаются (табл. 1).

Одним из главных, обуславливающих различие свойств черноземов выщелоченных, является гранулометрический состав почвообразующих пород: от легкосуглинистого в 10 почвенном районе, до легкоглинистого в 35 почвенном районе предгорных областей Алтая.

**Таблица 1. Специфические состояния свойств черноземов выщелоченных (по горизонтам) различных почвенных районов (классификация и диагностика почв СССР, 1977 г.)**

Свойства	Зона, подзона					
	Подзона черноземов предгорных равнин Алтая		Подзона черноземов умеренно засушливой степи			
	Номер почвенного района					
	35		9		10	
	горизонты					
	Ап	А	Ап	А+(АВ)	Ап	А+(АВ)
Мощность, см (ранг)	50–60 (3)		35,0–50,0 (3–5)		35–50 (3–5)	
Содержание гумуса, %, (ранг)	< 4,0(1)	< 4,0(1)	3,0–4,5 (2–4)	<3,0–4,0 (1–3)	4,5–>5,0 (5–6)	4,5–5,0 (5)
Содержание валового азота, %, (ранг)	0,4–0,45 (6)	< 0,20 (1)	0,16–0,25 (3–4)	0,11–0,20 (2–3)	0,21–0,25 (4)	0,11–0,15 (2)
Сумма поглощенных оснований, м-экв./100 г	<35,0–40,0 (1–2)	35,0–40,0 (2)	20,01–30,0 (2–3)	< 20,0–25,0 (1–2)	20,10–30,0 (2–3)	20,10–25,00 (2)
pНв, (ранг)	7,0–7,5 (3)	7,0–7,5 (3)	6,00–7,00 (2–3)	6,51–7,50 (3–4)	6,00–7,00 (2–3)	6,00–7,50 (2–4)
Содержание подвижного калия, мг/100 г, (ранг)	55,0–60,0 (5)	60,0–650,0 (4)	<15,0–20,0 (1–2)	15,01–20,0 (2)	<15,0 (1)	<15,0 (1)
Содержание подвижного фосфора, мг/100 г, (ранг)	25,0–30,0 (3)	30,0–35,0 (4)	20,1–25,1 (4)	10,01–20,0 (2–3)	10,1–20,0 (2–3)	10,1–15,0 (2)
Содержание ила (фракции <0,001 мм), %, (ранг)	25,0–30,0 (3)	30,0–35,0 (4)	15,1–25,0 (3–4)	20,1–>25,1 (4–5)	10,1–15,0 (2)	10,1–15,0 (2)
Содержание физической глины (фракции <0,01 мм), %	55,0–60,0 (5)	60,0–65,0 (4)	35,1–45,0 (3–4)	30,0–40,0 (2–3)	<30,0 (1)	30,1–35,0 (2)

Примечание: горизонты Ап – пахотный, А – гумусово-аккумулятивный, АВ – переходный гумусовый.

Это факт обусловил различия большинства почвенных свойств: региональные эталоны 9,10 и 35 почвенных районов существенно отличаются по содержанию гумуса, подвижного калия и фосфора, сумме поглощенных оснований и др. В соответствии с естественными факторами почвообразования развивается и современный процесс агрогенной трансформации почв. На равнинной территории (9, 10 почвенные



районы) отмечается агроистощение почв по содержанию подвижного калия и фосфора. В условиях расчлененного рельефа предгорных почвенных районов (35 почвенный район) отмечается резкое снижение содержания гумуса как в пахотном, так и в подпахотном горизонтах, нарушение аккумулятивного характера распределения в профиле черноземов выщелоченных. Также для всех почвенных районов отмечается общая закономерность эрозионной деградации. На это указывает облегчение верхнего пахотного горизонта по сравнению с подпахотным по содержанию физической глины и ила. Таким образом, полученные количественные характеристики таксонов для каждого почвенного района могут служить эталоном для долгосрочного мониторинга почв, их экологического состояния и плодородия. Кроме того, полученные результаты можно использовать в зонировании территории для землеустройства [5] и разработке почвозащитных технологий.

Особый интерес представляют модели, разработанные на основе базовой, субстантивно-генетической классификации почв России (2004 г.). Данная классификация систематизирует не только почвы естественного генезиса, но и антропогенные, агрогенные. Разработка количественно-качественных моделей региональных эталонов почв осуществлялась на основе коэффициентов эффективности передачи информации. Среди всех свойств в модель включаются только наиболее значимые (с наиболее высоким значением Кэфф). Для разных почвенных районов эти модели различаются, даже при близких чертах почвенного покрова. Так, для 2 почвенного района каштановых почв сухой степи эта модель имеет следующий вид:

$$ТП_{2004} = M^{PU+CAT} \times \Gamma^{PU} \times (S^{CAT} \times S^{PU} \times (K_2O^{CAT} \times P_2O_5^{PU})).$$

В соответствии с субстантивно-генетической классификацией почв (2004) в этом почвенном районе идентифицированы агрообраземы (1-й ранг), агроземы текстурно-карбонатные (2-й ранг), агрокаштановые (3-й ранг) и агрокаштановые гидрометаморфизированные (4-й ранг). Вид полученной модели свидетельствует о том, что при дифференциации почв сухой степи по степени их агрогенной трансформации наиболее значимыми являются такие свойства почвы, как мощность гумусового слоя ( $M^{PU}$ ) и содержание гумуса в агрогумусовом горизонте ( $\Gamma^{PU}$ ). Немного менее выражена дифференциация агрогенных почв по сумме поглощенных оснований, содержанию обменного калия и подвижного фосфора. Следует отметить, что в некоторых случаях наиболее диагностичными являются не агрогумусовые (пахотные), а нижележащие горизонты: в агрочерноземах это светлогумусовый АJ, в агроземах и агрообраземах – САТ или переходный гумусово-карбонатный. Это связано с гомогенизацией пахотного горизонта в результате агрогенного почвообразовательного процесса.

Таким образом, можно утверждать, что полученные модели отражают развитие преобладающих почвообразовательных процессов, в данном случае дернового и агрогенного. Для того чтобы определить принадлежность почвы к тому или иному таксону, необходимо перевести метрические значения свойств в ранговые значения таксономических групп по таблице специфических свойств, полученных на основании информационного анализа (табл. 2), подставить эти значения в формулу и, в соответствии с функцией нелинейного произведения (☒), рассчитать ранг определяемой почвы.

Таблица 2. Специфичные состояния таксономических групп почв 2 ПР почвенного района в зависимости от физико-химических свойств почв в горизонтах (классификация и диагностика почв России, 2004)

Фактор	Состояние фактора	Горизонт PU		Горизонт САТ	
		Состояние функции	Ранг таксономической группы	Состояние функции	Ранг таксономической группы
1	2	3	4	5	6
Мощность, PU+САТ, см	<15,0			ААб	1
	15,1–20,0			ААб	1
	20,1–25,0			ААб	1
	25,1–30,0			Аз <sub>тк</sub>	2
	30,1–35,0			Аз <sub>тк</sub> , АК, АК <sup>TM</sup>	2, 3, 4
	>35,1–40,0			АК, АК <sup>TM</sup>	3, 4
Содержание гумуса, %	<1,00	ААб	1	ААб	1
	1,01–1,50	ААб	1	Аз <sub>тк</sub>	2
	1,51–2,00	ААб	1	Аз <sub>тк</sub> , АК	2, 3
	2,01–2,50	Аз <sub>тк</sub>	2	АК, АК <sup>TM</sup>	3, 4
	2,51–3,00	Аз <sub>тк</sub> , АК, АК <sup>TM</sup>	2, 3, 4	АК <sup>TM</sup>	4
	>3,01	АК	3	–	
Сумма поглощенных оснований, мг-экв./100 г почвы	<15,0	ААб	1	ААб	1
	15,1–20,0	ААб	1	ААб, АК <sup>TM</sup>	1, 3
	20,1–25,0	Аз <sub>тк</sub>	2	АК, АК <sup>TM</sup>	2, 3
	25,1–30,0	Аз <sub>тк</sub> , АК, АК <sup>TM</sup>	2, 3, 4	Аз <sub>тк</sub> , АК	2, 3
	>30,1	АК	2	Аз <sub>тк</sub>	2
Содержание подвижного фосфора, мг/100 г почвы	<10,0	ААб, АК <sup>TM</sup>	1, 4	ААб, АК <sup>TM</sup>	1, 4
	10,1–15,0	Аз <sub>тк</sub> , АК	2, 3	Аз <sub>тк</sub> , АК	2, 3
	>15,1	АК	3	–	

1	2	3	4	5	6
Содержание обменного калия, мг/100 г почвы	<10,0	–		ААб	1
	10,1–15,0	ААб	1	ААб	1
	15,1–20,0	ААб	1	АК	2, 3
	20,1–25,0	АК	3	АК	3
	25,1–30,0	А <sub>з<sub>тк</sub></sub> , АК	2, 3	А <sub>з<sub>тк</sub></sub>	2
	>30,1	А <sub>з<sub>тк</sub></sub> , АК <sup>TM</sup>	2,4	А <sub>з<sub>тк</sub></sub> , АК <sup>TM</sup>	2,4

Примечание: ААб – агрообраземы тексурнокарбонатные; А<sub>з<sub>тк</sub></sub> – агроземы тексурнокарбонатные; АК – агрокаштановые почвы; АК<sup>TM</sup> – агрокаштановые метаморфизированные. PU – агротемногумусовый горизонт(пахотный; CAT – текстурно-карбонатный горизонт.

Данная модель позволяет проследить качественный переход почвы от одного таксона к другому. При деградации: от агрочернозема к агрозему, или агрообразему. Или наоборот прогнозировать процессы проградации при изменении определенных свойств почвы или технологий.

На основе информационно-логического анализа разработаны математические модели почв Предалтайской почвенной провинции. Комплекс количественных моделей для каждого из 44 почвенных районов Алтайского края представляют собой региональные эталоны, которые является основой для долгосрочного мониторинга за экологическим состоянием почв и их плодородием. Полученные модели отражают не только генетические особенности их формирования, но и позволяют выявить признаки современных агрогенных процессов таких как, агроистощение, деградация почв за счет эрозии и дефляции. Качественно-количественную модель для каждого почвенного района, помимо теоретического обоснования классификационных групп почв, позволяют решить определенные прикладные задачи (корреляции между классификациями, диагностики почв по количественным признакам и др.).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Verheyen K., Adriaens D., Hermy M., S. Deckers High-resolution continuous soil classification using morphological soil profile descriptions // *Geoderma*. – № 101. – 2001. – P. 31–48.
2. McBratney, A. B., de Gruijter, J.J.A., A continuum approach to soil classification by modified fuzzy k-means with extragrades // *J. Soil Sci.* – 1992. – 43, p. 159–175.
3. Пузаченко, Ю. Г. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности / Ю. Г. Пузаченко, Л. О. Карпачевский, Н. А. Взнуздаев // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. – М., 1970. – С. 103–121.
4. Пивоварова, Е. Г. Региональные эталоны почв как индикаторы агрогенной трансформации их агрохимических свойств / Е. Г. Пивоварова, Л. А. Федченко // *Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. матер. XV Междунар. науч.-практ. конф.* – Барнаул, 2020. – С. 282–284.
5. Колмыков, А. В. Зонирование территории минской области для целей землеустройства / А. В. Колмыков, А. Н. Авдеев // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2019. – № 1. – С. 143–148.

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю. Н. ПЛАТОНЬЧЕВА, канд. биол. наук, доцент,  
Е. Г. БЕЛОУСОВА, канд. с.-х. наук, доцент,  
И. А. БОРИСЫЧЕВ

ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА,  
г. Нижний Новгород, Российская Федерация

*В статье представлена агроэкологическая оценка разных подтипов серых лесных почв. Выявлено, что большая часть объектов характеризуется слабокислой реакцией среды, высоким содержанием фосфора и повышенным калия. Микроэлементы находятся на уровне средних и высоких значений, за исключением цинка. Превышений по содержанию тяжелых металлов не установлено.*

**Ключевые слова:** гумус, кислотность, фосфор, калий, микроэлементы, тяжелые металлы.

Серые лесные почвы являются наиболее распространенными в составе пахотного фонда Нижегородской области, наибольшая площадь их, несмотря на развитие эрозионных процессов, широко используется в земледелии для возделывания сельскохозяйственных культур. Преимущественно они занимают значительную часть Волго-Окского Правобережья [1]. Всего в области на долю подзоны данного типа приходится пятая часть территории или около 15 тыс. км<sup>2</sup>.

Исследованиями были охвачены почвы Перевозского района, где в своем большинстве преобладают серые лесные почвы, а именно на долю светло-серых лесных почв приходится 22 %, серых – 47 % и темно-серых – 21 %, гранулометрический состав изменяется от супесчаного до легкоглинистого. Почвообразующие породы представлены покровными и лессовидными суглинками и глинами. Покровные суглинки чаще всего встречаются в лесостепной зоне. Обычно они бурого цвета, плотные, пористые, хорошо сортированы, пылевато-суглинистые, толщиной 1–3 м. В южных районах покровные суглинки содержат карбонаты. Лессы характеризуется светло-палевой окраской, рыхлостью, карбонатностью, пылевато-суглинистым гранулометрическим составом, высокой емкостью поглощения [2]. И те и другие почвообразующие породы способствуют развитию эрозионных процессов. Вследствие этого в районе имеется 25,0 тыс. га (61 % пашни) эродированных почв, в том числе 21,7 тыс. га (53 %) – слабосмытых, 3,0 тыс. га (7 %) – средне и 0,3 тыс. га – сильносмытых почв.

Для изучения было взято 96 почвенных образцов, данные для исследования были представлены ФГБУ ЦАС «Нижегородский».

Наиболее обеспечены органическим веществом темно-серые лесные почвы легкоглинистого гранулометрического состава, содержание гумуса здесь варьирует от 3,5 до 6,0 % при средних величинах 4,41 %,

наименее светло-серые лесные (1,6–2,3 %). При этом пространственная неоднородность почвы пашни по данному показателю выражена средне, коэффициент вариации изменяется от 10 до 22 % (табл. 1).

Таблица 1. Данные вариационной статистики по содержанию гумуса серых лесных почв, %

Почва	Lim	M ± m	σ	n	V, %
Светло-серые лесные супесчаные	1,6-2,3	1,95	–	2	–
Светло-серые лесные среднесуглинистые	1,7–2,4	2,40±0,13	0,42	10	17,5
Светло-серые лесные среднесуглинистые слабосмытые	2,3–3,8	3,00±0,25	0,57	5	19,1
Светло-серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые	1,7–4,1	3,00±0,16	0,68	18	22,9
Серые лесные тяжелосуглинистые	2,7–3,3	2,75±0,13	0,58	19	21,1
Темно-серые лесные тяжелосуглинистые	3,5–6,3	4,10±0,13	0,61	21	14,9
Темно-серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые	3,2–5,6	3,97±0,20	0,66	11	16,5
Темно-серые лесные легкосуглинистые	3,5–5,0	4,41±0,15	0,46	10	10,3

Так как на исследуемой территории присутствуют в основном только слабосмытые виды, то существенных изменений между смытыми и несмытыми аналогами в отношении содержания гумуса не выявлено.

Величина обменной кислотности находится в интервале 4,4–6,4 единиц рН<sub>КС1</sub> (табл. 2), но расчеты средних значений указывают, что исследуемые почвы в своем большинстве характеризуются слабокислой реакцией. Исследуемый показатель практически не изменялся по точкам отбора проб и коэффициент вариации составил 6,9–12,7 %. Сокращение профиля почвы в слабосмытых видах способствовало изменению реакции среды в сторону нейтральных за счет приближения к поверхности лессовидных суглинков, содержащих в своем составе карбонаты.

Таблица 2. Данные вариационной статистики по показателю обменной кислотности серых лесных почв (рН<sub>КС1</sub>)

Почва	Lim	M ± m	σ	n	V, %
Светло-серые лесные супесчаные	4,4–5,5	4,95	–	2	–
Светло-серые лесные среднесуглинистые	4,7–2,5	4,90±0,15	0,48	10	9,8
Светло-серые лесные среднесуглинистые слабосмытые	4,9–6,4	5,66±0,27	0,62	5	11,0
Светло-серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые	4,4–6,3	5,42±0,14	0,58	18	10,7
Серые лесные тяжелосуглинистые	5,0–5,7	5,35±0,10	0,42	19	7,9
Темно-серые лесные тяжелосуглинистые	4,6–5,8	5,20±0,14	0,66	21	12,7
Темно-серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые	4,7–5,9	5,31±0,11	0,37	11	6,9
Темно-серые лесные легкосуглинистые	4,9–6,3	5,54±0,13	0,40	10	7,2

Фосфор является одним из важнейших элементов, определяющих продуктивность сельскохозяйственных культур. При этом уровень урожая напрямую зависит от содержания в почве подвижных соединений фосфора. Некоторый дефицит калия экономически и экологически оправдан, однако этот дефицит допустим до определенного предела, затем наблюдается резкое падение плодородия почвы, снижение урожайности и качества получаемой продукции [3].

Данные по содержанию подвижных элементов представлены в табл. 3.

Наиболее обеспечены фосфором темно-серые лесные почвы, содержание которого в отдельных образцах достигает 410–500 мг/кг, средние значения находятся на уровне повышенной и высокой обеспеченности, за исключением светло-серых лесных суглинистых почв. В отношении калия почвы испытывают больший дефицит, так темно-серые лесные тяжелосуглинистые почвы и светло-серые лесные среднесуглинистые слабосмытые почвы характеризуются средними значениями данного элемента (92–117 мг/кг). Эти показатели имеют в своем большинстве сильную изменчивость и коэффициент вариации в среднем по фосфору составляет 30–50 %, по калию чуть ниже.

Таблица 3. Данные вариационной статистики по содержанию подвижного фосфора и калия, мг/кг

Почва	Lim	M ± m	σ	n	V, %
<b>Содержание подвижного фосфора</b>					
Светло-серые лесные супесчаные	102–207	154	–	2	–
Светло-серые лесные среднесуглинистые	40–172	87±15	46,8	10	53,9
Светло-серые лесные среднесуглинистые слабосмытые	41–156	101±19	43,4	5	47,7
Светло-серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые	50–404	188±23	99,2	18	52,8
Серые лесные тяжелосуглинистые	71–390	166±18	77,2	19	46,5
Темно-серые лесные тяжелосуглинистые	61–410	192±18	82,9	21	43,2
Темно-серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые	43–290	139±23	76,8	11	55,3
Темно-серые лесные легкоглинистые	177–500	370±34	109,0	10	29,5
<b>Содержание подвижного калия</b>					
Светло-серые лесные супесчаные	88–151	120	–	2	–
Светло-серые лесные среднесуглинистые	94–286	140±14	44,5	10	31,8
Светло-серые лесные среднесуглинистые слабосмытые	81–103	92±4	9,48	5	10,3
Светло-серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые	74–261	138±18	75,4	18	54,6
Серые лесные тяжелосуглинистые	109–374	159±18	80,2	19	50,4
Темно-серые лесные тяжелосуглинистые	52–179	117±9	41,9	21	35,8
Темно-серые лесные тяжелосуглинистые слабосмытые	65–150	106±8	26,9	11	25,3
Темно-серые лесные легкоглинистые	116–435	224±29	91,7	10	41,0

Микроэлементы участвуют во всех жизненно важных процессах метаболизма, поэтому способствуют росту и улучшению качества сельскохозяйственной продукции. Микроэлементы повышают использование основных питательных веществ растениями особенно при высоких дозах их применения, дополняя положительное действие азотно-фосфорно-калийных удобрений. Основой для дифференцированного применения микроудобрений на полях хозяйства должны быть показатели содержания подвижных форм микроэлементов в почве.

Данные табл. 4 свидетельствуют, что наибольшие площади почв высоко обеспечены бором и медью (97–100 %), средне обеспечены марганцем (100 %), кобальтом (68 %) и молибденом (99 %).

Таблица 4. Распределение серых лесных почв (%) по содержанию подвижных форм микроэлементов

Микроэлементы	Lim, мг/кг	Всего по группам обеспеченности, % почв			Средневзвешенное значение, мг/кг
		Низкая	Средняя	Высокая	
Бор	0,77–1,62	–	3	97	1,02
Марганец	34–62	–	100	–	44,9
Медь	4,7–6,8	–	–	100	5,70
Кобальт	1,6–4,9	–	68	32	2,20
Цинк	1,4–2,5	72	28	–	1,76
Молибден	0,12–0,22	–	99	1	0,17

Дефицит выявлен лишь по меди и 72 % почв нуждаются во внесении микроудобрений, содержащих данный элемент.

Все исследуемые серые лесные почвы по содержанию подвижных форм тяжелых металлов относятся к первой, наиболее безопасной группе. Средневзвешенное значение кадмия составляет 0,27 при колебаниях от 0,16 до 0,42 мг/кг почвы. Содержание свинца изменяется от 0,4 до 1,2 мг/кг, что существенно ниже предельно-допустимых нормативов. Превышений по содержанию валовых форм ртути и мышьяка также не установлено ни в одном объекте исследования. Почвы, отнесенные по степени загрязнения тяжелыми металлами к первой группе эколого-токсикологической оценки, пригодны для возделывания всех сельскохозяйственных культур без ограничений.

Таким образом, оценка агроэкологического состояния серых лесных почв юго-восточной части Нижегородской области показала, что большая часть их характеризуется повышенным содержанием гумуса, слабокислой и близкой к нейтральной реакцией среды, достаточной обеспеченностью подвижными формами фосфора и микроэлементов, за исключением цинка, содержание которого составляет в среднем 1,8 мг/кг почвы и оценивается как низкое.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Полякова, Н. В. Некоторые закономерности антропогенного преобразования серых лесных почв / Н. В. Полякова, Ю. Н. Платоньчева // Доклады РАСХН. – 2012. – № 4. – С. 28–30.
2. Никитин, Б. А. Пахотные почвы Нижегородской области / Б. А. Никитин, Г. Д. Гогмачадзе // Мин-во сел. хоз-ва РФ, Всероссийский науч.-иссл. институт информатизации, агрономии и экологии «ВНИИ Агрэкоинформ». – Нижний Новгород, 2003. – 176 с.
3. Тюрникова, Е. Г. Влияние калийных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и калийное состояние почв Нижегородской области / Е. Г. Тюрникова, В. И. Титова, Е. П. Ренжина, О. Д. Шафронов // Агрехимический вестник. – 2011. – № 2. – С. 10–12.

УДК 574:631.4:629.7:528.7:528.8:631.95

## РОЛЬ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В СОВРЕМЕННЫХ ЗАДАЧАХ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

И. С. ПРОХОРОВ, канд. с.-х. наук, доцент,  
Л. Б. МЕТЕЧКО, канд. экон. наук, доцент,  
А. Е. СОРОКИН, канд. экон. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)»,  
г. Москва, Российская Федерация

*Представлена краткая история развития аэрокосмического мониторинга. Описаны возможности получения информации для рационального природопользования и ведения сельского хозяйства. Даны технические характеристики средств дистанционного зондирования Земли. Представлен широкий спектр задач практического применения аэрокосмического мониторинга в современном почвоведении, а также сельском и лесном хозяйстве.*

***Ключевые слова:** авиация и космонавтика, летательные аппараты, мониторинг поверхности Земли, почвоведение, сельскохозяйственное производство, рациональное природопользование, точное земледелие.*

Площадь сельскохозяйственных территорий в нашей стране (согласно данным ежегодного статистического справочника России) – 2200 км<sup>2</sup>, что составляет около 10 % от пахотных угодий во всем мире. Если учесть, что около 60 % территорий находятся в области рискованного земледелия, то становится очевидной высокая значимость повышения эффективности современного отечественного АПК. Активно развивающееся сельское хозяйство, как любая современная отрасль, опирается на необходимое информационное обеспечение, так как результаты вложенного труда зависят от климатических, географических, ландшафтных, биологических и других факторов. Любое современное производство требует комплексного высокотехнологичного менеджмента.



Точное земледелие – новый термин в определении высокотехнологичного ведения сельскохозяйственных работ с применением технологий глобального позиционирования (GPS), географических и информационных систем (GIS) [1]. Поэтому современный АПК уже не способен существовать без аэрокосмического мониторинга [1–4].

Только точное (координатное) земледелие, владея инновационными средствами высокотехнологического агроменеджмента, способно обеспечить значительное улучшение состояния полей и результатов всех видов сельскохозяйственных работ по нескольким основным направлениям:

- агрономическое: с учетом реальных данных о почвенном плодородии и потребностях культуры в удобрениях;
- техническое: совершеннее тайм-менеджмент на уровне хозяйства (в том числе улучшается планирование сельскохозяйственных операций);
- экологическое: сокращается негативное воздействие сельхозпроизводства на окружающую среду (более точная оценка потребностей в удобрениях приводит к ограничению химического загрязнения почв);
- экономическое: рост производительности и (или) сокращение затрат повышают эффективность агробизнеса (в том числе сокращаются затраты на получение конечного продукта).

Электронная запись и хранение истории полевых работ и урожаев может помочь как при последующем принятии решений, так и при составлении специальной отчетности о производственном цикле, которая все чаще требуется законодательством развитых стран.

Процесс управления большим фермерским хозяйством, обладающим значительным парком различной сельскохозяйственной техники, всегда считался непростым видом деятельности. Имея в своем распоряжении необъятные поля, фермеры зачастую просто физически не могут отследить все изменения, которые происходят с их сельхозугодьями, рационально разместить технику, осуществить срочные и необходимые агротехнические мероприятия. В этом смысле информационная система мониторинга и получение точных данных о состоянии территорий позволит прогнозировать результат и становится основополагающей в успешном развитии современного сельского хозяйства. Ведь своевременные управленческие решения – это прежде всего точная информация о времени осуществления обработки почвы, посева, полива, подкормки. В сельском хозяйстве эта информация критически важна и зачастую определяет результат всей деятельности агроэкосистемы [5–9].

Оперативный мониторинг ситуации с фазами вегетации посевных культур – одна из постоянных задач главного агронома. Вегетация проходит через несколько критических для роста периодов. Первый такой период приходится на посев. Например, всходы в случае недо-

статка влаги могут быть изреженными, поэтому обследование посевов необходимо для объективной оценки их состояния [6, 7].

Основная цель наблюдений с помощью аэрокосмического мониторинга – своевременное определение необходимости проведения любых мероприятий на каждом поле вплоть до подсева, пересева и внесения удобрений. Важный аспект – периодичность. Все поля должны быть обследованы не менее 2 раз в неделю и после каждого случая экстремальных погодных явлений (сильный дождь, град, шквалистый ветер и др.). Исследования, проводимые на земле, не всегда позволяют в полном объеме провести анализ и оценить состояние сельскохозяйственных угодий, оперативно вмешаться в процессы и осуществить необходимый контроль за посевом, подкормкой, поливом и пр.

Аэрокосмический мониторинг – система наблюдения и контроля при помощи самолетных, вертолетных, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), аэростатных средств, спутников и спутниковых систем [10].

Аэрокосмический мониторинг подразделяют на:

- дистанционный мониторинг – совокупность авиационного и космического мониторингов. Иногда в это понятие включают слежение за средой с помощью приборов, установленных в труднодоступных местах Земли (в горах, на Крайнем Севере), показания которых передают в центры наблюдения с помощью методов дальней передачи информации (по радио, проводам, через спутники и т. п.);

- авиационный мониторинг осуществляют с самолетов, вертолетов и других летательных аппаратов (включая парящие воздушные шары и т. п.), не поднимающихся на космические высоты (в основном из пределов тропосферы);

- космический мониторинг – мониторинг с помощью космических средств наблюдения.

Перечислим примерный перечень необходимой информации, которую может предоставить аэрокосмический мониторинг для современного агроменеджмента:

- инвентаризация сельхозугодий, создание электронных карт полей и кадастр;

- мониторинг техники;
- данные для расчета эффективной логистики;
- состояния посевов и полей под парами;
- сопровождение и контроль агротехнических мероприятий;
- качественная оценка состояния сельскохозяйственных культур на различных стадиях вегетации (всхожесть, заболеваемость, созревание);
- выявление факторов негативного природного, техногенного и антропогенного воздействия на растительность (засуха, переувлажнение, заморозки, вредители и пр.);

- мониторинг темпов уборки сельскохозяйственных культур.

Аэрокосмический мониторинг включает в себя различные средства дистанционного зондирования территорий и с течением времени как он сам, так и средства зондирования совершенствуются вместе с достижениями техники и технологий.

### *Авиамониторинг в сельском хозяйстве.*

Впервые в нашей стране авиацию в сельском хозяйстве начали применять в 1925 г. Следует отметить, что это было время, когда земля еще не остыла от 10 лет революции и гражданской войны. Именно в том году правление общества «Авиахим» приняло решение использовать авиацию против итальянской саранчи, распространение которой приняло угрожающие размеры на плодородных землях Украинской республики. «...Изюмский округ в конце июня во многих местах имел вид поля сражения, – саранча заняла 20–25 тыс. десятин: ее плотность достигала 250 штук на 1 квадратный метр» [11].

25 (или 29) июня 1925 г. самолет «Красный Финработник Одессщины», пилотируемый известным летчиком, участником двух войн, героем гражданской войны Александром Тихоновичем Бербеко вылетел из Харькова в село Савинцы Изюмского округа. Полеты производили с 5 до 8 и с 17 до 20 часов. В первый же день удалось запылить более 500 га. Технические характеристики самолета примерно соответствовали техническим характеристикам современных сверхлегких летательных аппаратов: двигатель мощностью 110 л. с.; скорость полета – 80–130 км/ч, грузоподъемность 150 кг, максимальное время пребывания в воздухе – 3,5 часа. Пришлось работать 8 дней (2000 десятин – план). Обработано 1500 десятин. Около 70 % охваченной площади уже очищено от саранчи. Полеты А. Т. Бербеко были на высоте 3–5 м.

С этой первой операции сельскохозяйственная авиацию применяют для распыления пестицидов и удобрений, несколько реже – для авиасева (гидросеяния (гидропосева) – посева семян с потоками воды под давлением).

В качестве базового самолета, адаптируемого для сельскохозяйственных задач, чаще всего использовали спроектированные для внеаэродромной эксплуатации массовые самолеты-бипланы, для которых в русской культуре для обозначения сельскохозяйственной авиации распространилось понятие «кукурузник». В советское время в таком качестве в подавляющем большинстве случаев использовали «У-2» или «Ан-2».

Примером специально спроектированного сельскохозяйственного самолета может служить входящий в Полевой авиационный комплекс сельского хозяйства (ПАК СХ) самолет Т-500 [12–14].

Таким образом, начиная с 1925 г., пилоты сельхозавиации на «анушках», как любовно и поныне называют «Ан-2», анализируют состояние полей, ведут подкормку посевов, борются с сорняками, обес-

печивают дефолиацию хлопчатника перед машинной уборкой. Сравнительно высокая полезная нагрузка – 1250 кг химикатов – в сочетании с простотой конструкции и неприхотливостью к аэродромам сделали «аннушку» популярной не только в нашей стране, но и за рубежом. Недаром и американцы даже в конце 1970-х гг. считали «Ан-2» лучшим в мире сельскохозяйственным самолетом.

Однако время шло и «Ан-2» практически исчерпал свои возможности. Малый вес груза химикатов. Условия труда летчиков далеки от комфортных. Зимой в его кабине холодновато, летом жарко. Она должным образом не герметизирована – в нее проникают взвеси ядохимикатов и удобрений и работать пилотам приходится в респираторах. Управлять самолетом можно только вдвоем, а летчики – это очень дорогие специалисты.

Нельзя сбрасывать со счетов, что, начиная с 1970-х гг., наряду с самолетами для решения сельскохозяйственных задач использовали и винтокрылые воздушные суда (вертолеты). Несмотря на то, что в количественном соотношении «кукурузники» явно лидировали, но все же у винтокрылых машин были преимущества. Для качественного опрыскивания растений от вредителей воздушное судно должно лететь низко – на расстоянии 3–6 м от земли. В противном случае распределение раствора будет неравномерным. Такая высота полета немыслима для самолета, а для вертолета – пожалуйста! [13]. Еще одно преимущество вертолетов хорошо заметно во время искусственного осеменения полей, которое позволяет повысить урожайность. Сначала для этой цели использовали самолеты в паре: между ними натягивали веревку, которая провисала, доставая до колосьев, и стряхивала с них семена. Но у этого способа есть серьезные недостатки: если пилот первого самолета чуть превысит скорость, веревка натянется и не затронет растения. Если же другой пилот скорость сбавит, веревка провиснет слишком сильно, вырывая растения с корнем. Вертолету же веревка не нужна. Завихрений воздуха от вращения винтов на расстоянии 3–6 м от земли достаточно, чтобы стряхнуть все семена с культур. С 1970-х гг. в сельскохозяйственных работах задействовали «Ми-1», «Ми-2», «Ка-26» и «Ка-15». На машину устанавливали специальный комплекс для разбрызгивания растворов и разбрасывания удобрений, а пилот из своей кабины контролировал ход работ. Использование вертолета позволяет засеять поле, например, ячменем или горохом, когда почва еще слишком влажная. Для этих растений повышенная влажность не страшна, но вот традиционная сеялка изрыла бы всю поверхность, постоянно увязая в грязи [14].

На службе у сельского хозяйства СССР были сотни единиц легкой воздушной техники и сегодня над полями можно увидеть все те же вертолеты. Их количество сильно сократилось: машины изнашивают-

ся, а денег на новые нет. Многие агропромышленные холдинги, не говоря уже о небольших фермерских хозяйствах, не могут позволить купить себе дорогостоящее оборудование при всей его эффективности.

Самый доступный вариант на сегодня – вертолет «Robinson R44» (стоит около 45–50 млн. руб.) в зависимости от модификации и курса доллара. Современная система опрыскивания для такого вертолета обойдется примерно в 3 млн., но окупит себя достаточно быстро [14, 15].

Основные недостатки вертолетов: стоимость летного часа, куда входит стоимость топлива и обслуживания (в сравнении с «кукурузниками» значительно выше), а также зависимость от метеоусловий. Так, в ветреную погоду запрещается обрабатывать растения с вертолета. Ветер, усиленный винтокрылой машиной, может перекинуть ядохимикаты, предназначенные для одной культуры, на соседние посевы и территории и нанести существенный вред. По этим причинам в сельскохозяйственных работах все же лидировали самолеты. И на разработку нового самолета для сельского хозяйства возлагались большие надежды и ожидания.

Нельзя обойти стороной тему о том, что именно в Московском авиационном институте отдано немало лет и сил созданию специализированного сельхозсамолета. Этому новому самолету посвящали свои дипломные работы выпускники МАИ, а также многие молодым специалистами – выпускники и аспиранты. Эта тема подробно рассмотрена в монографии «Проектирование легких самолетов» [12]. Наконец, в 1985 г. выкристаллизовался и был готов к производству лучший агросамолет – «Грач-4». Это был многоцелевой самолет, способный садиться и взлетать с неподготовленных грунтовых площадок, удобный и комфортный для летчика, и безопасный для экипажа при применении ядохимикатов. «Грач-4» обладал непревзойденной устойчивостью к «сваливанию» при разворотах на низкой скорости. Интересен самолет был и тем, что впервые вместо второго пилота был компьютер, выполняющий функции второго пилота и позволяющий пилоту полностью направить свое внимание на точное выполнение поставленной задачи. Фюзеляж этого самолета предполагался из композитного материала, устойчивого к ядохимикатам, и только крылья оставались алюминиевыми, как у большинства воздушных судов. Самолет прошел все необходимые испытания. Однако в силу преобразований в стране проект реализован не был.

Однако, либо разработка самолета для АПК была проведена слишком рано, раньше чем его инновационный потенциал был востребован и оценен, либо слишком поздно, так как на околоземной орбите уже находились многофункциональные спутники слежения, которые формировали точное картографирование обширных территорий.

Перед современным сельским хозяйством поставлены уже иные задачи, начала набирать силу экологическая компонента, которая резко снижала применение ядов и дефолиантов. Такие перемены значительно изменили подходы к технологиям выращивания сельскохозяйственной продукции и все больше ориентировались на точные прогнозы сезонных изменений температур, качества почв, влажности, точных сроков посева, контроля за всхожестью и потребностью азотной подкормки.

Появились тенденции применения современной авиация на службе народного хозяйства в качестве мониторинга источников чрезвычайных ситуаций. В 1980-е гг. космическая составляющая не всегда обеспечивала оперативное воздействие при обнаружении на исследуемой территории очагов природных пожаров. Поэтому для раннего обнаружения пожаров потребовалось привлечение авиационных средств авиапатрулирования (аэровизуальных наблюдений).

### ***Космический мониторинг в современном агроменеджменте.***

Наступила новая эпоха, когда космические технологии стали неотъемлемой частью повседневной жизни современного общества. Все чаще стали появляться публикации о том, что именно космический мониторинг может коренным образом изменить показатели современной сельскохозяйственной отрасли [14–16].

Космический мониторинг. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – это метод изучения земной поверхности, основанный на неконтактной регистрации электромагнитного излучения земной поверхности в различных диапазонах спектра. Конечная цель обработки данных ДЗЗ – распознавание объектов или ситуаций, попадающих в поле обзора, и определение их положения в пространстве. Космические системы мониторинга включают в себя [10]:

- спутниковые системы на орбите (центр управления полетами и съемкой);
- прием информации наземными пунктами приема, спутниками-ретрансляторами.

Хранение и распространение материалов (центры первичной обработки, архивы снимков). По детальности снимки условно разделяют на следующие классы:

- снимки низкого разрешения (километры);
- снимки среднего разрешения (сотни метров);
- снимки высокого разрешения, среди которых выделяют:
  - ✓ снимки очень высокого разрешения (10–20 м);
  - ✓ снимки сверхвысокого разрешения (1 м и менее).

Рождением космического мониторинга можно назвать 1955 г., именно в этот год в СССР и США начали активно разрабатывать спутники-

шпионы. В США это была серия космических аппаратов (КА) «Corona» и «Landsat», а в СССР – серия аппаратов «Зенит» и «Алмаз» [17, 18].

Космические аппараты (КА) – разведчики первого поколения (американская «Corona» и советский «Зенит») проводили фотосъемку, а потом выпускали контейнеры с отснятой фотопленкой, которые спускались на Землю. Капсулы «Corona» подбирались в воздухе во время спуска на парашюте. Более поздние космические аппараты оснащались фототелевизионными системами и передавали изображения с помощью зашифрованных радиосигналов [17, 18].

Комплексные космические эксперименты космического мониторинга, решавшие различные экологические задачи путем съемки с самолетов и спутников, начали проводить в СССР с конца 1960 гг.

ДЗЗ предоставляет уникальную возможность получать ценную информацию о земных объектах и явлениях в глобальном масштабе с высоким пространственным и временным разрешением. Космическая съемка поверхности Земли определяет физические, химические, биологические и геометрические параметры объектов наблюдения в различных средах Земли, как правило, используя функциональную зависимость между инструментальной способностью космической техники и искомыми параметрами [17].

Рабочий диапазон длин волн, принимаемых съемочной аппаратурой, составляет от долей микрометра (видимое оптическое излучение) до метров (радиоволны).

Методы зондирования могут быть *пассивные*, то есть использовать естественное отраженное или вторичное тепловое излучение объектов на поверхности Земли, обусловленное солнечной активностью и *активные* – использующие вынужденное излучение объектов, инициированное искусственным источником направленного действия [18].

Данные ДЗЗ, полученные с КА, характеризуются большой степенью зависимости от прозрачности атмосферы. Поэтому на КА используют многоканальное оборудование пассивного и активного типов, регистрирующие электромагнитное излучение в различных диапазонах.

Аппаратура ДЗЗ первых КА, запущенных в 1960–1970-х гг., была трассового типа – проекция области измерений на поверхность Земли представляла собой линию. Позднее появилась и широко распространилась аппаратура ДЗЗ панорамного типа – сканеры, проекция области измерений на поверхность Земли которых представляет собой полосу.

Космические аппараты дистанционного зондирования Земли используют для изучения природных ресурсов Земли и решения задач метеорологии. КА для исследования природных ресурсов оснащают в основном оптической или радиолокационной аппаратурой. Преимущества последней заключаются в том, что она позволяет наблюдать поверхность Земли в любое время суток, независимо от состояния атмосферы.

Качество данных, получаемых в результате дистанционного зондирования, зависит от их пространственного, спектрального, радиометрического и временного разрешения [6, 7]:

- *Пространственное разрешение* характеризуется размером пикселя (на поверхности Земли), записываемого в растровую картинку – (варьирует от 1 до 1 000 м).

- *Спектральное разрешение.* Инфракрасный спектра в пределах от 0,07 до 2,1 мкм («Landsat»), от 0,4 до 2,5 мкм (Hyperion аппарата «Earth Observing-1»).

- *Радиометрическое разрешение.* Зависит от уровня шума в инструменте, число уровней сигнала, которые сенсор может регистрировать (от 8 до 14 бит), что дает от 256 до 16 384 уровней.

- *Временное разрешение.* Частота пролета спутника над интересующей областью поверхности. Имеет значение при исследовании серий изображений, например при изучении динамики посевов.

Для создания точных карт на основе данных ДЗЗ необходима трансформация, устраняющая геометрические искажения. Снимок поверхности Земли аппаратом, направленным точно вниз, содержит неискаженную картинку только в центре снимка. При смещении к краям расстояния между точками на снимке и соответствующие расстояния на Земле все более различаются. Коррекция таких искажений производится в процессе фотограмметрии. С начала 1990-х гг. большинство коммерческих спутниковых изображений продается уже скорректированными.

Кроме того, может потребоваться радиометрическая или атмосферная коррекция. Радиометрическая коррекция преобразует дискретные уровни сигнала, например от 0 до 255, в их истинные физические значения. Атмосферная коррекция устраняет спектральные искажения, внесенные наличием атмосферы. Спектральный диапазон бортовых измерителей выбирают при их разработке в зависимости от излучательной способности объектов наблюдения [18].

Для задач экологического мониторинга наиболее целесообразны спутники «Метеор», «Океан», «Ресурс» полярно-орбитальных орбит, а также американские спутники серий «Landsat». Эти спутники обладают радиометрами высокого разрешения и функционируют на полярных орбитах высотой порядка 700 км с наклоном 98,89 градусов.

Радиометр высокого разрешения ведет съемки поверхности Земли в пяти спектральных диапазонах [18].

Космические съемки проводят с пространственным разрешением 1100 м и шириной обзора 2700 км. Российские спутники обеспечивают получение многозональной космической информации высокого и среднего разрешения с помощью двух сканеров видимого и ближнего инфракрасного диапазонов.



Космическая система «Метеор», принадлежащая Росгидромету, обеспечивает глобальный экологический мониторинг территории России. Параметры орбиты спутника «Метеор»: приполярная круговая орбита высотой около 1200 км. Комплекс научной аппаратуры позволяет оперативно 2 раза в сутки получать изображения в видимом и инфракрасном диапазонах плотности облачного и подстилающего покровов, данные о температуре, влажности воздуха и поверхности. Осуществляют также мониторинг озона сферы и геофизический мониторинг. В состав бортового комплекса спутника входят несколько сканирующих ИК-радиометров и сканирующая ТВ-аппаратура с системой запоминания данных на борту для глобального обзора и передачи данных. Поток информации в условиях облачности и в любое время суток обеспечивает радиолокатор РЛС БО.

В состав комплекса бортовой аппаратуры многофункциональных спутников ДЗЗ входят СВЧ-радиометры Р-600 и Р-255, сканирующий СВЧ-радиометр «Дельта-2», трассовый поляризационный спектрорадиометр «Трассер», а также комплекс оптической сканирующей аппаратуры и пр.

Один из важнейших приборов слежения современных многоцелевых спутников космического мониторинга – панхроматическая оптико-электронная система, позволяющая получать изображения с пространственным разрешением 1 м, спутники с ее помощью имеют возможность осуществлять высоко детальную съемку одного и того же участка местности каждые три дня, получая несколько снимков одного и того же объекта с дополнительной информацией о нем [20].

Рассмотрим распределение спектральных каналов [17, 18] и области применения этих каналов:

- 1-й канал (голубой): наиболее чувствителен к атмосферным газам, и, следовательно, изображение может быть мало контрастным; имеет наибольшую водопроницаемость (длинные волны больше поглощаются), т. е. оптимален для выявления подводной растительности, факелов выбросов, мутности воды и водных осадков; полезен для выявления дымовых факелов (так как короткие волны легче рассеиваются маленькими частицами); хорошо отличает облака от снега и горных пород, а также голые почвы от участков с растительностью;

- 2-й канал (зеленый): чувствителен к различиям в мутности воды, осадочным шлейфам и факелам выбросов; охватывает пик отражательной способности поверхностей листьев, может быть полезен для различения обширных классов растительности; также полезен для выявления подводной растительности;

- 3-й канал (красный): чувствителен в зоне сильного поглощения хлорофилла, то есть хорошо распознает почвы и растительность; чув-

ствителен в зоне высокой отражательной способности для большинства почв; полезен для оконтуривания снежного покрова;

- 4-й канал (ближний инфракрасный): различает растительное многообразие; может быть использован для оконтуривания водных объектов и разделения сухих и влажных почв, так как вода сильно поглощает ближние инфракрасные волны;

- 5-й канал (средний или коротковолновый инфракрасный): чувствителен к изменению содержания воды в тканях листьев (набухаемости); чувствителен к варьированию влаги в растительности и почвах (отражательная способность уменьшается при возрастании содержания воды); полезен для определения энергии растений и отделения суккулентов от древесной растительности; особенно чувствителен к наличию/отсутствию трехвалентного железа в горных породах (отражательная способность возрастает при увеличении количества трехвалентного железа); отличает лед и снег (светлый тон) от облаков (темный тон);

- 6-й канал (длинноволновый инфракрасный или тепловой): датчики предназначены для измерения температуры излучающей поверхности от  $-100$  до  $150$  °С; подходит для дневного и ночного использования; применение тепловой съемки: анализ влажности почв, типов горных пород, выявление теплового загрязнения воды, бытового скопления тепла, источников городского производства тепла, инвентаризация живой природы, выявление геотермальных зон;

- 7-й канал (средний, или коротковолновый инфракрасный): совпадает с полосой поглощения излучения гидр минералами (глинистые сланцы, некоторые оксиды и сульфаты), благодаря чему они выглядят темными; полезен для литологической съемки; как и 5-й канал, чувствителен к варьированию влаги в растительности и почвах;

- 8-й канал (панхроматический – 4, 3, 2): наиболее типичная комбинация каналов, используемая в дистанционном зондировании для анализа растительности, зерновых культур, землепользования и водноболотных угодий (wetlands).

Достоинства многофункционального спутникового космического мониторинга поражают своими возможностями и порой даже избыточны для решения агротехнических задач [1–10, 21].

Задачи космического мониторинга группируют по отраслям [1, 10, 22] и направлениям деятельности АПК:

***Учет и использование сельскохозяйственных земель:***

- определение границ полей и рабочих участков с расчетом площадей;
- инвентаризация и экспликация сельскохозяйственных земель;
- картографирование реальной структуры земельных угодий на землях сельскохозяйственного назначения (пашня, луга, сады, многолетние насаждения, залежи и неиспользуемые земли);

- картографирование севооборотов, определение реальной структуры посевных площадей;
- выявление неиспользуемых земель, контроль рационального использования сельскохозяйственных угодий;
- определение участков зарастания сельскохозяйственных земель древесно-кустарниковой растительностью, оценка зарастания сельскохозяйственных угодий;
- выделение участков эрозии, переувлажнения, заболачивания, иных проявлений деградации земель;
- обновление почвенных карт, дистанционное картографирование свойств почвенного покрова (содержание органического вещества, развитие эрозионных процессов, степень увлажнения);
- выявление фактов несанкционированного использования сельскохозяйственных земель.

#### ***Почвоведение и агрохимия:***

- мониторинг агрохимических и агрофизических показателей почвенного плодородия;

#### ***Растениеводство:***

- мониторинг состояния посевов сельскохозяйственных культур на различных стадиях вегетации (прирост биомассы, степень увлажнения), в том числе оценка всхожести;
- планирование и контроль выполнения агротехнических работ (вспашка, уборка урожая);
- выявление и прогнозирование неблагоприятных процессов и явлений (наводнения, вредители) в целях их учета при планировании сельскохозяйственного природопользования.

#### ***Орошение и мелиорация земель:***

- информационное сопровождение проектно-исследовательских работ в сфере мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения;
- контроль и мониторинг состояния мелиоративных и гидротехнических объектов.

#### ***Землеустроительное проектирование:***

- информационное сопровождение землеустроительного проектирования в части подготовки планово-картографической основы.

#### ***Правовые аспекты:***

- выявление неучтенных посевных площадей;
- получение реальной информации о состоянии посевов и земельных угодий для задач агрострахования;
- разрешение судебных споров, связанных с землепользованием;
- определение зон несанкционированных строительных работ и самовольного занятия участков на землях сельскохозяйственного назначения.

Основные преимущества данных ДЗЗ для решения задач сельского хозяйства [1, 7]:

- *Оперативность.* Актуальные снимки могут быть получены в течение суток после размещения заказа на осуществление съемки.

- *Объективность.* Информация, получаемая по космическим снимкам – априори достоверной и отображает действительную картину состояния сельскохозяйственных земель и растительности.

- *Единоновременность и периодичность.* Современные спутниковые системы ДЗЗ позволяют осуществлять съемку высокого разрешения с очень высокой периодичностью (до 1 суток).

- *Единообразия.* Данные космической съемки получают с откалиброванных сенсоров, устанавливаемых на спутниках, и не нуждаются в каких-либо дополнительных преобразованиях, направленных на улучшение их взаимной совместимости.

- *Обзорность.* Современные спутниковые системы ДЗЗ позволяют получать единовременную съемку на огромных площадях, что обеспечивает единовременность наблюдений на производственных участках, расположенных на значительном отдалении друг от друга.

Данные космического мониторинга обеспечивают решение широкого круга прикладных задач сельского хозяйства. Например, управление парком агротехники и организация рациональной логистики. Современное агропредприятие, как правило, владеет крупным автопарком, включая уборочную технику, вспомогательную технику, грузовой транспорт, топливозаправщики и т. д. Именно здесь зачастую имеют место хищение, нерациональное использование средств производства и нарушение технических циклов и требований к выполнению той или иной работы, а затраты на топливо, транспортные перевозки и обслуживание техники составляют значительную часть общих расходов агропредприятия.

Несмотря на то, что мониторинг в сельском хозяйстве несколько отличается от традиционного мониторинга транспорта – возможности Wialon существенно расширились и уже около пяти лет систему успешно используют в направлении агротелематики и она – необходимый помощник для крупных агрохолдингов [23].

Единственным недостатком космического мониторинга для отдельных фермерских хозяйств – стоимость получаемой информации. Нельзя забывать о том, что целесообразность получения этой информации становится все менее реалистичной, учитывая стоимость получаемой информации, сложной системы ее дешифровки, выборки необходимых участков, организации специальных станций с дорогостоящим оборудованием и персоналом, даже если мы рассматриваем фермерские хозяйства достаточно обширной площади [23].

Обеспечение сельского хозяйства высококвалифицированными специалистами вопрос также непростой. Для владения современными навыками управления и эффективным использованием результатами любого вида аэрокосмического мониторинга необходимо быть активным пользователем и специалистом в области it-технологий.

Последние десятилетия с возрастающей миниатюризацией электронного приборостроения появились новые тенденции и в космических программах мониторинга земли, нашедшие свое отражение в миниатюризации как самих спутников, так и непосредственно приборах дистанционного зондирования.

Появление новых возможностей, снижение материало-, энерго- и капиталоемкости при разработке и создании спутников для различных народнохозяйственных целей позволило разрабатывать их в небольших лабораториях университетов, малых научно-исследовательских предприятиях и центрах [24, 25]. Наряду с традиционными «флагманскими» проектами многофункциональных спутников весом порядка тонны, появилась целая плеяда мини-спутников (до 500 кг), микро-спутников (до 100 кг), нано-спутников (до 10 кг) и даже пико-спутников (до 1 кг).

Появились новые показатели эффективности космической техники, выражающиеся в относительной стоимости спутника, которая выражается в соотношении количества полученной информации в байтах к стоимости проекта, в которых конечно лидируют миниатюрные приборы. Оказавшись сравнимыми по показателям эффективности, они несомненно выигрывают еще и количеством произведенных запусков. Безусловно, соперничать в универсальности с большими спутниками они не могут, однако вполне пригодны для выполнения конкретных задач [24].

Снижение стоимости и доступность наноспутников позволили использовать для их запусков менее дорогостоящие средства доставки или использовать «попутные» запуски ракет-носителей типа «Союз». Примером могут служить разработки Самарского аэрокосмического кластера по расширению функциональности третьей ступени ракет-носителей «Союз» для выведения на орбиту наноспутников [16–18]. В структуре кластера существуют научно-производственные структуры выполняющие услуги по запуску и обслуживанию наноспутников.

Началось развитие нового направления в космических исследованиях с использованием группировок наноспутников и наноспутников рассчитанных на определенный срок работы. Невысокая себестоимость таких краткосрочных спутников позволяет осуществлять их быструю замену. Например, запускают годовой цикл мониторинга на основе такого краткосрочного спутника и по истечении срока заменяют новым, осуществляющим аналогичную миссию или более усовершенствованную в соответствии с потребностями программы исследо-

ваний [16]. По завершению срока работы собственных аккумуляторов, такие спутники, не имеющие дополнительных конструкций из солнечных батарей, сгорают «как мотыльки» в верхних слоях атмосферы, не принося ущерба при падении, как традиционные спутники и отработавшие космические станции.

Таким образом, новое направление в космическом мониторинге открыло возможности агропромышленным объединениям и фермерским хозяйствам осуществлять мониторинг своих угодий с помощью наноспутников и пикоспутников в доступном ценовом диапазоне.

### ***БПЛА в современном агроменеджменте.***

В авиационном мониторинге тоже произошли значительные изменения. БПЛА, более известные как дроны, начали использовать в коммерческих целях с начала 1980-х гг. Однако только в последнее десятилетие возможности практического применения дронов стали активно расширяться. В ответ на стремительно развивающиеся технологии компании создают новые бизнес-модели и сценарии использования беспилотников. Именно дроны произвели настоящую революцию в агропромышленном секторе [17]. Дроны для сельского хозяйства стали осуществлять тот необходимый мониторинг и собирать информацию о состоянии полей и формировать на этой основе электронную высокоточную карту с минимальными трудозатратами.

Сельскохозяйственные дроны набирают популярность в США, Европе, Бразилии, России, но лидером остается Китай, где производят сами беспилотники и запчасти к ним. Дроны стали удовлетворять потребностям самого широкого круга пользователей, они доступны как крупным агрокомплексам, так и небольшим фермерским хозяйствам, стремящимся к повышению эффективности результатов [25].

Современные сельскохозяйственные дроны способны [17]:

- **Анализировать почву.** Дроны могут создать трехмерные карты для анализа почвы на содержание питательных веществ. Карты в дальнейшем используют для разработки схемы посадки.

- **Высаживать семена.** Коптеры зависают над грядками и выстреливают глубоко в почву капсулами с семенами и питательными веществами.

- **Опрыскивать урожай.** Посредством ультразвуковой эхолокации дроны регулируют высоту полета, сканируют местность и равномерно распыляют необходимое количество агрохимикатов.

- **Поливать.** Датчики на коптерах выявляют высохшие и нуждающиеся в инсектицидной обработке участки. Правда, пока для полива всего поля грузоподъемности дронов недостаточно – они могут поднимать до 200 кг, а для орошения среднего поля потребуется около 2 000 л воды. Сейчас российские ученые работают над экспериментальными коптерами, которые смогут поднять до 5 т груза.

- **Следить за состоянием посевов с большей эффективностью.**

Раньше мониторинг урожая осуществлялся при помощи небольших пилотируемых самолетов, спутников или просто фермеров, обходящих грядки с измерительными приборами в руках. Все эти способы были время- и ресурсозатратными и требовали большого количества сил для систематизации данных. Дроны справляются куда быстрее, что сказывается и на прибыли. Погодные условия, большая площадь угодий, нашествие насекомых усложняют жизнь фермера и чаще всего отрицательно сказываются на урожае.

- **Оценивать состояние урожая.** Дроны помогут узнать вегетативный индекс (показатель плотности и качества урожая), выявят появление болезней растений. Невооруженным глазом сложно увидеть нашествие паразитов на начальной стадии или недостаток питательных удобрений. Своевременная проверка дронами с мультиспектральными камерами нередко позволяет спасти весь урожай.

Космические технологии съемки реализовались некоторыми новыми возможностями, с помощью которых мониторинг угодий с помощью БПЛА позволяет осуществлять съемку как в видимом диапазоне частот, так и в мультиспектральном диапазоне.

***Съемка БПЛА в видимом диапазоне частот позволяет*** [17, 18]:

1. *Создавать электронные карты полей с высокой точностью (до сантиметров), вести «паспорта» угодий, рассчитывать логистику (на базе расстояния от полей до трасс, населенных пунктов).*

Электронная карта поля базируется на точных данных: площади полей, расстоянии дорог, населенных пунктов и позволяет рассчитывать площади и расстояния онлайн с точностью до сантиметров, обладая данным инструментом, Вы сможете:

- определять ресурсный потенциал земель хозяйств, с помощью этого можно точно планировать объемы собранного урожая;
- точно рассчитать нормы расхода техникой ГСМ в зависимости от площади и отдаленности;
- нормы внесения удобрений и СЗР в зависимости от площади;
- точно подсчитать нужное количество семенного материала и выявить факты его нерационального использования (возможно привести примеры, согласно которым выявлялись факторы кражи или нерационального использования);
- осуществлять мониторинг техники и определять не только расход топлива, но и эффективное использование рабочего времени и др.;
- прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур;

Вести «паспорта» сельскохозяйственных угодий за неограниченный промежуток времени и по разным показателям это необходимо для:

- мониторинга изменения состояния качества полей, с помощью чего можно оценить эффективность принятых решений, выявлять проблемы и отслеживать их прогресс – это служит инструментом формирования статистических справок и отчетов;

- становится возможным проводить агрохимическое обследование полей и вносить дополнительную информацию (карты содержания основных элементов N, P, K, Ca, Mg, S, Ph, гумус) о поле в существующую базу данных [26–30];

- оптимизировать производство с целью получения максимального дохода, а также рационального использования ресурсов.

2. *Оценить объем работ и их качество. Оперативно реагировать на качество работы механизаторов путем мониторинга путей прохождения техники на поле.*

3. *Выявлять и анализировать случаи кражи, порчи урожая и последствий различных неблагоприятных погодных условий (площади полеглости посевов, вымерзших участков посевов, стадии созревания, засоренность полей).*

4. *Планировать прокладки дренажных систем.*

5. *Определять рельеф местности.*

#### **Мультиспектральная съемка БПЛА [17, 18]:**

Использование мультиспектральной съемки в сельском хозяйстве – это новый шаг в развитии сельского хозяйства, данная технология предоставляет фермерам почти мгновенную максимально детальную информацию о том, как себя чувствуют посевы и позволяет осуществлять:

1. *Мониторинг сорной растительности и составление схемы защиты растений на каждое поле.*

2. *Определить индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index – нормализованный вегетационный индекс).*

Как известно, отражение растительного покрова в красной и ближней инфракрасной областях электромагнитного спектра тесно связано с его зеленой фитомассой. Для того, чтобы количественно оценить состояние растительности, широко применяется, так называемый, вегетационный индекс NDVI. Он характеризует также плотность растительности, позволяет растениеводам оценить всхожесть и рост растений, продуктивность угодий. Индекс рассчитывают как разность значений отражения в ближней инфракрасной и красной областях спектра, деленная на их сумму. В результате значения NDVI изменяются в диапазоне от –1 до 1. Для зеленой растительности отражение в красной области всегда меньше, чем в ближней инфракрасной за счет поглощения света хлорофиллом, поэтому значения NDVI для растительности не могут быть меньше 0.



Применение данной технологии поможет:

1. Составлять карты качества почв отдельных полей, ввести дифференциальное внесение СЗР и удобрений в различных частях поля, что позволит значительно сэкономить на внесении удобрений и СЗР, а также не перенасыщать почву.

2. Провести полный анализ условий, которые влияют на рост растительности на данном поле.

3. Выявить с достоверностью 99,9 % контуры состояния сельскохозяйственных растений на поле, которые нуждаются во внесении удобрений.

4. Оптимизировать (сократить) внесение удобрений и работу техники на поле.

5. Вести экологический мониторинг сельскохозяйственных земель.

6. Вести оперативный мониторинг состояния посевов (БПЛА позволяет быстро и эффективно строить карты по всходам).

7. Проводить мониторинг внесения посевного материала и всхожести растений.

8. Проводить наблюдения в течение вегетационного периода растительности.

9. Постоянный мониторинг дает возможность оценить всхожесть культур.

10. Определение степени зрелости.

Выводы:

1. Аэрокосмический мониторинг стал необходимой составляющей современного высокотехнологического менеджмента в любой отрасли народного хозяйства и имеет наиболее перспективное применение в АПК.

2. Каждый из видов аэрокосмического мониторинга имеет свои преимущества и недостатки и необходим в многочисленных сельскохозяйственных работах в составе агроменеджмента.

3. Становится очевидным, что для реализации точного земледелия необходимо создавать современные гибкие кластерные агроструктуры, структуры обеспечения максимальной эффективности агроменеджмента с учетом территориальных, климатических, географических, биологических и экологических особенностей для создания.

4. В условиях растущего населения, дефицита пресной воды и продовольствия у человечества не остается иной альтернативы, как создание точного высокотехнологичного земледелия с применением технологий глобального позиционирования (GPS), географических и информационных систем (GIS), повышение экологичности и эффективности сельскохозяйственных работ.

5. При формировании территориального агрокластера реализуют высокотехнологичные возможности современного агроменеджмента для каждого из участников такой кластерной структуры, многократно воз-

растает возможность формирования отечественного точного земледелия.

6. АПК России содержит целый ряд проблем, решение которых агропредприятиям «одиночкам» практически непосильно. В связи с этим, особую значимость приобретают различные формы интеграции, в том числе формирование агрокластеров [31, 32]. Агрокластер представляет собой ту необходимую структуру, которая кристаллизуется на базе точек роста – крупные и сильные агрокомплексы, привлекающие в свою орбиту менее устойчивые и благополучные фермерские хозяйства.

Безусловно, что в первую очередь, формирование территориальных кластерных структур в АПК определяется фундаментальными предпосылками и инвестиционной привлекательности сельского хозяйства каждой территории (Краснодарский край – лучший регион для растениеводства в России, Воронежская область – крупная область в Черноземье, где есть условия для развития всех самых маргинальных направлений растениеводства и животноводства). Однако, также играет роль и возможность местных крупных инвесторов, например Брянская и Пензенская области. Помимо этого, что характерно для формирования кластерных структур, некоторые регионы попадают в топ благодаря активной работе местных властей над привлечением целевых инвесторов в агросектор – среди таких можно назвать Московскую и Курскую области.

Примером может служить и агропромышленный кластер Кемеровской области: это объединение организаций разных отраслей (сельхозтоваропроизводителей, организаций по переработке и хранению продукции, системы логистических и маркетинговых компаний, предприятий обслуживающих отраслей, инвестиционных центров, научно-образовательных организаций, организаций инфраструктуры и пр.) Целью создания этого кластера послужила возникшая необходимость повышения экономической привлекательности региона, которую рационально было сформировать на базе эффективности производства сельскохозяйственной продукции, повышения ее качества, оперативной переработки и реализации и защиты окружающей среды [33, 34].

Такой современный подход к решению основных проблем обеспечения человечества продовольствием демонстрирует реализацию холистической парадигмы и единственно верного конвергентного, интегрированного подхода к познанию окружающего мира и разумного природопользования, единой сложной живой структурой биосферой Земли.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Якушев, В. В. Точное земледелие: теория и практика / В. В. Якушев. – СПб.: ФГБНУ АФИ, 2016. – 364 с.

2. Точное земледелие (аналитический обзор) / В. П. Якушев [и др.] // *Агрохимический вестник*. – 2001. – № 5. – С. 28–34.
3. Использование ГИС в точном земледелии (аналитический обзор) / В. П. Якушев [и др.] // *Агрохимический вестник*. – 2002. – № 1. – С. 34–39.
4. Оценка технологий точного земледелия: аналитический обзор / В. П. Якушев [и др.] // *Агрохимический вестник*. – 2002. – № 3. – С. 36–40.
5. Темников, В. Н. Государственный мониторинг сельскохозяйственных угодий с использованием ГИС-технологий и ДДЗ / В. Н. Темников // *Агрохимический вестник*. – 2008. – № 6. – С. 23.
6. Лукин, С. В. Применение геоинформационных систем для агроэкологического мониторинга сельскохозяйственных земель / С. В. Лукин, И. Г. Костин, Е. С. Малышева // *Агрохимический вестник*. – 2019. – № 4. – С. 8–13.
7. Навигационные системы в сельском хозяйстве. Координатное земледелие / В. И. Балабанов [и др.]; под общ. ред. проф. В. И. Балабанова. – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013. – 143 с.
8. Тюмаков, А. Ю. Внедрение и освоение технологии точного земледелия в полевом опыте / А. Ю. Тюмаков, У. М. Сабо, А. И. Беленков // *Агрохимический вестник*. – 2014. – № 4. – С. 2–8.
9. Беленков, А. И. Изучение влияния технологии обработки на плодородие дерново-подзолистой почвы в полевом опыте Центра точного земледелия / А. И. Беленков, У. М. Сабо, Н. В. Малахов // *Агрохимический вестник*. – 2016. – № 3. – С. 28–31.
10. Метечко, Л. Б. Введение в экологию аэрокосмической отрасли / Л. Б. Метечко, А. Е. Сорокин, С. В. Новиков. – Калуга: Эйдос, 2016. – 320 с.
11. Бадягин, А. А. Проектирование легких самолетов / А. А. Бадягин, Ф. А. Мухамедов Ф. А. – М.: Машиностроение, 1978. – 206 с.
12. Метечко, Л. Б. Аэрокосмические средства дистанционного зондирования в экологическом мониторинге / Л. Б. Метечко, М. М. Дацюк, С. М. Вострикова, А. Е. Сорокин. – М.: Изд-во МАИ, 2016. – 88 с.
13. Аэрокосмические средства дистанционного зондирования в экологическом мониторинге: / Л. Б. Метечко [и др.]. – М.: Изд-во МАИ, 2016. – 100 с.
14. Сутырина, Е. Н. Дистанционное зондирование земли: учеб. пособие / Е. Н. Сутырина. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. – 165 с.
15. Эффективность применения малых космических аппаратов в социально-экономических и научных целях. Отчет по итогам круглого стола в аналитическом центре Российской Федерации. Информационный бюллетень. – Режим доступа: <http://leaderid.ru/upload/file/get/2973>. – Дата доступа: 11.11.2015.
16. Петрукович, А. А. Малые спутники для космических исследований / А. А. Петрукович, О. В. Никифоров // *Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы*. – 2016. – Т. 3, № 4. – С. 22–31.
17. Железова, С. В. Мониторинг посевов озимой пшеницы с применением беспилотной аэрофотосъемки и оптического датчика GreenSeeker® RT200 / С. В. Железова [и др.] // *Вестник Оренбургского государственного университета*. – 2016. – № 6(194). – С. 56–61.
18. Лубков, А. Н. Государственная программа развития сельского хозяйства на 2013–2020 годы: цели, задачи, механизмы, инструменты / А. Н. Лубков // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих организаций*. – 2011. – № 12. – С. 1–6.
19. Степанов, М. И. Методические аспекты использования ГИС-технологий для обработки материалов агрохимического обследования почв / М. И. Степанов, С. Ю. Есбатырова // *Агрохимический вестник*. – 2009. – № 5. – С. 27–28.
20. Ваулин, А. В. Оптимизация азотного питания ячменя при внедрении точного земледелия / А. В. Ваулин // *Агрохимический вестник*. – 2013. – № 1. – С. 15–16.
21. Особенности азотного питания новых сортов льна-долгунца для задач точного земледелия / И. В. Ушаповский [и др.] // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 1. – С. 22–24.

22. Методические подходы к проведению дифференцированных азотных подкормок с использованием тестовых площадок / Д. А. Матвеевко [и др.] // *Агрохимический вестник*. – 2017. – № 1. – С. 19–24.

23. Генин, В. А. Оценка пространственного варьирования агрохимических показателей на отдельном поле / В. А. Генин, Н. В. Клебанович // *Агрохимический вестник*. – 2018. – № 6. – С. 2–7.

24. Метечко, Л. Б. Кластерная стратегия эконоинновационного развития машиностроительной отрасли / Л. Б. Метечко, А. Е. Сорокин // *СТИН*. – 2017. – № 10. – С. 27–31.

25. Токолова, А. А. Кластеры как форма интеграции агропромышленного комплекса / А. А. Токолова // *Молодой ученый*. – 2016. – № 6–5(110). – С. 135–137.

26. Применение ГИС-технологий при дистанционном мониторинге земель сельскохозяйственного назначения / О. И. Просянникова [и др.] // *Агрохимический вестник*. – 2010. – № 1. – С. 10–11.

27. Просянникова, О. И. Банк данных центра (станции) агрохимической службы / О. И. Просянникова, Ю. А. Королев // *Агрохимический вестник*. – 2010. – № 5. – С. 7–8.

УДК 631.4

## АЗОТ И ЕГО ФОРМЫ В ПОЧВАХ СТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ МИНУСИНСКИХ КОТЛОВИН

В. З. СПИРИНА, канд. биол. наук, доцент

Национальный Исследовательский Томский государственный университет,  
г. Томск, Российская Федерация

*Максимальное количество азота и гумуса содержится в черноземах на бурых и аллювиальных суглинках, меньше азота в почвах на девонских породах. Черноземы на лессовидных суглинках богаче минеральными и легкогидролизруемыми формами азота.*

**Ключевые слова:** черноземы, породы, гумус, азот, аммоний, нитрат.

Глобальные изменения климатических условий, постоянно усиливающееся антропогенное воздействие на биосферу, и в первую очередь на почвенный покров, как компонент наземных биоценозов, создают экологические проблемы и влияют на устойчивость экосистем.

Степные ландшафты, преобладающие на территории Минусинских котловин, подвержены интенсивному воздействию эрозионных процессов, которые нарушают естественную цикличность почвообразования, постепенно происходит трансформация свойств почв [3], что приводит к снижению почвенного плодородия. Первостепенное значение в генезисе и формировании основных свойств почв имеет органическое вещество, как одно из ее важных компонентов, влияние которого особенно ярко проявляется в экстремальных условиях. В почве постоянно идет распад и синтез органических, минеральных и органоминеральных соединений.

Роль азота в питании растений связана со многими процессами образования органических веществ и имеет большое значение при оцен-

ке плодородия почв. Соотношение форм азота в почвах зависит от скорости мобилизации азота гумусовых веществ и превращения его в усвояемые для растений соединения. В связи с этим большое теоретическое и практическое значение приобретает изучение форм и фракций азота, имеющих различную агрономическую ценность.

*Цель исследования* – изучить содержание азота и его форм в агрогенных черноземах, формирующихся на разных породах.

*Объектом исследования* послужили обыкновенные и южные черноземы (постлитогенные аккумулятивно-гумусовые дисперсно-карбонатные), которые являются преобладающими в степных ландшафтах межгорных котловин Минусинской впадины.

Для определения химических и физико-химических свойств черноземов использовались общепринятые в почвоведении методы.

*Результаты исследований.* Черноземы сформировались на покровных четвертичных суглинках (лессовидных, бурых делювиальных и аллювиальных), на древних (девонских) красноцветных, пестроцветных суглинистых отложениях и толще галечников, покрытых плащом суглинков. Особенности условий почвообразования степных ландшафтов котловин связаны с географическим положением впадины, что обуславливает наличие резко континентального климата. Почвенный покров степей довольно пестрый, что обусловлено сложным кустово-холмистым, холмисто-сопочным, сильно расчлененным рельефом, щебнистостью разнообразных почвообразующих пород. Большинство обыкновенных и южных черноземов относятся к средне- и маломощным видам. Среднемощные обыкновенные черноземы (45–60 см) являются наиболее распространенными. Для них характерно наличие языков и карманов у нижней границы гумусового горизонта, отсутствие резко выраженного карбонатно-иллювиального горизонта, вскипание отмечается с 40–60 см. Южные черноземы отличаются меньшей мощностью гумусового горизонта (34–40 см) и относятся к маломощным и среднемощным видам. Они вскипают с поверхности и имеют четко выраженный карбонатно-иллювиальный горизонт.

Черноземы по гранулометрическому составу являются легко-, средне- и тяжелосуглинистыми разновидностями. Обыкновенные черноземы чаще всего среднесуглинистые с преобладанием крупной пыли (29–55 %) и илестых частиц (23–34 %). Маломощные виды южных черноземов легкосуглинистые с большим содержанием песчаных частиц (до 65 %) и незначительным количеством ила (до 1 %). В средне- и тяжелосуглинистых (встречаются реже) разновидностях южных черноземов преобладают фракции ила (23–34 %) и мелкого песка (22–25 %). В профиле южных черноземов крупной пыли содержится

немного (4–16 %). Распределение гранулометрических частиц по профилю черноземов неравномерное, что обусловлено неоднородностью почвообразующих пород. Южные черноземы более карбонатные (2–10 %) по сравнению с обыкновенными (0,5–7 %). Реакция среды в бескарбонатной части обыкновенных черноземов нейтральная или близка к нейтральной, с глубиной изменяется на щелочную (рН 8,2). У южных черноземов по всему профилю реакция среды слабощелочная или щелочная (рН 7,8–8,8). Основная часть почвенного поглощающего комплекса черноземов занята ионами кальция и магния. Сумма поглощенных катионов в пахотных горизонтах составляет 38–41 мг-экв/100 г почвы. В составе ППК преобладает кальций, в верхнем горизонте его содержится 35–38 мг-экв/100 г почвы. Величина поглощенного магния в верхних горизонтах черноземов составляет 7–9 мг-экв/100 г почвы и значительно повышается в нижней части почвенного профиля у южных черноземов. Содержание гумуса в почвах зависит, прежде всего, от количества поступающих органических остатков. Некоторые исследователи [1] считают, что гумусовое состояние почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, определяется в первую очередь особенностями хозяйственной деятельности человека. По содержанию гумуса черноземы относятся к средне- и малогумусным видам и характеризуются резким снижением с глубиной. Аккумуляция гумуса происходит в небольшой толще, что связано с биоклиматическими условиями. Среднегумусные виды обыкновенных черноземов на лессовидных, аллювиальных и бурых суглинках содержат 6,9–8,5 % гумуса, и в его распределении наблюдается менее резкое снижение с глубиной, по сравнению с южными черноземами. Малогумусные обыкновенные черноземы формируются чаще на девонских суглинистых породах и содержат 4,5–4,8 % гумуса. Южные черноземы чаще всего являются слабогумусированными и относятся к малогумусным видам (3,9–4,2 %). Более полная характеристика черноземов, приводится в ранее опубликованных работах автора [4].

Содержание валового азота в черноземах колеблется от 0,18 % до 0,45 %. Максимальная величина азота, как и гумуса, характерна для обыкновенных черноземов, развитых на бурых и аллювиальных суглинках, минимальная – на породах девона. Южные черноземы азота содержат меньше – 0,23–0,34 %. Распределение азота в профиле почв аналогично распределению гумуса. Величина отношения C/N в верхних горизонтах почв небольшая (10,6–11,8). Содержание общего азота характеризует лишь потенциальные возможности азотного режима почв. Основная часть азота в черноземах представлена органическими соединениями, и только небольшое количество составляют минераль-

ные формы. Соотношение форм азота в почвах обуславливается соотношением групп гумусовых веществ. Значение различных азотистых соединений в формировании азотного режима почв неодинаково, поэтому эффективное плодородие почв определяется не валовым содержанием, а его подвижными формами.

Основная часть азота в черноземах представлена стойкими фракциями органических соединений (94,5–99,8 %), которые входят в состав гумуса, и только 0,39–1,91% от общего азота составляют минеральные формы. Больше органического азота содержат обыкновенные черноземы. Рассматриваемые почвы отличаются значительным закреплением азота в гетероциклическом ядре гумусовых кислот, поэтому большая его часть сосредоточена в трудногидролизующихся и негидролизующихся соединениях. Этот азот многие исследователи относят к «мертвому» запасу, не имеющему агротехнического значения. Практически во всех почвах в верхних горизонтах отмечается наибольшее количество негидролизующего азота, но особенно в черноземах на бурых (74,5–76,7 % от валового) и аллювиальных (74,2–75,9 % от валового) суглинках. Возможно, это связано с большей битумизацией органического вещества в данных почвах и с понижением скорости мобилизационных процессов. Самое низкое, как абсолютное, так и относительное, содержание негидролизующего и трудногидролизующего азота, характерно для почв, развитых на лессовидных и девонских суглинках. Наибольшее абсолютное количество трудногидролизующей фракции азота отмечается в черноземах на бурых и аллювиальных суглинках, для которых характерно, как отмечено ранее, максимальное содержание гумуса и азота. Гидролизующиеся соединения азота, состоящие из легкогидролизующихся и трудногидролизующихся фракций, характеризуют потенциальные запасы азота в почвах, которые могут служить источником его минеральных форм. Трудногидролизующиеся фракции в составе гидролизующихся преобладают, их величина составляет 21,9–25,5 % от валового. Легкогидролизующего азота содержится намного меньше (2,2–3,2 % от валового). В черноземах на лессовидных суглинках с благоприятными воздушными и водными свойствами легкогидролизующего азота содержится больше (2,8–3,7 % от валового), в то время как на девонских породах – меньше.

При оценке азотного состояния почв наибольший интерес представляет минеральный азот. Эта форма азота является наиболее доступным и непосредственным источником минерального питания для растений. Минеральный азот в валовом содержании во всех исследованных черноземах составляет небольшую часть (0,8–1,4 % от валового), особенно в южном подтипе, что свидетельствует о слабой минера-

лизации органического вещества данных почв. Несколько большим содержанием минерального азота выделяются черноземы на лессовидных суглинках, что обусловлено благоприятными условиями для минерализации. У всех почв в составе минеральных соединений прослеживается четкая закономерность преобладания аммиачного азота, что, вероятно, связано с более интенсивным потреблением растениями нитратной формы. В гумусовых горизонтах аммиачного азота содержится 2,16–2,83 мг/100 г почвы. Нитратной формы азота в черноземах накапливается немного – 1,43–1,88 мг/100 г почвы, что в 1,5–2 раза меньше, чем аммиачной. Невысокое содержание аммиачного и нитратного азота в почвах, возможно, связано с изменяющейся интенсивностью процессов аммонификации и нитрификации, а также за счет усвоения растениями нитратов [2]. Существенных различий в накоплении той или иной формы минерального азота в обыкновенных и южных черноземах, развитых на разных породах, не выявлено.

Таким образом, полученные результаты фракционного состава азота черноземов степных ландшафтов Минусинских котловин позволяют отметить низкую интенсивность минерализации органического вещества, что обусловило большее содержание трудногидролизуемых и негидролизуемых форм азота, по сравнению с аналогичными почвами других регионов. Короткий период оптимальных условий температуры и влажности сдерживает процессы минерализации органического вещества и накопления минеральных форм азота в почве. Черноземы на лессовидных суглинках имеют более благоприятные условия для минерализации органики, поэтому содержат больше минеральных и легкогидролизуемых форм этого элемента. Результаты исследования почв могут использоваться для разработки системы ведения хозяйств в данных условиях и научно обосновать различные подходы к рациональному использованию приемов по улучшению азотного состояния черноземов степных ландшафтов данного региона.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев, В. Б. Содержание подвижных гумусовых веществ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в зависимости от ее гумусированности и доз азотного удобрения / В. Б. Воробьев // Вестник БГСХА. – 2020. – № 4. – С. 73–76.
2. Гамзиков, Г. П. Агрохимия азота лугово-черноземных почв Сибири / Г. П. Гамзиков // Почвоведение. – 2004. – № 1. – С. 82–91.
3. Каллас, Е. В. Свойства степных почв Средней Сибири и проблема их деградации / Е. В. Каллас, Т. П. Соловьева // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 3 (178). – С. 164–170.
4. Спирина, В. З. Генетико-мелиоративное состояние черноземов Хакасии: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В. З. Спирина. – Новосибирск, 1989. – 17 с.



## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ КАМЕННОЙ СТЕПИ ПОД РАЗЛИЧНЫМИ БИОЦЕНОЗАМИ

Л. Д. СТАХУРЛОВА, канд. биол. наук, доцент,  
А. Ю. БОНДАРЕВА, бакалавр,  
Г. В. ФРОЛКИН, бакалавр

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,  
г. Воронеж, Российская Федерация

*Черноземные почвы Каменной степи в условиях залежь-лесополоса-пашня характеризуются достаточно высоким уровнем потенциального плодородия. Распашка почв приводит к снижению содержания гумуса, заметно падает активность гидролаз и целлюлаз, повышается фитотоксичность почвы.*

**Ключевые слова:** *каменно-степной стационар, черноземные почвы, гумус, ППК, ферменты, фитотоксичность.*

Важной задачей современности является выявление наиболее оптимальных взаимоотношений природы и человека, предусматривающих сохранение и воспроизводство почвенного плодородия. Агроэкологическая характеристика и оценка почв и земель является важным фактором сохранения экологического равновесия естественных и нарушенных биоценозов, позволяет научно обоснованно использовать каждую агроэкологическую группу почв с учетом климатических, литологических, геоморфологических и почвенных условий. Каменная степь – один из уникальных объектов. Здесь проверялись наиболее важные идеи комплексного воздействия человека на природный ландшафт с целью определения рациональных вариантов ведения сельскохозяйственного производства в степной зоне. Основными почвами стационара считали черноземы обыкновенные. Однако, преобразование степного ландшафта в агролесоландшафты в течение XX века спровоцировало антропогенную трансформацию свойств черноземов, особенно под пашней [4]. В настоящее время большая часть территории Каменной степи представлена лугово-черноземными почвами тучными и среднегумусными тяжелосуглинистыми на оглеенных карбонатных глинах и суглинках.

Целью настоящих исследований была оценка экологического состояния почв стационара под различными биоценозами.

Объектом служили лугово-черноземные почвы в системе косая залежь – лесополоса (1898 г. закладки) – пашня (с 1960 г.). Основные показатели плодородия лугово-черноземных почв (содержание гумуса, состояние почвенно-поглощающего комплекса, кислотность) определяли общепринятыми методами [1]. Активность ферментов, методами, предложенными Ф. Х. Хазиевым [3]. Скорость разложения целлюлозы

оценивали аппликационным методом, основанным на учете веса заложенной в естественную почву льняного полотна. Фитотоксичность почв определяли методом биотеста и выражали в процентах ингибирования всхожести семян и роста корней проростков тест-культуры. В качестве тест-объекта использовали семена кресс-салата [2].

Лугово-черноземные почвы под различными биоценозами характеризуются как среднегумусные. Количество гумуса по вариантам наблюдений изменялось от 7,3 % до 8,44 %. В почву залежи ежегодно поступает большое количество растительных остатков, являющихся основным источником специфических органических веществ, именно здесь зафиксировано наибольшее содержание гумуса – 8,44 % в слое 0–10 см. Вниз по профилю количество гумуса постепенно снижается и на глубине 50–60 см составляет более 2 %. Смена фитоценоза после закладки лесополос практически не повлияла на содержание гумуса, его количество в слое 0–10 см мало отличалось от почвы залежи и составило 8,25 %. Снижение гумуса с глубиной под лесополосой идет более медленными темпами, чем под залежью и на глубине 50–60 см составляет около 4,0 %, что может быть связано с особенностями биологического фактора почвообразования и усилением миграционных процессов гумусовых веществ в профиле данных почв в результате нарастания гумидности [4]. В почве пашни, используемой более 60 лет количество гумуса, по сравнению с залежью, снизилось на 14 %, а по сравнению с почвой лесополосы на 12 % и в абсолютных величинах составило 7,3 %. Математическая обработка результатов исследований проведенная Ю. И. Чеве́рдиным показала, что наибольшие потери гумуса обнаруживаются в первые годы распашки целины, затем темпы потерь снижаются и стабилизируются, и к 2050 г. лугово-черноземные почвы Каменно-степного стационара будут также характеризоваться как среднегумусные [4].

Анализируемые почвы имеют высокую степень обеспеченности обменными основаниями кальция и магния. Их сумма в слое почвы 0–10 см косимой залежи составила 58,02 ммоль(экв)/100 г почвы, количество магния было в 6 раз меньше и составило 9,94 ммоль(экв)/100 г почвы. Вниз по профилю наблюдается закономерное снижение как кальция, так и магния. В почвах под лесополосой и пашней не обнаружено существенных различий в содержании вышеназванных катионов, что свидетельствует о высокой степени устойчивости черноземных почв к смене фитоценозов и в целом к антропогенному воздействию.

Верхние слои почвы косимой залежи и лесополосы характеризуются нейтральной реакцией среды –  $pH_{\text{вод}}$  вытяжки составляет около 7 ед., что является оптимальным для всех процессов, протекающих в почве, и благоприятно сказывается на росте и развитии растений [5]. В результате длительного сельскохозяйственного использования луго-

во-черноземных почв  $pH_{\text{вод}}$  практически не изменился. Вниз по профилю абсолютная величина  $pH$  увеличивается, что объясняется генезисом степных почв. Ни в одном из почвенных образцов гидролитическая кислотность заметно не превышала 2 ммоль(экв)/100 г почвы, что согласуется с литературными данными,

Биохимическая активность почвы характеризует размеры и направление процессов превращения веществ и энергии в экосистемах. Поэтому, этот показатель имеет для оценки экологического состояния почвенного покрова не меньшее значение, чем химический состав и физические свойства почвы.

Объективную характеристику ферментативной активности почвы дает изучение гидролитических ферментов таких как протеаза и уреазы, поскольку их активность характеризует азотмобилизационный эффект экзогенных азоторганических соединений в почве [3, 5]. Исследования показали высокую степень метаболизма органических соединений поступающих в почву косимой залежи. Активность протеазы в верхних 0–10 и 10–20 см слоях превышала 1,5 мг тирозина/1 почвы. Под лесополосой и пашней отмечено заметное снижение каталитических процессов азотсодержащих компонентов, в среднем в 1,5 раза. Вниз по профилю активность фермента снижается; постепенно под лесополосой и пашней до глубины 40 см и резко – под косимой залежью. По всей видимости, это связано с большей биогенностью верхних слоев почв залежи.

Процессы протеолиза и аммонификации осуществляются последовательно, таким образом, активность протеаз и уреаз должна быть взаимосвязанной. Наибольшая активность уреазы выявлена в почвах залежного участка – 0,63 мг  $NH_3$ /г почвы. В почвах лесополосы и пашни активность фермента в среднем снижается на 30 % в слое 0–20 см.

Из всех органических соединений в природе наибольшее распространение имеет целлюлоза. Активность разложения целлюлозы, поступающей в почву с растительным опадом, зависит от численности, состава и активности микрофлоры, и регулируется, главным образом, составом растительных остатков, содержанием азота и влажностью почвы [5]. В этой связи, активность целлюлаз целесообразно определять в верхнем 0–20 см слое почвы, отличающимся от нижележащих значительным количеством энергетического субстрата. Лугово-черноземные почвы Каменной степи характеризуются средним уровнем разложения целлюлозы. Согласно оценочной шкале Д. Г. Звягинцева степень ее разложения немного превышает 30 %. В почвах залежи и лесополосы активность целлюлаз практически была на одном уровне. По всей видимости, состав растительного опада не оказал влияния на скорость разложения клетчатки. Распашка лугово-черноземных почв способствовала заметному уменьшению целлюлозоразлагающей активности, что объясняется нали-

нием небольшого количества энергетического субстрата в окультуренных почвах. Скорость разложения клетчатки в почвах пашни снижается до слабой степени и в среднем падает в 1,6 раза.

Неравномерность распределения показателей биохимической активности почв обуславливается гетерогенностью химических компонентов и неравномерностью их пространственного распределения. Наиболее «чувствительными» ферментами, заметно снижающими свою активность в условиях длительной агрогенной нагрузки были уреазы и целлюлазы что в целом не противоречит результатам, полученным другими исследователями.

Биоэкологическое изменение структуры микробоценоза способствует преимущественному развитию ассоциаций микроорганизмов, неспособных в полной мере утилизировать продукты трансформации корневых выделений и аллелопатические вещества, освобождающиеся почвенной микрофлорой из пожнивно-корневых остатков в силу пониженной ферментативной активности и появления видов, продуцирующих фитопатогены [2, 5].

Фитотоксические свойства лугово-черноземных почв не проявлялись на залежном участке и под лесополосой. Всхожесть семян была высокой, проростки крепкие, но под лесополосой интенсивность прорастания семян и длина проростков была на 78 % выше залежи. В образцах почвы пашни выявлен резкий рост фитотоксикоза, в среднем более чем в 3 раза, как показали исследования, проведенные ранее, это связано с развитием микробного токсикоза. В почвах пашни изменяется структура микробного сообщества, повышается плотность токсигенных видов грибов [2]. Согласно шкале, Х. Х. Трасса, уровень токсичности почвы пашни соответствует слабому уровню загрязнения. Длина проростков кресс-салата на окультуренных почвах была в 1,5 раза меньше, чем на залежи и в 2,5 раза, чем под лесополосой.

Таким образом, лучшие условия для роста и развития растений отмечены под лесополосой, далее под залежью. Длительное использование лугово-черноземных почв в пашне способствовало развитию «почвоутомления» в результате повышения токсичности почвы, вызванной изменением структуры микробного комплекса. В целом, обследованные черноземные почвы Каменно-степного стационара характеризуются как высоко плодородные. Их агроэкологическое состояние можно считать удовлетворительным. Полученные результаты исследований могут быть использованы службой экологического мониторинга почв для прогнозирования состояния почвенного покрова степной зоны.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьева, Л. А. Химический анализ почв / Л. А. Воробьева. – М.: МГУ, 1998. – 272 с.

2. Стахурлова, Л. Д. Биологическая активность как индикатор плодородия черноземов в различных биоценозах / Л. Д. Стахурлова, И. Д. Свистова, Д. И. Щеглов // Почвоведение. – 2007. – № 6. – С. 769–774.

3. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М.: Изд-во Наука, 2005. – 334 с.

4. Чевердин, Ю. И. Закономерности изменения свойств почв юго-востока Центрального Черноземья под влиянием антропогенного воздействия: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Ю. И. Чевердин. – Воронеж, 2009. – 42 с.

5. Щербаков, А. П. Биодинамика черноземов ЦЧП / А. П. Щербаков, Т. А. Деятова, Л. Д. Стахурлова // Антропогенная эволюция черноземов. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2000. – С. 120–144.

УДК 631.95:504.05:631.445

## **АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Н. М. ТРОЦ, д-р с.-х. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет»,

О. В. ГОРШКОВА, канд. с.-х. наук  
АО «ВолгоНИИгипрозем»,

Л. В. ТРОЦ, студентка  
ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России,  
г. Самара, Российская Федерация

*В статье представлены данные комплексного агрохимического обследования территории степной зоне Заволжской почвенной провинции на площади 180 м<sup>2</sup> подвергшейся загрязнению пластовыми водами в результате прорыва нефтепровода. Установлено, что в результате воздействия пластовых вод произошли процессы засоления и осолонцевания почвы.*

***Ключевые слова:** почвы, пластовые воды, засоление, рекультивация.*

Пластовые воды насыщены легкорастворимыми солями, отрицательно влияющими на агрохимические свойства почвы и способствующие замедлению роста и развития сельскохозяйственных растений [1, 2, 3].

Цель работы – разработка комплекса мероприятий по восстановлению загрязненных пластовыми водами черноземов для создания благоприятных почвенных условий роста и развития растений.

Почвенный покров исследований представлен обыкновенными черноземами. В табл. 1 представлена фоновая характеристика почв по содержанию гумуса, мощности гумусового горизонта, рН солевой вытяжки, механическому составу, содержанию фосфора и обменного калия.

Основным интегральным показателем оценки плодородия почв является балл бонитета почв, показатель которого для исследуемого

участка составлял 78. Количество гумуса в малогумусном черноземе 4,9 %. Мощность гумусового горизонта среднемошного чернозема – 49 см. Обеспеченность почв подвижным фосфором низкая (41 мг/кг почвы), обменным калием – средняя 54 мг/кг почвы.

В результате аварийного порыва трубопровода произошло загрязнение пластовыми водами почвенно-растительного покрова участка. Причина этого процесса разлив засоленных вод, залегающих в одних и тех же пластах, что и нефть как следствие неисправности в проводящей системе трубопроводов.

Таблица 1. **Фоновые агрохимические показатели чернозема обыкновенного карбонатный малогумусный среднемошный слабосмытый легкоглинистый**

Балл бонитета	Содержание гумуса, %	Мощность гумусового горизонта, см	Подвижные формы, мг/кг	
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
78	4,9	49	41	54

Было проведено почвенно-мелиоративное обследование загрязненных и нарушенных земель в масштабе 1:1000 на общей площади 0,02 га, на всей площади отмечено засоление пластовыми водами

По результатам агрохимических анализов наблюдается снижение гумуса до 2,2 %. Содержание обменного натрия в образцах колеблется от нормального (2,7–8,3 ммоль/100 г почвы) до высокого (14,6–17,35 Тммоль/100 г почвы), рН в водной вытяжке сильно щелочная, (8,59,2), что свидетельствует о засолении и осолонцевании почвы.

Химизм и степень засоления почв определялись по данным анализа водной вытяжки. В почве на участке в формировании солевого режима принимают участие анионы – Cl, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, и катионы – Na<sup>+</sup>. Тип засоления – сульфатный, сульфатного аниона содержится больше остальных, следовательно, в большей степени на исследуемом участке, играет роль соль – Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. При длительном испытании почвы наличием данных солей происходит процесс осолонцевания [4].

Для восстановления утраченного плодородия разработан комплекс химических и фитомелиоративных мероприятий на площади 0,02 га:

- химическая очистка загрязненных участков – рассолонцевание гипсом.

- внесение органических и минеральных удобрений;

- комплекс агротехнических мероприятий для ускорения процесса выветривания, испарения и частичного разрушения нефтяных компонентов на поверхности почвы, а также для улучшения воздухо- и влагопроницаемости почв;

- посев многолетних солеустойчивых трав. Определены площади гипсования и нормы внесения гипса (табл. 2).

Таблица 2. Показатели проведения гипсования почв, подвергшихся засолению пластовыми водами

Сроки внесения гипса	Норма внесения гипса, т/га	Потребность в гипсе, т
Осенью под вспашку	28,7	0,57
Весной под культивацию	14,3	0,29
Итого...	43,0	0,86

Для расчета потребности гипса использовалась средневзвешенная величина обменного натрия. Средневзвешенная величина обменного натрия 16,0 мг-экв на 100 г почвы, что составляет 38,0 % от емкости поглощения 42,0 мг-экв на 100 г почвы;

– мощность мелиорируемого слоя 30 см,

– плотность сложения 1,2 г/см<sup>3</sup>.

$$Г = 0,086 \cdot (16 - 0,05 \cdot 42,0) \cdot 30 \cdot 1,2.$$

Рассчитанная доза гипса составляет 42,0 т/га. Способ внесения гипса определен следующим образом: первоначально 2/3 рассчитанной нормы гипса вносят осенью под вспашку и 1/3 – весной следующего года под культивацию.

На основании проведенных исследований определена потребность рекультивируемых почв в органических и минеральных удобрениях, семенах многолетних трав (табл. 3).

Таблица 3. Расчетные показатели потребности почв в рекультивации

Норма внесения и высева					Потребность				
Органические удобрения, т/га	Минеральные удобрения, ц/га	Семена многолетних трав, кг/га			Органические удобрения, т	Минеральные удобрения, ц	Семена многолетних трав, кг		
		Аммофос	Житняк	Пырей			Донник	Аммофос	Житняк
$\frac{200}{100}$	4,5	$\frac{10}{5}$	$\frac{9}{4,5}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{4}{2}$	0,09	$\frac{0,2}{0,1}$	$\frac{0,18}{0,09}$	$\frac{0,16}{0,08}$
–	–	–	–	–	6	0,09	0,3	0,27	0,24

*Рекомендации.* Внесение органических удобрений осенью под вспашку. На участке площадью 0,02 га принята повышенная норма внесения органических удобрений – 300 т/га. Органические удобрения вносятся одновременно с гипсом, осенью под вспашку 2/3 от общего количества (200 т/га). После внесения органических удобрений и гипса

производится плантажная вспашка с оборотом пласта на глубину до 40 см на всей площади рекультивируемых земель (0,02 га).

Весной для сохранения влаги в почве проводится ранневесеннее боронование в 2 следа на площади 0,02 га.

После проведения боронования на площади 0,02 га вносятся органические удобрения в количестве 100 т/га (1/3 от общего количества) вместе с гипсом. После чего производится сплошная культивация почвы в двух направлениях на всей площади рекультивируемых земель.

Летом перед посевом трав на площади производится предпосевное боронование почвы в двух направлениях и внесение минеральных удобрений. В качестве минерального удобрения предлагается использовать аммофос, в составе которого содержится 11–12 % азота, 46–60 % фосфора, в количестве 4,5 ц/га. Во второй половине лета (июль) производится посев семян многолетних трав с прикатыванием почвы до и после посева.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гилязов, М. Ю. Нефтезагрязненные почвы Республики Татарстан и приемы их рекультивации / М. Ю. Гилязов, А. Х. Яппаров, И. А. Гайсин. – Казань: Центр инновационных технологий, 2009. – 244 с.
2. Рекультивация нефтезагрязненных черноземов Среднего Поволжья / О. В. Горшкова [и др.]. – Кинель: РИО Самарского ГАУ, 2020. – 149 с.
3. Троц, Н. М. Оценка состояния земель сельскохозяйственного назначения Самарской области, находящихся в зоне нефтедобычи / Н. М. Троц, О. В. Горшкова // Аграрная Россия. – 2018. – № 4. – С. 10–13.
4. Самтанова, Д. Э. Мониторинг содержания хлорид-ионов и сульфат-ионов в пластовых водах нефтяных месторождений Северо-западного Прикаспия Д. Э. Самтанова. – Элиста: ФГБОУ ВПО «Калмыцкий государственный университет», 2013. – 462 с.

УДК 502/504

### **ИЗМЕНЕНИЕ ПРОТЕОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ТЕХНОГЕННО-НАРУШЕННЫХ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ПРИ ВНЕСЕНИИ ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ**

А. С. ЧЕРДАКОВА, канд. биол. наук,  
С. В. ГАЛЬЧЕНКО, канд. биол. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет им. С. А. Есенина»,  
г. Рязань, Российская Федерация

*В статье изложены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния гуминовых препаратов, полученных из различного сырья и по различным технологиям, на протеолитическую активность серых лесных почв, загрязненных тяжелыми металлами и радионуклидами. Установлено, что гуминовые препараты, полученные с*



*использованием различных технологий, оказывают неодинаковое воздействие на протеолитическую активность техногенно-нарушенной серой лесной почвы.*

**Ключевые слова:** гуминовые препараты, техногенно-нарушенные почвы, серые лесные почвы, протеолитическая активность почвы, тяжелые металлы, радионуклиды.

Современные почвы подвержены постоянно возрастающему техногенному воздействию, что приводит к их деградации и загрязнению различными токсикантами, среди которых наиболее опасными являются тяжелые металлы и радионуклиды. Данные поллютанты вызывают целый ряд негативных изменений всех свойств почвы, значительно снижают ее биологическую активность, нарушая тем самым процессы сбалансированного функционирования и способности к самоочищению.

Гидролитическое расщепление белков и полипептидов, поступающих в почву с растительным и животным опадом, продуктами жизнедеятельности живых организмов, является важным условием как самого процесса почвообразования, так и поддержания способности почвы к самоочищению. Деятельность почвенных протеаз, катализирующих сложнейшие процессы трансформации азотосодержащих соединений обуславливают ее протеолитическую активность.

В условиях техногенного стресса может нарушаться естественный ход почвенно-биологических процессов [5]. Ввиду чего возникает необходимость научного поиска высокоэффективных и экологически безопасных способов повышения биологической активности почвы при высоких антропогенных нагрузках. В данном аспекте весьма перспективны экологически безопасные природные соединения на основе гуминовых веществ – гуминовые препараты (ГП), способные положительно влиять на все свойства почвы. Кроме того, ГП, являются биологически активными веществами и существенно повышают активность почвенного микробиоценоза, стимулируя, тем самым, процессы биодеструкции различных загрязнителей [3, 4].

Целью исследований являлась оценка влияния гуминовых препаратов, полученных с применением различных технологий, на протеолитическую активность серой лесной почвы в условиях техногенного загрязнения.

В ходе исследований использовались ГП, полученные из разного сырья (торф, биогумус, торф с добавлением различных силикатных модулей) и по различным технологиям (табл. 1).

Таблица 1. Гуминовые препараты, применяемые в ходе исследований

№ п/п	Название препарата	Сырье для получения препарата	Технология получения	pH, ед. pH	Сумма гуминовых и фульвокислот, г/л
1	Гумат калия*	торф	щелочная экстракция	8,5	20,0
2	Биогумат*	биогулумус		9,0	25,5
3	Гумат-КР*	торф с добавлением различных силикатных модулей		9,0	25,5
4	«Эдал-КС»**	торф		8,0	26,0
5	«Питер-Пит»**	торф	сочетание щелочной экстракции и ультразвуковой кавитации	7,5	40,0
6	Гумат-УК*	торф	ультразвуковая кавитация	7,0	65,0

\* Препараты, полученные нами с использованием технологической линии ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ; \*\* товарные гуминовые препараты.

Как видно из приведенных в таблице данных, экспериментальные ГП существенно отличались друг от друга по содержанию активного компонента – гуминовых и фульвокислот, а также по реакции среды. Так, препараты, полученные с применением технологии ультразвуковой кавитации, характеризовались нейтральной реакцией среды и более высоким содержанием гуминовых и фульвокислот по сравнению с щелочно-экстрагируемыми препаратами.

Оценка влияния указанных ГП на протеолитическую активность техногенно-нарушенной серой лесной почвы проводилась в условиях модельных вегетационных экспериментов. В первом из них была смоделирована третья категория загрязнения (по суммарному индексу загрязнения – Zc) серой лесной почвы тяжелыми металлами (цинк, свинец, кадмий, медь) – «опасная», путем внесения в вегетационные сосуды с серой лесной почвой их водорастворимых солей:  $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Во втором эксперименте использовалась загрязненная изотопом цезия-137 серая лесная почва (с удельной эффективной активностью цезия-137 – 116 Бк/кг). В вегетационные сосуды вносились исследуемые ГП в виде 0,01 % и 0,02 % водных растворов. Контролем в опыте служили почвенные образцы серой лесной почвы, загрязненной в первом эксперименте тяжелыми металлами, во втором – цезием-137, без внесения ГП.

Активность протеолитического комплекса почвы изучалась аппликационным методом, и оценивалась по степени разложения желатины эмульсионного слоя рентгеновской пленки [1]. Повторность на всех вариантах четырехкратная.

Результаты, проведенных экспериментальных исследований показали, что внесение ГП в загрязненную тяжелыми металлами почву существенным образом не повлияло на ее протеолитическую активность. Данный факт, вероятно обусловлен тем, что тяжелые металлы в столь высоких концентрациях значительно ингибируют действие почвенных протеаз и по этой причине большинство ГП не оказывает существенного влияния на протеолиз. Кроме того, согласно приводящимся в научной литературе данным, образующиеся при взаимодействии тяжелых металлов с гумусовыми веществами металл-органические комплексы могут ингибировать активность ряда протеаз [2]. Механизм данного эффекта еще не до конца изучен, но некоторые исследователи предполагают, что причина кроется в образовании разнолигандных комплексов, где ион металла выступает в роли «скрепки» между макромолекулами гуминовых кислот и белковой глобулы [5].

Однако внесение любых из исследуемых ГП в загрязненную радионуклидами серую лесную почву способствует повышению ее протеолитической активности от 3 % до 31 % в зависимости от дозы и вида препарата (табл. 2).

Таблица 2. Степень разрушения желатины эмульсионного слоя рентгеновской пленки в опыте, %

Название препарата	Степень разрушения желатины эмульсионного слоя рентгеновской пленки, %	Отклонение от контроля, %
1	2	3
Контроль: С/л почва, загрязненная <i>Cs-137</i>	68,8 ± 1,0	–
С/л почва, загрязненная <i>Cs-137</i> + 0,01 % р-р «Гумат-КР»	71,0 ± 1,3	+3,2
С/л почва, загрязненная <i>Cs-137</i> + 0,02 % р-р «Гумат-КР»	82,3 ± 1,5	+19,6
С/л почва, загрязненная <i>Cs-137</i> + 0,01 % р-р «Биогумат»	73,2 ± 1,5	+6,4
С/л почва, загрязненная <i>Cs-137</i> + 0,02 % р-р «Биогумат»	82,0 ± 1,7	+19,2
С/л почва, загрязненная <i>Cs-137</i> + 0,01 % р-р «Гумат калия»	85,5 ± 1,1	+24,3
С/л почва, загрязненная <i>Cs-137</i> + 0,02 % р-р «Гумат калия»	88,3 ± 0,9	+28,3

1	2	3
С/л почва, загрязненная $Cs-137 + 0,01$ % р-р «Эдал-КС»	$86,7 \pm 0,6$	+26,0
С/л почва, загрязненная $Cs-137 + 0,02$ % р-р «Эдал-КС»	$90,7 \pm 1,3$	+31,8
С/л почва, загрязненная $Cs-137 + 0,01$ % р-р «Питер-Пит»	$83,0 \pm 0,9$	+20,6
С/л почва, загрязненная $Cs-137 + 0,02$ % р-р «Питер-Пит»	$89,8 \pm 1,3$	+30,5
С/л почва, загрязненная $Cs-137 + 0,01$ % р-р «Ультрагумат»	$71,0 \pm 0,7$	+3,2
С/л почва, загрязненная $Cs-137 + 0,02$ % р-р «Ультрагумат»	$88,2 \pm 0,5$	+28,2

При этом в отношении всех препаратов прослеживается тенденция нарастания стимулирующего действия на протеолитический комплекс почвы при увеличении дозы вносимого препарат до 0,02 % водного раствора. Наиболее интенсивная стимуляция почвенных протеаз отмечалась под воздействием препаратов «Гумат калия», «Эдал-КС», «Питер-Пит» и «Ультрагумат». Тогда как эффект от внесения в почву «Гумата-КР» и «Биогумата» был не таким выраженным.

Таким образом, гуминовые препараты, полученные с использованием различных технологий, оказывают неодинаковое воздействие на протеолитическую активность техногенно-нарушенной серой лесной почвы. Установлено, что высокое содержание цинка, меди, свинца и кадмия в почве ингибирует интенсивность протеолиза. Внесение ГП в загрязненную радионуклидами почву способствует повышению активности протеаз. Максимальный положительный эффект отмечается при использовании «Гумата-УК», «Питер-Пит», «Эдал-КС» в концентрации 0,02 % раствора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Казеев, К. Ш. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков. – Ростов н/Д, 2003. – 216 с.
2. Кыдралиева, К. А. Эффекты комплексообразования ионов металлов в процессах ингибирования активности некоторых протеолитических ферментов гуминовыми кислотами : автореф. дис. ... канд. хим. наук / К. А. Кыдралиева. – Бишкек, 1992. – 21 с.
3. Гуминовые препараты как экологобезопасные продукты для охраны окружающей среды / И. И. Лиштван [и др.] // Природопользование. – 2011. – № 19. – С. 151–158.
4. Перминова, И. В. Гуминовые вещества в контексте зеленой химии / И. В. Перминова, М. Д. Жилин // Зеленая химия в России. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – С. 146–163.
5. Зеленое удобрение как фактор биологизации земледелия / Т. Ф. Персикова [и др.] // Системы использования органических удобрений и возобновляемых ресурсов в ландшафтном земледелии: сб. докладов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 100-летию Судогорского опытного поля. – Вяткино: Всерос. науч.-исслед. ин-т органических удобрений и торфа, 2013. – С. 305–312.

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЧВ БУФЕРНОЙ ЗОНЫ УЧЕБНОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА УДГУ

К. Р. ФАРДЕЕВА, магистр,  
Н. Г. ЗЫКИНА, канд. биол. наук, доцент,

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»,  
г. Ижевск, Российская Федерация

*Территория буферной зоны Учебного ботанического сада УдГУ в большинстве занята дерново-подзолистыми легкосуглинистыми почвами с небольшими участками пойменных и дерново-темноцветных почв. Исследуемые почвы являются среднекислыми, со средним содержанием протонов водорода, суммой поглощенных оснований и органического вещества. Количество подвижных соединений фосфора и калия – низкое. По биологической активности почвы имеют среднюю обогащенность инвертазой и низкую – каталазой.*

**Ключевые слова:** буферная зона ООПТ, биологическая активность почв, агрохимические характеристики, урбанизация.

На сегодняшний день антропогенное влияние оказывает колоссальные нагрузки на естественные экосистемы и в том числе – почвы. Для сохранения биоразнообразия и пространств с минимально нарушенными экосистемами выделяют специальные участки, – особо охраняемые природные территории (ООПТ). На территории г. Ижевска официально зарегистрирован один такой участок (Ярушкинский дендропарк) и еще несколько планируется для внесения в реестр. Традиционно ботанические сады также принято относить к категории ООПТ, так как в их задачи входит создание коллекций растений для сохранения разнообразия флоры [1]. Как у любой природоохранной территории, у них должна быть буферная зона. Это зона служит для снижения антропогенной нагрузки на охраняемый объект.

Целью исследования являлось изучение разнообразия почв буферной зоны Учебного ботанического сада УдГУ, их биологических и агрохимических характеристик, а также их изменение.

Исследование почв ботанического сада является продолжением мониторинга состояния естественных экосистем в пределах г. Ижевска. Ранее данный участок исследован не был. В работе использовались традиционные методы почвенных исследований. Описано 8 почвенных разрезов, отобрано 83 почвенных образца, в том числе 44 смешанных почвенных пробы из верхних гумусовых горизонтов. В образцах определены основные агрохимические показатели: обменная и гидролитическая кислотность – потенциометрически, сумма погло-

щенных оснований – титриметрически, содержание гумуса по И. В. Тюрину, количество подвижных соединений фосфора и калия по Кирсанову. Инвертазная активность определена фотометрическим методом с реактивом Феллинга, каталазная активность – газометрическим методом по Галстяну [5].

Учебный Ботанический сад УдГУ расположен на северной окраине г. Ижевска – крупного промышленного центра, столицы Удмуртской Республики. Основными в городе являются предприятия тяжелой промышленности: машиностроительные, металлургические и оборонные. Ботанический сад основан в 1988 году на базе учебно-опытного хозяйства. Он занимает площадь около 42 га, из них 20 га находятся под естественной лесной растительностью. Буферная зона расположена с южной и юго-восточной стороны от ботанического сада, она ограничивает его от индустриальной части города и сопоставима с ним по площади. С остальных сторон ботанический сад окружен садовыми и коттеджными массивами. Почвы буферной зоны не обрабатываются, территория в большинстве занята естественными биоценозами. Небольшая часть (расположена под ЛЭП) отведена под сенокос.

В ходе исследования нами были выявлено, что почвы буферной зоны Ботанического сада довольно разнообразны. На изучаемом участке распространены пойменные, дерново-темноцветные и дерново-подзолистые почвы с разной степенью оподзоливания (от слабой до сильной), а также с признаками оглеения. Почвы с признаками переувлажнения отмечены вдоль поймы р. Пазелинка. Наиболее распространены на исследуемой территории дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы. Они в большинстве сохранили естественное сложение и не изменены вмешательством человека. Однако на нескольких участках с лесной растительностью (вдоль дороги) отмечено захламление строительным мусором и ТБО.

Было выявлено, что почвы буферной зоны ботанического сада характеризуются низкими агрохимическими показателями (табл. 1). Они являются среднекислыми ( $4,9 \pm 0,09$  ед. рН), со средним содержанием протонов водорода ( $2,82 \pm 0,17$  ммоль/ 100 г почвы). Сравнение с фоновыми дерново-подзолистыми почвами Республики показало снижение числа протонов водорода в 2,1 раза, обменная кислотность изучаемых почв выше на 0,6 ед. рН. Данные изменения могут быть связаны с аэрогенным воздействием города, так как аналогичные изменения отмечены и для других ООПТ города [2].

Таблица 1. Агрохимические характеристики почв буферной зоны  
Учебного ботанического сада УдГУ

	pH KCl	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы	K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы	S, ммоль/ 100 г почвы	Hг, ммоль/ 100 г почвы	C орг., %
<u>M±m</u>	4,9±0,09	32±2,16	53±3,84	11,3±1,14	2,82±0,17	4,5±0,36
lim	3,7–6,3	10–62	5–115	0,4–28,4	0,7–5,85	0,16–10,7
Медиана	4,85	30	50	9,2	2,63	4,14
σ	0,59	13,8	25,2	7,57	1,14	2,35

Примечание. M – среднее, m – стандартная ошибка, lim – разброс значений σ – стандартное отклонение.

Для фоновых почв типично высокое количество протонов, в буферной зоне таких почв всего 4,5 %, хотя колебания гидролитической кислотности значительны: от 0,7 до 5,9 ммоль/100 г почвы. При этом по обменной кислотности таких колебаний не отмечено: 89 % почв является кислыми, нейтральная реакция среды зафиксирована единично. Это свидетельствует о незначительном антропогенном влиянии, так как в центральной части г. Ижевска, особенно вдоль крупных улиц, почвы имеют щелочную реакцию среды. Более значительное подщелачивание отмечено для почв Ярушкинского дендропарка [2], который лишен буферной зоны.

Количество поглощенных исследуемыми почвами катионов характеризуется как низкое: сумма поглощенных оснований (S) составила  $11,3 \pm 1,14$  ммоль/100 г. Большая часть почв (73 %) имеет низкое количество катионов, почв с высоким содержанием не отмечено вообще. Данные показатели сопоставимы с характеристиками фоновых почв ( $S = 9,4$  ммоль/100 г почвы).

Почвы буферной зоны в среднем имеют низкое количество подвижных соединений фосфора и калия: очень низкое содержание фосфора и калия имеют 32 и 28 % почв соответственно. До среднего поднимаются единичные пробы на фосфор, по калию даже максимальные значения ниже 120 мг/кг. Количество подвижного фосфора в исследуемых почвах сопоставимо с фоном (38 мг/кг), а вот содержание обменного калия в почвах буферной зоны ниже фона в 1,9 раза. Таким образом, в исследуемых почвах не отмечено роста подвижных соединений фосфора, что типично для других территорий города [2].

Количество органического вещества в исследуемых почвах среднее, но отмечен значительный разброс содержания от 0,2 до 10,7 %. Низкое и очень низкое содержание органики имеют 24 % почв, а высокое – 9,5 %. Такие значительные колебания могут быть обусловлены

сочетанием процессов оподзоливания с процессами заболачивания, которое отмечается вдоль русла р. Пазелинки.

В сравнении с фоновыми почвами республики почвы буферной зоны Учебного ботанического сада УдГУ являются менее кислыми. Содержание элементов минерального питания в них невелико. Низкие агрохимические показатели, в том числе и более низкое, чем в фоновых почвах, количество калия и фосфора может быть связано с особенностями почвообразующих пород исследуемой территории. Ижевск сформировался на границе Вятского песчаного массива, поэтому северная часть города расположена на двучленных породах с эоловыми песчаными отложениями, которые сформировались в условиях плейстоценового перигляциала. Тогда как большая часть (60 %) почв республики сформирована на делювиально-солифлюкционных и элювиально-делювиальных суглинках [3].

Тенденция к завышению среднего относительно медианы свидетельствует о смещении агрохимических характеристик почв в сторону повышения. Это косвенно может свидетельствовать о присутствии антропогенного прессинга на почвы, которое еще не привело к значительным изменениям показателей.

Исследование биологической активности выявило невысокую обогащенность почв каталазой и инвертазой (табл. 2).

Таблица 2. Биологические характеристики почв буферной зоны Учебного ботанического сада УдГУ

	Активность инвертазы, мг глюкозы на 1 г за сутки	Активность каталазы, мл O <sub>2</sub> на 1 г за мин
M±m	$15,0 \pm 0,93$	$2,67 \pm 0,12$
lim	6,2 – 31,4	0,85 – 4,6
Медиана	13,6	2,65
σ	6,14	0,81

Примечание. M\* – среднее, m – стандартная ошибка, lim – разброс значений σ – стандартное отклонение.

В ходе исследования мы выяснили, что 57 % почв буферной зоны бедны инвертазой. Максимальная ее активность – 31,4 мг глю/1 г за сут, свидетельствует о средней обогащенности ферментом (таких почв 43 %). На исследуемой территории отсутствуют как очень бедные, так и богатые и очень богатые ферментом почвы.

Среднее значение активности каталазы характеризует почвы как бедные ферментом, большинство почв (68 %) входит в данную градацию. Фактически нет почв с очень низкой активностью каталазы



(1 проба). Максимальное значение активности каталазы не выходит за пределы средней обогащенности, 30 % почв имеет такие же показатели. Биологическая активность почв буферной зоны несколько выше фоновых характеристик, что может быть обусловлено более высоким содержанием поглощенных почвой катионов и менее кислыми условиями среды. Выявлены положительные корреляционные взаимосвязи между активностью ферментов и: количеством обменных катионов в почве ( $r = 0,45-0,57$ ) и содержанием гумуса ( $r = 0,36-0,44$ ). Снижение кислотности положительно сказывается на активности каталазы ( $r = 0,50$ ).

Таким образом, в ходе исследования выяснено, что территория буферной зоны Учебного ботанического сада УдГУ в большинстве занята дерново-подзолистыми легкосуглинистыми почвами с небольшими участками пойменных и дерново-темноцветных почв. Исследуемые почвы являются среднекислыми, со средним содержанием протонов водорода, суммы поглощенных оснований и органического вещества. Количество подвижных соединений фосфора и калия почвы низкое. В свою очередь по биологической активности почвы имеют среднюю обогащенность инвертазой и низкую обогащенность каталазой.

Наличие не выраженных ярко изменений исследуемых показателей свидетельствует, что буферная зона ботанического сада справляется с влиянием города и защищает территорию ботанического сада.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Баранова, О. Г. Выделение особо охраняемых природных территорий для сохранения фиторазнообразия регионов / О. Г. Баранова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2007. – № 9 (4). – С. 936–940.
2. Газизова, Л. Р. Агрохимические характеристики почв ООПТ «Ярушкинский дендропарк» г. Ижевск / Л. Р. Газизова, Н. Г. Зыкина // Полевые и экспериментальные исследования биологических систем: материалы V Всерос. с междунар. участием школы-конф. молодых исследователей / отв. ред.-сост. О. С. Козловцева. – Ишим: Изд-во ИПИ им. П. П. Ершова (фил.) ТюмГУ, 2019. – С. 64–66.
3. География Удмуртии: природные условия и ресурсы: учеб. пособие / под ред. И. И. Рысина. – Ижевск, 2009. – Ч. 1. – 255 с.
4. Учебный ботанический сад: [Электронный ресурс] // Удмуртский государственный университет. – Режим доступа: <https://d-ubs.udsu.ru>. – Дата доступа: 20.01.2020.
5. Хазиев, Ф. Х. Методы почвенной энзимологии / Ф. Х. Хазиев. – М., 2005. – 250 с.

## МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ НА ЮГО-ВОСТОКЕ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Г. ШМИДТ, канд. с.-х. наук  
ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина,  
начальник отдела мониторинга и агрохимического обследования почв,  
ФГБУ «Центр агрохимической службы «Омский»,  
г. Омск, Российская Федерация

Ю. В. АКСЕНОВА, канд. биол. наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина»,  
г. Омск, Российская Федерация

*В период с 1986 по 2018 гг. в пахотных почвах Новосанжаровского и Калининского сельских поселений происходило сокращение площадей с высоким и средним содержанием гумуса, с оптимальным для растений количеством фосфора, наблюдалось снижение обменного калия. Практически вся площадь пашни имела низкую обеспеченность для растений подвижными формами меди, марганца, кобальта, цинка, молибдена.*

*Ключевые слова:* агрохимическое обследование, подвижный фосфор, обменный калий, гумус, пахотные почвы, микроэлементы

Разработка эффективных мероприятий по сохранению и воспроизводству плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения осуществляется на основе мониторинга их агрохимических показателей [1, 2]. Регулярные наблюдения за показателями почвенного плодородия позволяют получать полную и достоверную информацию, как о современном состоянии почв, так и об изменении их во времени [3], выявлять негативные последствия хозяйственной деятельности, разрабатывать рекомендации по рациональному использованию земель [4, 5].

Цель работы – проанализировать состояние плодородия пахотных почв юго-восточной части Омской области по основным агрохимическим показателям.

Объекты исследования – пахотные почвы Новосанжаровского и Калининского сельских поселений (СП), расположенных в степной зоне Омской области. Основная площадь пашни размещена на черноземах обыкновенных и лугово-черноземных почвах, в меньшей степени в пашню вовлечены солонцы и их комплексы с почвами черноземного ряда. На территории Новосанжаровского СП было обследовано 28299 га пашни, Калининского СП – 30353 га. Почвенные пробы отобраны из слоя 0–20 см.

В пробах почв определяли органическое вещество (гумус) по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), подвижный фосфор и обменный калий по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91), рН солевой по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-53), бор по Бергеру и Труогу в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 50689-94), медь, кобальт, цинк и

марганец по Крупскому и Александровой в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 50683-94, 50686-94, 50685-94), валовые формы тяжелых металлов (медь, цинк, свинец, кадмий) и ртути методом атомной абсорбции (РД 52.18.191-89 и МУ по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. МСХ РФ, 1992), мышьяк фотометрическим методом (МУ по определению мышьяка в почвах. МСХ РФ, 1993).

По результатам агрохимического обследования почвенного покрова сельских поселений уставлено увеличение площади почв с очень низким содержанием гумуса в период с 1986 по 2018 г. в 2,1 раза. Сократилась площадь почв с количеством гумуса от 5,1 до 6,0 % в 21,2 раза на территории Новосанжаровского СП и в 38,0 раз – Калининского СП. Полностью исчезли почвы с количеством гумуса более 6,0 % (табл. 1).

Таблица 1. Распределение площади пашни по содержанию гумуса, тыс. га

Группа	Годы обследования			
	1986	1992	2002	2018
<b>Новосанжаровское СП</b>				
Очень низкое (<4 %)	5278	2855	4200	11043
Низкое (4,1–5,0 %)	19572	22775	22673	17035
Среднее (5,1–6,0 %)	3201	2599	1356	151
Высокое (>6 %)	178	–	–	–
<b>Калининское СП</b>				
Очень низкое (<4 %)	418	5084	14712	9409
Низкое (4,1–5,0 %)	8253	21371	11900	17597
Среднее (5,1–6,0 %)	11941	864	708	314
Высокое (>6 %)	3431	–	–	–

Снижение в почвах гумуса в первую очередь связано с отсутствием применения органических удобрений или использования в качестве удобрений пожнивно-корневых остатков культур, что не обеспечивает его воспроизводства. Несоблюдение землепользователями противоэрозионных мероприятий при активном проявлении дефляции также сопровождается уменьшением органического вещества.

Сокращение объемов внесения минеральных и органических удобрений привело к снижению в почвах элементов минерального питания и увеличению площадей с более низким их содержанием. Самое высокое содержание фосфора (102–112 мг/кг почвы) в почвах Новосанжаровского СП было установлено в период с 1986 по 1990 гг. С 2002 г. наблюдалось стабильное его снижение в среднем на 8–30 мг/кг почвы в каждом последующем туре обследования, что привело к уменьшению фосфора в почвах к 2018 г. на 40 % (до 74 мг/кг почвы). Максимальная обеспеченность растений обменным калием (422 мг/кг почвы)

была установлена в 1986 г. В последующие годы обследований наблюдалось снижение калия в среднем на 40–50 мг/кг почвы. К 2018 г. его средневзвешенное содержание составило 282 мг/кг почвы. В целом динамика изменения площади по обеспеченности почв калием для растений и его количества по годам обследования остается в границах одной группы, соответствующей очень высокому его содержанию (табл. 2).

Таблица 2. Распределение площади пашни Новосанжаровское СП по элементам питания и реакции среды, тыс. га

Группа	Годы обследования					
	1965	1973	1986	1992	2002	2018
<b>Фосфор, мг/кг</b>						
Низкое (<50)	3782	3987	–	–	–	1025
Среднее (51–100)	21368	23478	13743	11868	14385	25321
Повышенное (101–150)	2706	368	13831	14533	12106	1883
Высокое (151–200)	100	50	388	1828	727	–
Очень высокое (>200)	22	95	267	–	811	–
<b>Калий, мг/кг</b>						
Повышенное (81–120)	128	–	–	–	–	–
Высокое (121–180)	890	–	–	–	–	622
Очень высокое (>180)	26960	27978	28229	28229	28229	27607
<b>Кислотность, pH</b>						
Близкие к нейтральной (5,6–6,0)	–	–	–	–	4635	6861
Нейтральные (>6,0)	–	–	–	–	23394	21368

За последние 16 лет увеличилась площадь почв с реакцией среды, близкой к нейтральной на 2226 тыс. га. В целом величина показателя находилась в интервале благоприятном для возделывания большинства сельскохозяйственных культур (pH 6,6–6,4). Почвы землепользования характеризовались высоким содержанием бора. Низкая обеспеченность почв для растений медью, цинком, марганцем отмечена на 100 % площади пашни, кобальтом – на 98,5 %, молибденом – на 3,5 %. В группу со средним содержанием кобальтом и молибденом отнесено 1,5 % и 96,5 % пашни соответственно.

В почвах пашни Калининского СП средневзвешенное содержание фосфора в 1986 г. составило 139 мг/кг почвы. Данные обследования 1992 г. показали снижение количества фосфора до 97 мг/кг почвы за счет уменьшения площади пашни с повышенным и высоким его содержанием. В последующие туры обследования установлено дальнейшее снижение фосфора: в 2002 г. до 78 мг/кг, а в 2018 г. до 71 мг/кг почвы. При этом отсутствовали почвы с высокой обеспеченностью для растений калием, и сократилась площадь почв с повышенным его количеством. Содержание калия на протяжении всех туров обследования

оставалось очень высоким, но наметилась тенденция его снижения с 454 мг/кг почвы в 1986 году до 246 мг/кг почвы в 2002 году. В 2018 году площадь почв с очень высоким содержанием калия (288 мг/кг почвы) увеличилась на 2846 га (табл. 3).

Таблица 3. Распределение площади пашни Калининского СП по элементам питания и реакции среды, тыс. га

Группа	Годы обследования			
	1986	1992	2002	2018
<b>Фосфор, мг/кг</b>				
Низкое (<50)	–	166	3794	2131
Среднее (51–100)	3203	17833	19869	22725
Повышенное (101–150)	15897	8114	3160	2464
Высокое (151–200)	7730	1207	497	–
Очень высокое (>200)	827	–	–	–
<b>Калий, мг/кг</b>				
Повышенное (81–120)	–	–	185	316
Высокое (121–180)	–	–	4258	1281
Очень высокое (>180)	27657	27320	22877	25723
<b>Кислотность, pH</b>				
Слабокислые (5,1–5,5)	–	–	2746	–
Близкие к нейтральной (5,6–6,0)	–	–	5534	14821
Нейтральные (>6,0)	–	–	19040	12499

Величина реакции среды в период с 2002 по 2018 гг. находилась в интервале 6,2–6,1 ед.

На всей площади пашни установилось низкое содержание цинка, среднее молибдена и высокое бора. В группу с низким содержанием меди отнесено 98,6 % площади пашни, марганца – 96,9 %, кобальта – 95,2 %. Средним содержанием меди характеризуется 1,4 % почв пашни, марганца и кобальта – 3,1 и 4,8 % соответственно.

Количество солей тяжелых металлов и мышьяка в почвах обследованных территорий не превышало 0,5ПДК (ОДК).

По результатам туров агрохимического обследования пахотных почв землепользований было установлено сокращение площадей пашни с высоким и средним содержанием гумуса, с оптимальным для растений количеством фосфора и снижение величины обменного калия. Практически вся площадь пашни в недостаточной степени обеспечена для растений подвижными формами меди, марганца, кобальта, цинка, молибдена.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Красницкий, В. М. Агрохимические параметры – основа оценки почвенного плодородия / В. М. Красницкий, А. Г. Шмидт // Современное состояние и проблемы рационального использования почв Сибири: материалы международной научно-

практической конференции, посвященной 100-летию образования кафедры почвоведения. – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2020. – 204–210.

2. Поддубный, О. А. Мониторинг агрохимических показателей пахотных почв в процессе окультуривания / О. А. Поддубный, О. В. Поддубная // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XVIII Междунар. науч. конф. – Брянск: БГАУ, 2021. – С. 119–124.

3. Поддубный, О. А. Динамика агрохимических показателей пахотных почв в процессе сельскохозяйственного использования / О. А. Поддубный // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XVI международной научной конференции. – Брянск: БГАУ, 2019. – С. 110–113.

4. Красницкий, В. М. Современные подходы к оценке плодородия пахотных земель / В. М. Красницкий, А. Г. Шмидт // Актуальные проблемы научного обеспечения земледелия Западной Сибири: сборник научных статей, посвященный 70-летию академика РАН Храмцова Ивана Федоровича, 95-летию основания отдела земледелия ФГБНУ «Омский АНЦ». – Омск: ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», 2020. – С. 74–80.

5. Поддубный, О. А. Изменение индекса окультуренности и мероприятия по рациональному использованию почв / О. А. Поддубный, О. В. Поддубная // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XVI международной научной конференции. – Брянск: БГАУ, 2019. – С. 113–118.

### Секция 3. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В УПРАВЛЕНИИ ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ АГРОЭКОСИСТЕМ

УДК 504.53.062.4

#### ЭФФЕКТИВНАЯ СОРБЦИОННАЯ ЕМКОСТЬ ДИАТОМИТА КАМЫШЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Ю. Л. БАЙКИН, канд. с.-х. наук, доцент,  
А. С. ГУСЕВ, канд. биол. наук, доцент,  
А. А. СЕРЕБРЕННИКОВА, аспирант,  
А. Н. ФЕДОРОВ, ст. преподаватель

ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет»,  
г. Екатеринбург, Российская Федерация

*Статья посвящена изучению сорбционных свойств природного минерального сорбента диатомита Камышловского месторождения. Исследовались две разновидности – «желтая» из верхнего слоя и лежащая ниже «синяя». Определена емкость поглощения сорбентов в отношении тяжелых металлов (на примере  $\text{Cu}^{2+}$ ). Максимальные значения эффективной емкости были выявлены при активации «желтого» диатомита негашеной и гашеной известью в различных вариантах нагревания.*

**Ключевые слова:** диатомит, природные сорбенты, тяжелые металлы, почвы.

Уральский регион – крупнейший промышленный центр Российской Федерации, является экологически неблагоприятным регионом, в том числе из-за техногенного загрязнения почв тяжелыми металлами (ТМ). На отдельных территориях вблизи крупных промышленных предприятий по данным мониторинга сельскохозяйственных земель выявлено значительное превышение санитарно-гигиенических нормативов по свинцу, мышьяку, кадмию, меди [5].

Одним из путей детоксикации почв, загрязненных тяжелыми металлами, является внесение в них природных сорбентов, обеспечивающих сорбцию наиболее токсичных подвижных форм ТМ и, тем самым, существенно уменьшающих их поступление в растительность [2, 1].

На Среднем Урале имеются значительные запасы природных сорбентов и других нерудных полезных ископаемых, используемых при рекультивации, мелиорации, детоксикации почв [6].

При практическом использовании природных сорбентов для рекультивации почв, загрязненных ТМ, возможны два пути: использование природных неактивированных сорбентов; предварительная активация (модифицирование) сорбентов различными солями, кислотами, щелочами, либо их комбинациями.

В настоящей работе рассмотрены сорбционные свойства диатомитов (мягкие легкие тонкопористые породы, сложенные опаловыми раковинками диатомовых водорослей) ирбитской свиты Камышловского месторождения, расположенного на северо-восточной окраине г. Камышлова в Свердловской области [4].

Диатомит характеризуется следующими физико-химическими показателями:  $pH_{H_2O}$  4,36;  $pH_{KCl}$  3,63; гидролитическая кислотность 13,3 мг-экв/100 г; поглощенные основания (Ca + Mg) 3,08 мг-экв/100 г; сумма поглощенных оснований 16,4 мг-экв/100 г.

Использование камышловского диатомита выгодно с экономической точки зрения, поскольку это наиболее дешевое сырье и не требует больших затрат на доставку. Разрабатываемое месторождение диатомитов расположено вблизи Первоуральско-Ревдинского района, почвы которого являются наиболее загрязненными тяжелыми металлами [5].

На Камышловском месторождении обнаружены две разновидности диатомита – «желтая» из верхнего слоя и лежащая ниже «синяя». Характерный синевато-серый цвет коренному диатомиту придает присутствующий в нем аморфный сульфид железа в виде мельниковитатонкослоистого сульфидного геля, состоящего из смеси марказита и пирита ( $Fe^{2+}Fe_2^{3+}S_4$ ). По данным спектрального анализа микроэлементный состав этих разновидностей практически не различается.

Методика лабораторных опытов. Емкость поглощения сорбентов в отношении тяжелых металлов (на примере  $Cu^{2+}$ ) определялась в ходе следующего опыта. Готовили стандартные растворы с различной концентрацией меди в виде хлорида. В растворы добавляли диатомит и перемешивали на ротаторе. Опыт выполнялся при разных условиях: а) при pH 5 (для снижения кислотности раствора добавляли по 1 г известняка б) при pH 6,9 (добавляли 10 г известняка). Далее суспензию отфильтровывали, в фильтрате определяли остаточную концентрацию.

Для отдельных разновидностей диатомита опыты отличались. Поглощение диатомитом «синим» катионов меди (II) проводилось из раствора с концентрацией  $Cu^{2+}$  50 мг/л, объем раствора 500 мл, навеска диатомита 50 г, время сорбции 1,5 ч. Поглощение диатомитом «желтым» – из раствора с концентрацией  $Cu^{2+}$  190 мг/л, объем раствора 250 мл, масса навески диатомита 25 г, время сорбции 1 ч.

К отфильтрованной навеске сорбента снова приливали указанный объем исходного раствора. Опыт повторяли до тех пор, пока остаточная концентрация металла в фильтрате не достигала примерно 50 % от исходной.

Определение концентраций ионов тяжелых металлов в растворах до и после адсорбции проводилось с использованием атомно-абсорбционной спектрометрии в лицензированной лаборатории «Уральская центральная лаборатория».



Изучение камышловского диатомита проводилась также в виде его активированного (модифицированного) варианта. Для опыта использована «желтая» разновидность. Активация производилась с помощью гашеной (сорт ДКЖА-1) и негашеной (сорта ДКЖА-2, ДКЖА-3) извести. В последнем случае процесс активации проводился в двух режимах: без нагревания (ДКЖА-2) и с нагреванием суспензии до 100 °С на водяной бане. После перемешивания суспензии ее нейтрализовали серной кислотой и фильтровали.

Согласно исследованиям [3], при данном способе активации минеральная структура диатомита преобразуется с возникновением аморфного гидросиликата кальция. В итоге сорбционная емкость новообразованного вещества увеличивается по сравнению с емкостью исходного диатомита.

Как следует из табл. 1 и 2, поглощительная способность обеих разновидностей неактивированного диатомитов уменьшается по мере насыщения их катионами меди(II).

Таблица 1. Поглощение катионов диатомитом «синим» меди(II)

№ п/п	Исходное количество $\text{Cu}^{2+}$ в растворе, мг	Остаточное количество		Поглощенное диатомитом количество $\text{Cu}^{2+}$					
		$\text{Cu}^{2+}$ в растворе, мг		за один прием, мг		$\Sigma$ , мг		$\Sigma$ , мг-экв/100 г	
		pH 5	pH 6.9	pH 5	pH 6.9	pH 5	pH 6.9	pH 5	pH 6.9
1	25	11,15	9,90	13,85	15,10	13,85	15,10	0,87	0,95
2	25	12,55	11,30	12,45	13,70	26,30	28,80	1,66	1,81
3	25	16,25	11,60	8,75	13,40	35,05	42,20	2,21	2,66
4	25	17,70	10,60	7,30	14,40	41,35	56,60	2,60	3,56
5	25	18,70	10,55	6,30	14,45	48,65	71,05	3,06	4,47
6	25	19,00	9,50	6,00	45,50	54,65	86,55	3,44	5,45
7	25	21,70	12,20	3,30	12,80	57,95	99,35	3,65	6,25
8	25	22,35	13,00	2,65	12,00	60,60	111,35	3,81	7,01
9	25	21,90	11,85	11,85	13,15	3,70	124,50	4,01	7,84
10	25	–	14,00	14,00	14,00	–	135,50	–	8,53
11	25	–	13,15	13,15	11,85	–	147,35	–	9,28

В подобном случае целесообразно определять не полную, а эффективную сорбционную емкость.

Под эффективной емкостью следует понимать уровень насыщения сорбентом сорбируемого вещества при определенном соотношении поглощенного количества к исходному количеству до сорбции. Такое соотношение назовем условно полнотой сорбции. Очевидно, эффективной может считаться емкость сорбента при полноте сорбции не менее 90 %.

Таблица 2. Поглощение диатомитом «желтым» катионов меди(II)

№ п/п	Исходное количество $\text{Cu}^{2+}$ в растворе, мг	Остаточное количество		Поглощенное диатомитом количество $\text{Cu}^{2+}$					
		$\text{Cu}^{2+}$ в растворе, мг		за один прием, мг		$\Sigma$ , мг		$\Sigma$ , мг-экв/100 г	
		pH 5	pH 6.9	pH 5	pH 6.9	pH 5	pH 6.9	pH 5	pH 6.9
1	47,5	0,50	0,35	47,00	47,01	47,00	47,15	5,92	5,94
2	47,5	7,50	3,43	40,00	44,07	87,00	91,22	10,95	11,48
3	47,5	13,75	13,38	33,75	34,12	120,75	125,34	15,20	15,78
4	47,5	19,02	10,18	28,48	37,32	149,23	162,66	18,79	20,48
5	47,5	27,05	16,08	20,45	31,42	169,68	194,08	21,36	24,43

В табл. 3 приведена эффективная емкость изученных разновидностей диатомитов при различной полноте сорбции. Из полученных результатов следует, что минимальной емкостью поглощения в отношении катионов меди(II) отличается диатомит «синий».

Таблица 3. Емкость поглощения катионов меди(II) различными вариантами активированного «желтого» диатомита и неактивированных разновидностей

Диатомит	Емкость поглощения (мг-экв/100 г) при различной полноте сорбции		
	95 %	90 %	50 %
«Желтый» при pH 5	11	15	–
То же при pH 6.9	12	16	–
ДКЖА-1	9,5	19	–
ДКЖА-2	35	–	–
ДКЖА-3	47	–	–
«Синий» при pH 5	–	–	1,9
То же при pH 6.9	–	–	~10*

\* Данное значение определено с помощью экстраполяции, остальные – с помощью интерполяции.

В ходе опытов по изучению сорбционных свойств диатомитов установлено, что в процессе сорбции происходит характерное изменение кислотно-щелочных условий. Вначале при кислой реакции раствора происходит понижение кислотности, затем с увеличением количества поглощенных катионов меди(II) кислотность раствора увеличивается. Данный эффект, возможно, объясняется селективным вытеснением в раствор катионами меди вначале обменных оснований, а затем обменного водорода. Максимальная емкость характерна для активированных диатомитов. Их емкость по сравнению с емкостью природных диатомитов увеличивается более чем в 3 раза.

Следует отметить несколько большую емкость активированного ДКЖА-3 диатомита по сравнению с аналогом ДКЖА-2. Однако в некоторых случаях использование последнего, возможно, будет предпочтительнее, ввиду большей дешевизны способа его получения.

Таким образом, изучение сорбционных свойств диатомитов Камышловского месторождения относительно тяжелых металлов (на примере меди) выявило более высокую эффективную емкость выветрелой «желтой» разновидности по сравнению с нижележащей «синей». Максимальные значения эффективной емкости были выявлены при активации «желтого» диатомита негашеной и гашеной известью в различных вариантах нагревания.

Любые варианты камышловских диатомитов могут быть в тех или иных условиях с успехом использованы для эколого-геохимической рекультивации почв, загрязненных ТМ. Особенно предпочтительным будет их применение на тяжелых глинистых почвах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дуброва, Ю. Н. Использование сапропелевых мелиорантов на основе потенциала местных месторождений / Ю. Н. Дуброва // Современное состояние, приоритетные задачи и перспективы развития аграрной науки на мелиорированных землях: сб. тр. – Тверь, 2020. – С. 36–40.
2. Копцик, Г. Н. Современные подходы к ремедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами (обзор литературы) / Г. Н. Копцик // Почвоведение. – 2014. – № 47. – С. 707–722.
3. Мдивнишвили, О. М. Кристаллохимические основы регулирования свойств природных сорбентов. О. М. Мдивнишвили. – Тбилиси: Мецниереба, 1983. – 286 с.
4. Смирнов, П. В. Сравнительные исследования эоценовых и палеоценовых диатомитов Зауралья (на примере Камышловского месторождения и разреза Брюсяна) / П. В. Смирнов, А. О. Константинов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 11. – С. 96–104.
5. Gusev A. S., Baykin Y. L., Vashukevich N. V., Belichev A. A. Zone of technogenic pollution of the Pervouralsk-Revda industrial hub: soil assessment and land use issues Journal of Environmental Management and Tourism. 2020. – Т. 11. – № 5. – P. 1054–1059.
6. Yurak V., Apakashev R., Dushin A. [et. al.] Testing of Natural Sorbents for the Assessment of Heavy Metal Ions' Adsorption. Appl. Sci. 2021. – № 11. – P. 3723.

УДК 631.879.34

### **ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТИ В ПОЛЕВЫХ ОПЫТАХ РГАУ – МСХА ИМЕНИ К. А. ТИМИРЯЗЕВА**

А. И. БЕЛЕНКОВ, д-р с.-х. наук, профессор,  
Д. В. БЕРЕЗА, аспирант,  
А. А. У. АЛЬ-ГАЙЛАНИ, аспирант

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –  
МСХА им. К. А. Тимирязева»,  
г. Москва, Российская Федерация

*В статье приводятся сведения о результатах исследований в полевых опытах, проводимых кафедрой земледелия и МОД за последние годы. Прежде всего анализируется урожайность полевых культур Длительного полевого опыта (ДПО) и опыта Центра точного земледелия (ЦТЗ) в рамках Полевой опытной станции.*

**Ключевые слова:** полевой опыт, вариант, севооборот, бессменный посев, удобрения, известкование, обработка почвы, эффективность.

Стационарные полевые опыты кафедры земледелия и методики опытного дела РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева всегда отличались многообразием изучаемых факторов, насыщенностью и обстоятельностью программ исследований, длительностью их проведения и результативностью исследований.

Вот уже более ста лет объектом пристального внимания ученых и практиков является Длительный полевой опыт, заложенный в 1912 г. профессором Алексеем Григорьевичем Дояренко. Само существование этого опыта вызывает как уважение и признание, так и различного рода дискуссии и критические замечания. Принимая во внимание историческую ценность Длительного опыта, кафедра продолжает проводить в нем научные исследования, организует практику для студентов, экскурсии и конференции для заинтересованных участников нашей страны и зарубежных представителей [1, 2].

В табл. 1 приводятся содержание вариантов опыта, включающее перечень вносимых удобрений под зерновые агроценозы на известковом и не известковым фонах при бессменном возделывании культур и в севообороте: пар чистый-озимая рожь-картофель-ячмень с подсевом клевера-клевер-лен.

Таблица 1. Содержание вариантов Длительного полевого опыта и средняя урожайность зерновых культур за 2 последних года, т/га

№ п/п	Содержание варианта опыта	Озимая рожь		Ячмень	
		Без известки (б/и)	По известки (п/и)	Без известки (б/и)	По известки (п/и)
<b>Бессменно</b>					
1	Контроль (0)	1,08	1,18	0,54	0,70
2	Навоз	1,58	1,85	1,07	1,54
3	НПК	2,23	2,55	1,23	1,29
4	НПК + навоз	1,61	2,14	1,37	1,56
5	ПК	1,45	1,36	0,60	0,91
6	НК	1,88	2,20	0,76	1,00
7	НР	2,07	2,28	0,57	0,92
8	Контроль (0)	1,28	1,31	0,33	0,72
9	К	1,08	1,48	0,25	0,65
10	Р	1,13	1,53	0,20	0,57
11	Н	1,68	2,15	0,37	0,41
<b>Севооборот</b>					
1	НПК	2,33	2,85	1,43	1,51
2	НПК + навоз	2,31	2,61	1,59	1,93
3	ПК	2,28	2,58	1,41	1,66
4	НК	2,69	2,67	1,50	1,76
5	НР	2,35	2,81	1,29	1,44
6	Контроль (0)	1,82	1,87	0,63	1,25
7	К	1,93	2,05	0,73	0,93
8	Р	1,70	2,40	0,79	1,01
9	Н	2,57	2,73	0,70	0,87

Раз за ротацию севооборота и за 6 лет на бессменных культурах вносилось 5 т/га извести. Осенью под зерновые культуры вносилось 20 т/га навоза, 150 кг/га двойного суперфосфата и 120 кг/га хлористого калия. 50 кг/га аммиачной селитры применяли под предпосевную обработку и 50 кг/га весной в подкормку озимой ржи, 100 кг/га перед посевом ячменя [3].

Средняя за 2 последних года урожайность озимой ржи и ячменя свидетельствует о неодинаковом влиянии изучаемых факторов на их продуктивность. Так, более высокая урожайность отмечалась в севообороте, по извести при внесении полного комплекса минеральных удобрений, а также при совместном внесении органических и минеральных удобрений (NPK, NPK + навоз). Использовании только одного навоза в бессменных посевах обеспечивало продуктивность меньшего уровня. Близкая к максимальной получены результаты по озимой ржи на варианте NP по монокультурным делянкам и практически по всем парным комбинациям минеральных удобрений в севообороте как с внесением извести, так и без такового. Контрольные варианты формировали урожайность озимой ржи близко с вариантами одинарного внесения отдельных элементов. На ячмене преимущество лидирующих вариантов проявлялось более отчетливо, неудобренные делянки давали результат более высокий, чем отдельно внесенные N, P, и K. Данное положение проявлялось в бессменных посевах и севообороте.

Урожайность озимой ржи и ячменя по годам приводятся в табл. 2. По метеоусловиям годы в период вегетации складывались различно. 2020 г. в период весенне-летнего периода характеризовался умеренными температурами воздуха и наибольшим количеством осадков. 2021 г. оказался более засушливым ближе к середине лета.

Таблица 2. Урожайность зерновых культур по вариантам длительного полевого опыта, т/га

№ п/п	Содержание вариантов опыта	Озимая рожь				Ячмень			
		Без извести		По извести		Без извести		По извести	
		2020	2021	2019	2020	2020	2021	2020	2021
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Бессменно</b>									
1	Контроль (0)	0,76	1,40	0,76	1,60	0,69	0,39	0,81	0,58
2	Навоз	1,38	1,77	1,61	2,09	1,14	1,0	1,61	1,47
3	NPK	2,04	2,42	2,29	2,80	1,26	1,19	1,23	1,39
4	NPK + навоз	1,31	1,90	1,62	2,66	1,37	1,37	1,40	1,72
5	PK	0,82	1,68	0,98	1,93	0,67	0,52	0,79	1,02
6	NK	2,04	1,71	2,43	1,97	1,14	0,38	1,33	0,67
7	NP	2,34	1,80	2,53	2,03	0,76	0,37	1,22	0,61
7	Контроль (0)	1,18	1,37	1,12	1,50	0,42	0,24	0,99	0,44
8	K	0,77	1,39	1,29	1,66	0,38	0,11	0,86	0,41
10	P	0,76	1,49	1,25	1,80	0,24	0,16	0,57	0,56
11	N	1,56	1,80	2,23	2,07	0,46	0,28	0,48	0,36

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Севооборот</b>									
1	НПК	1,56	3,09	2,48	3,22	1,50	1,36	1,47	1,55
2	НПК + навоз	1,90	2,72	2,26	2,95	1,50	1,68	1,96	1,90
3	ПК	2,05	2,51	2,42	2,74	1,23	1,58	1,81	1,51
4	НК	2,77	2,60	2,40	2,93	1,54	1,45	1,83	1,60
5	NP	2,12	2,57	2,59	3,02	1,17	1,41	1,31	1,57
6	Контроль (0)	2,14	1,50	1,93	1,80	0,92	0,33	1,31	1,20
7	К	2,29	1,56	2,20	1,90	1,16	0,30	1,33	0,52
8	Р	1,63	1,77	2,43	2,37	1,09	0,48	1,50	0,52
9	Н	2,58	2,55	2,70	2,76	0,88	0,52	1,09	0,65

В 2020 г. более высокая урожайность озимой ржи отмечалась по вариантам NP, НК NPK. Это характерно для бессменных посевов. В севообороте складывалась похожая картина. Здесь отмечалась урожайность одного с ними уровня на контроле и по вариантам К, N. Последние три варианта парным комбинациям на бессменных посевах озимой ржи. В 2021 г. лидирующими вариантами внесения удобрений оказались NPK и NPK + навоз, близкими получены данные по парным комбинациям, где продуктивность ржи приближалась к лидирующим.

Указанные закономерности проявлялись таким же образом по известковому фону, при этом урожайность озимой ржи была более высокой, особенно в севообороте. однозначно ниже получены показатели на контроле и по одинарным вариантам N, P и K.

Ячмень также сформировал максимальную урожайность зерна по вариантам NPK, NPK + навоз на бессменном посеве без известкования. При внесении извести по обоим годам лучше ячмень реагировал на внесение только навоза. Парные комбинации элементов питания наилучшим образом проявили себя в севообороте, особенно в 2020 г. контрольные делянки и при внесении только одних видов минеральных удобрений давали минимальные урожаи ячменя.

В 2007 г. в рамках инновационного общеобразовательного проекта в РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева впервые в стране в учебном ВУЗе был создан научный Центр точного земледелия (ЦТЗ). Основу Центра составляет полевой четырехпольный зернопропашной севооборот с чередованием культур: викоовсяная смесь на корм – озимая пшеница с пожнивным посевом горчицы на сидерат – картофель – ячмень. В опыте изучались приемы основной обработки. Схемой опыта предусмотрены следующие приемы основной обработки почвы: отвальная на 20–22 см под все культуры севооборота, которая изучалась в сравнении с нулевой (без обработки) под викоовсяную смесь и озимую пшеницу и минимальной на 12–14 см под картофель и ячмень. Следует добавить, что культуры возделывались с применением мине-

ральных комплексных удобрений с предпосевным внесением нормой 300 кг/га под вику + овес, озимую пшеницу и ячмень, 1 т/га под картофель в расчете на соответствующую планируемую урожайность [4].

В среднем за годы исследований, лучше реагировали на вспашку картофель, викоовсяная смесь, озимая пшеница, ячмень (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность культур в полевом опыте ЦТЗ, т/га

Обработка почвы	Урожайность по годам, т/га								
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Ср.
<b>Викоовсяная смесь на корм</b>									
Отвальная	24,5	31,2	25,3	22,8	13,8	7,6	22,6	9,5	19,7
Нулевая	25,3	28,9	27,5	6,0	11,5	3,8	11,0	11,1	15,6
НСР <sub>05</sub> , т/га	0,83	3,07	3,10	4,35	2,20	2,8	6,9	2,6	–
<b>Озимая пшеница</b>									
Отвальная	2,75	6,74	5,00	5,46	5,46	3,59	6,73	3,13	4,86
Нулевая	4,59	6,73	5,52	5,13	4,83	2,55	5,96	1,00	4,54
НСР <sub>05</sub> , т/га	1,42	0,11	0,39	0,29	0,47	0,50	0,52	1,19	–
<b>Картофель</b>									
Отвальная	25,1	31,4	31,0	25,8	27,4	33,5	28,0	25,8	28,5
Минимальная	24,6	26,2	26,7	22,5	25,2	27,5	24,8	29,6	25,9
НСР <sub>05</sub> , т/га	0,90	1,08	2,11	2,28	1,79	2,12	2,42	2,20	–
<b>Ячмень</b>									
Отвальная	3,85	5,52	4,03	4,29	3,70	2,62	2,86	2,00	3,61
Минимальная	4,01	5,22	3,99	4,04	3,79	2,76	2,48	1,82	3,51
НСР <sub>05</sub> , т/га	0,17	0,28	0,19	0,16	0,11	0,14	0,25	0,20	–

В среднем за годы исследований урожайность викоовсяной смеси по вспашке превышала нулевую обработку на 4,1 т/га, по отдельным годам отмечалось преимущество отвальной обработки над прямым посевом, доказанное статистически, путем расчета НСР. По озимой пшенице различия между обработками почвы, в среднем за 8 лет, свидетельствуют о преимуществе отвальной над нулевой в 0,32 т/га. Картофель, за исключением 2021 г., давал урожай по вспашке больше, чем по минимальной обработке за годы исследований на 2,6 т/га. Ячмень сформировал урожайность на отвальной обработке более, чем на минимальной в пределах 0,1 т/га.

Общим выводом наших исследований может служить положение о целесообразности и возможности в рамках четырехпольного зерно-протопашного севооборота проводить комбинированную основную обработку почвы, сочетающую вспашку под викоовсяную смесь на корм и картофель с прямым посевом озимой пшеницы по необработанной почве и минимальной обработкой под ячмень в случае достаточно эффективной борьбы с сорняками в посевах зерновых культур за счет применения гербицидов по данным вариантам [5].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мазиров, М. А. Длительный полевой опыт РГАУ-МСХА: сущность и этапы развития / М. А. Мазиров, А. Ф. Сафонов // Известия ТСХА. – 2010. – Вып. 2. – С. 66–75.
2. Персикова, Т. Ф. Влияние гранулометрического состава дерново-подзолистой почвы и биологических особенностей сельскохозяйственных культур на содержание, запасы и качество гумуса / Т. Ф. Персикова, М. В. Царева // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 79–83.
3. Сафонов, А. Ф. Структура сорного компонента агрофитоценоза и урожайность озимой ржи при длительном применении удобрений и известкования в бессменных посевах и севообороте / А. Ф. Сафонов, В. И. Лабунский // Известия ТСХА. – 2004. – № 3. – С. 21–32.
4. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие: учеб. пособие / В. И. Балабанов [и др.]. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2013. – 148 с.
5. Belenkov, Alexey. Theoretical and practical aspects of basic soil treatment in the conditions of modern soil management systems in Russia / Alexey Belenkov, Mikhail Mazirov, Valeria Arefieva // Eurasian Journal of Soil Science. 2018. – № 7 (4). – P. 300–307.

УДК 631.6

### **ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗВРАТА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ПРИМЕРЕ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Н. А. ВАСИЛЬЕВА, науч. сотрудник

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»,  
г. Москва, Российская Федерация

*Проведена оценка агрохимического состояния залежных земель в Московской области России, показана необходимость доведения агрохимических показателей до оптимальных уровней и рекомендованы соответствующие меры.*

**Ключевые слова:** почвы, оптимальные агрохимические показатели, деградация почв, почвенное плодородие, выбывшие земли, возврат земель.

Возврат неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения является одной из наиболее острых проблем агропромышленного комплекса Российской Федерации. После перехода к рыночной экономике произошли процессы, которые привели к потере значительного количества земель, пригодных для выращивания сельскохозяйственной продукции, и вновь возникла проблема ввода заброшенных земель.

Обширные территории депрессивных сельских районов в настоящее время затрагивает сокращение посевных площадей. В этих районах наблюдается неблагоприятная агроклиматическая, экологическая и демографическая ситуация. Основным фактором, ухудшающим ситуацию, является низкая обеспеченность фермеров трудовыми, материально-техническими и финансовыми ресурсами. Недостаточное при-



менение агротехнических, мелиоративных, агрохимических методов обработки почв приводит к снижению плодородия сельскохозяйственных угодий, и последующему выбытию этих территорий из сельскохозяйственного производства.

Целью работы является оценка целесообразности и эколого-экономической эффективности возвращения в сельскохозяйственное производство земель, выведенных из оборота.

Для достижения этой цели необходимо выполнить ряд задач, в том числе:

- проведение полевых исследований для диагностики агрохимической деградации участков;
- обоснование основных мер, необходимых для введения в оборот заброшенных земель.

### **Анализ состояния выбывших из оборота сельскохозяйственных земель**

Полевые исследования по диагностики состояния выбывших земель проводились на двух опытных участках, находящихся в Дмитровском и Егорьевском районе Московской области Российской Федерации.

Оценка состояния поверхности обследованных участков проводилась путем проведения рекогносцировочных и детальных полевых обследований, включая изучение агрохимических характеристик почв, культурных и технических показателей.

Рекогносцировочные исследования были направлены на визуальное выявление основных процессов деградации территории: зарастание, заболачивание, засорение, затопление. [1]

Согласно почвенной карте Московской области (карта составлена в 1985 году, масштаб 1:300000), обследуемый участок площадью 102,84 га в Дмитровском районе находится в зоне дерново-слабо и среднеподзолистых + дерново-сильноподзолистых почв.

Участок площадью 70,01 га в Егорьевском районе находится в зоне дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв.

С целью определения агрохимической деградации почв неиспользуемых земель и оценки их плодородия проводились полевые агрохимические исследования (отбор проб).

В пределах каждого элементарного участка площадью 1–2 га точечные пробы отбирались равномерно по маршрутному ходу через равные интервалы. Из точечных проб, отобранных с элементарного участка, составлялась объединенная проба, состоящая из 40 точечных проб, в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019, результаты приведены в табл. 1 и табл. 2 [2].

Таблица 1. Результаты агрохимического анализа почвенных проб участка в Дмитровском районе

Показатели испытаний	Единицы измерений	Результаты исследований						
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	Сред. знач.	НСР при t = 2,78
N	%	0,1	0,12	0,1	0,1	0,09	0,102	0,01
N-NH <sub>4</sub>	мг/кг	4,4	4,8	5,3	9,5	9	6,6	3,04
N-NO <sub>3</sub>	мг/кг	3,3	6,2	6,2	5,5	3	4,84	1,96
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	мг/кг	1076	840	168	548	851	696,6	435,07
K <sub>2</sub> O	мг/кг	132	247	204	200	163	189,2	54,32
Кислотность почвы		5,7						
Гидролитическая кислотность	мг-экв/100 г почвы	1,7						
Содержание органического вещества в пахотном горизонте	%	2,5						

Таблица 2. Результаты агрохимического анализа почвенных проб участка в Егорьевском районе

Показатели испытаний	Единицы измерений	Результаты исследований						
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	Среднее значение	НСР при t = 2,78
N	%	0,2	0,19	0,14	0,15	0,07	0,15	0,06
N-NH <sub>4</sub>	мг/кг	3,8	4,6	1,9	3,8	2,7	3,36	1,32
N-NO <sub>3</sub>	мг/кг	7,1	5,4	2,2	4,4	2,7	4,36	2,49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	мг/кг	130	66	87	76	229	117,6	83,15
K <sub>2</sub> O	мг/кг	70	51	100	61	23	61	34,87
Кислотность почвы		5,23						
Hг	мг-экв/100 г почвы	1,88						
Содержание гумуса	%	1,9						

Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур на вновь освоенных землях возможно при повышении плодородия почв, доведении содержания подвижных форм фосфора и калия до оптимальных уровней, необходимых для последующего получения высоких урожаев.

Достижение определенного уровня плодородия – это модель оптимальных свойств почвы, и ее поддержание обеспечивается за счет использования удобрений (табл. 3) [3].

**Таблица 3. Модель оптимальных свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой и среднесуглинистой почвы и методы обеспечения их достижения**

Показатели плодородия	Оптимальные значения	Приемы окультуривания
Гумус	2,0–2,5 %, запас 60–70 т/га, Сгк : Сфк = 1,1–1,2	Органические удобрения 10–14 т/га
Содержание N	NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> 3,0–4,5 мг/100 г, возможное потребление за вегетацию 50–60 кг/га	Органические удобрения 10–14 т/га, азотные удобрения 90–100 кг/га
Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	25–30 мг/100 г по Кирсанову, возможное потребление из почв за вегетацию 60–70 кг/га	Фосфорные удобрения для создания положительного баланса
Содержание K <sub>2</sub> O, обменного	20–25 мг/100 г, потребление из почв за вегетацию 180–200 кг/га	Калийные удобрения для создания положительного баланса
Микроэлементы	Cu-3–4; Co-0,8–1,2; Mg-0,2–0,4; B-0,5–0,6; Zn-6–7 мг/кг	Микроудобрения
pH	pH <sub>KCl</sub> 6,0–6,5, Hг -1,5–2 мг-экв/100 г	Известкование в расчете на нейтрализацию 0,75–1,0 г. к. раз в 4–5 лет

По результатам агрохимических анализов можно сделать вывод, что только участок в Егорьевском районе имеет низкое содержание подвижных форм фосфора и калия. Для создания положительного баланса элементов питания рекомендуемая норма внесения фосфорных удобрений составит 31,8 ц / га, калийных удобрений – 54,9 кг / га.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кирейчева, Л. В. Методика эколого-экономического обоснования введения земель в сельскохозяйственный оборот или перевод их в другие категории / Л. В. Кирейчева; под общ. ред. чл.-корр. РАН В. А. Шевченко. – М.: ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2020.
2. ГОСТ Р 58595-2019 Почвы. Отбор проб. Электронный ресурс <https://internet-law.ru/gosts/gost/71989/>.
3. Кулаковская, Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений: научное издание / Т. Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 220 с.

## ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК БИОЛОГИЧЕСКИМИ СТИМУЛЯТОРАМИ РОСТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Н. А. ВОРОНКОВА, д-р с.-х. наук, доцент,  
ФГБНУ «Омский АНЦ»,  
ФГБОУ ВО «ОмГТУ»,  
г. Омск, Российская Федерация

В. А. ВОЛКОВА, канд. с.-х. наук,  
Н. А. ЦЫГАНОВА, канд. с.-х. наук,  
Н. Ф. БАЛАБАНОВА, канд. с.-х. наук  
ФГБНУ «Омский АНЦ»,  
г. Омск, Российская Федерация

*Проведены исследования по изучению влияния некорневой подкормки посевов яровой мягкой пшеницы янтарной кислотой и НВ-101 на урожайность. Продуктивность культуры определялась уровнем минерального питания и зависела от применения некорневых подкормок: на удобренном фоне в варианте НВ-101 прибавка составила 0,07 т/га (3 %), в варианте янтарной кислоты – 0,32 т/га (13 %).*

***Ключевые слова:** яровая пшеница, почва, некорневая подкормка, стимуляторы роста, фотосинтетический потенциал, урожайность.*

Применение физиологически активных веществ выступает резервом повышения продуктивности и улучшения качества сельскохозяйственной продукции, так как они оказывают положительное регуляторное действие на рост и развитие растений в результате активации физиолого-биохимических процессов в растении [1]. Один из способов их применения – некорневая подкормка посевов сельскохозяйственных культур регуляторами роста, содержащими биологически активные вещества и микроэлементы [2]. К таким веществам относится Виталайзер НВ-101 – экологически чистый стимулятор роста, в состав которого входят органический кремний (75 %) и экстракты кедра, кипариса, подорожника, сосны и платана (25 %). По заявлению производителя, препарат экономичен, удобен в употреблении, не имеет срока годности, не требует специальных условий хранения. НВ-101 отлично зарекомендовал себя на предприятиях защищенного грунта, таких как ЗАО «Белая Дача», объектах компании Profi Green, ЗАО «ВеснаТихвин» и других. Однако, действие препарата на зерновые культуры изучено недостаточно, имеются лишь отдельные несистематические данные. Так, в условиях Волгоградской области, в результате предпосевной обработки семян НВ-101 на светло-каштановых почвах повышалась полевая всхожесть ячменя, прибавка в урожайности в опыте составила 0,38 т/га. Положительное действие отмечали исследователи озимой пшеницы – влияние предпосевной обработки семян в сочета-

нии с некорневой подкормкой было неустойчивым в зависимости от сложившихся метеоусловий и сортовой реакции растений, прибавка урожайности варьировала от 0,20 до 0,40 т/га.

В органах растений содержится достаточно большое количество органических кислот, которые образуются на первых стадиях жизненного цикла растений и в дальнейшем принимают участие в метаболических процессах. Среди органических кислот янтарная кислота занимает особое место, поскольку она по интенсивности окисления и аккумуляции энергии резко превышает другие кислоты. Янтарная кислота – естественный продукт, вырабатывающийся в клетках животных и растений, образуется в результате жизнедеятельности микроорганизмов. Она является регулятором роста растений, стрессовым адаптогеном и активатором роста, который улучшает усвояемость веществ из почвы. Янтарная кислота применяется в растениеводстве в виде водных растворов для предпосевной обработки семян и опрыскивания растений по вегетации в концентрации 0,02–0,002 %. Предпосевная обработка семян янтарной кислотой в концентрации  $10^{-3}$  М стабильно повышает урожай различных культур на 20–30 % [3]. При более благоприятных условиях можно прогнозировать повышение урожая на 30–40 %. Стимуляция ростовых процессов наблюдается в довольно широком диапазоне концентраций, от 2 мг до 1–2 г на 1 л воды [4].

В связи с этим цель нашего исследования – установить эффективность некорневой подкормки стимуляторами роста НВ-101 и янтарной кислотой при выращивании яровой мягкой пшеницы на лугово-черноземной почве в лесостепной зоне Западной Сибири.

Исследования проводились в лаборатории агрохимии ФГБНУ «Омский АНЦ» в стационарном зернопаровом пятипольном севообороте на поле – пшеница по пару. Объектами исследования являлись яровая мягкая пшеница сорта Омская 36 и агрохимические препараты НВ-101 и янтарная кислота. Исследование проводилось в условиях 2018 г. За вегетационный период выпало 245 мм осадков, что составило 124 % от среднееголетнего значения. Средняя температура за 4 месяца была на 1 °С ниже среднееголетнего значения. Гидротермический коэффициент составил 1,31. Почва опытного участка – лугово-черноземная среднемошная среднегумусовая тяжелосуглинистая. Опыт был заложен на двух фонах удобрённости: 1) Без удобрений, 2) Удобрённый фон ( $N_{18}P_{42}$ , кг д. в./га севооборотной площади). Площадь одной делянки – 16 м<sup>2</sup>. Расположение делянок рендомизированное. Повторность в опыте четырехкратная. Схема опыта предусматривала некорневую подкормку однократно в фазу кушения (22 июня) на трех вариантах: 1. Контроль (опрыскивание дистиллированной водой); 2. НВ-101 (1 мл на 10 л воды), 3. Янтарная кислота (0,02 %). Расход рабочего раствора 300 л/га.

Исследованиями установлено, что запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом оценивались как хорошие – более 130 мм. На фоне без удобрений содержание N-NO<sub>3</sub> в слое 0–20 см оценивалось по градации А. Е. Кочергина как среднее – 14,0 мг/кг, а на минеральном фоне – высокое (26,9 мг/кг). Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в почве на удобренном фоне (245 мг/кг) было на 67 % выше в сравнении с фоном без удобрений (147 мг/кг). Расчет фотосинтетического потенциала выполнен по формуле А. А. Ничипоровича [5].

Для комплексной оценки фотосинтетической деятельности растений применяется показатель, который объединяет формирование листовой поверхности растений и продолжительность работы листового аппарата – фотосинтетический потенциал. Фотосинтетический потенциал характеризует продолжительность работы определенной площади листьев за соответствующий отрезок времени (м<sup>2</sup>/сутки).

Изменения фотосинтетического потенциала в зависимости от некорневой подкормки и фона удобренности в основные фазы развития растений представлены в табл. 1.

Таблица 1. Влияние некорневой подкормки стимуляторами роста на фотосинтетический потенциал яровой пшеницы, тыс. м<sup>2</sup>/га·сут

Вариант	Фаза вегетации		
	кущение	выход в трубку	колошение
<b>Фон без удобрений</b>			
Контроль	50,4	151,2	137,4
НВ-101	54,6	156,8	187,8
Янтарная кислота	56,0	172,2	205,8
<b>Фон удобренный</b>			
Контроль	83,3	266,0	244,8
НВ-101	84,7	298,2	283,2
Янтарная кислота	86,1	360,5	325,8

На начальном этапе в фазу кушения (то есть через 5–7 дней после подкормки) на различных фонах удобренности показатель фотосинтетического потенциала практически не изменялся в зависимости от подкормки. Величина фотосинтетического потенциала на фоне без удобрений варьировала в пределах 50,4–205,8 тыс. м<sup>2</sup>/га·сут. Этот показатель был максимальным в фазу колошения 205,8 тыс. м<sup>2</sup>/га·сут. в варианте некорневой подкормки янтарной кислотой, что на 50 % выше контроля. Улучшение питания растений на удобренном фоне привело к росту показателя фотосинтетического потенциала от 83,3 до 360,5 тыс. м<sup>2</sup>/га·сут. Интенсивное нарастание листовой поверхности к фазе выхода в трубку в варианте некорневой подкормки янтарной кислотой повлияло на величину фотосинтетического потенциала, который составил 360,5 тыс. м<sup>2</sup>/га·сут, что на 36 % выше контроля. В фазу ко-

лошения некорневая подкормка НВ-101 обеспечила возрастание фотосинтетического потенциала на 16 %, а янтарной кислотой – на 33 %.

Продуктивность культуры является интегральным показателем, характеризующим эффективность приемов интенсификации. В опыте установлено, что некорневая подкормка НВ-101 незначительно повлияла на продуктивность изучаемой культуры независимо от фона удобрённости (табл. 2). Общая прибавка от внесения минеральных удобрений и внекорневой подкормки НВ-101 составила 0,52 т/га (+21 %).

Таблица 2. Влияние некорневой подкормки стимуляторами роста на урожайность зерна яровой пшеницы

Фон	Вариант некорневой подкормки	Урожайность, т/га	Общая прибавка к контролю, %
Без удобрений	Контроль	1,97	100
	НВ-101	1,87	95
	Янтарная кислота	2,16	110
Удобрённый	Контроль	2,32	118
	НВ-101	2,39	121
	Янтарная кислота	2,62	133
НСР <sub>05</sub>		0,25	–

Некорневая подкормка янтарной кислотой в зависимости от фона удобрённости позволила получить прибавки урожайности в опыте от 10 до 13 %. Максимальная урожайность в опыте отмечена в варианте комплексного применения минеральных удобрений и некорневой подкормки янтарной кислотой и составила 2,62 т/га, на 33 % выше, чем в контрольном варианте (1,97 т/га).

Таким образом, продуктивность культуры в опыте определялась уровнем минерального питания и зависела от применения некорневых подкормок. Некорневая подкормка стимуляторами роста положительно повлияла на фотосинтетическую активность растений пшеницы. Применение НВ-101 на удобрённом фоне обеспечило прибавку урожайности 0,07 т/га (3 %), в варианте янтарной кислоты – 0,32 т/га (13 %).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Поддубный, О. А. Некорневые подкормки как фактор оптимизации питания сельскохозяйственных культур / О. А. Поддубный О. В. Поддубная // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения: матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной памяти ученых: Анны Ивановны Горбывевой, Юрия Павловича Сиротина и Вадима Ивановича Тюльпанова. – Горки, 2019. – С. 341–343.
2. Применение ростостимуляторов при возделывании яровой мягкой пшеницы / Н. А. Воронкова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 10. – С. 73–77.
3. Цыганова, Н. А. Эффективность применения органических кислот на яровой мягкой пшенице / Н. А. Цыганова // Агрехимический вестник. – 2020. – № 3. – С. 71–74.

4. Андрианова, Ю. Е. Влияние янтарной кислоты на продуктивность сельскохозяйственных растений, урожай и его качество / Ю. Е. Андрианова, Н. И. Сафина, Н. Н. Максютова // Агрехимия. – 1996. – № 8–9. – С. 118–123.

5. Ничипорович, А. А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А. А. Ничипорович. – М.: Изд. АН СССР, 1961. – 185 с.

УДК 631.840

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗНЫХ ДОЗ КОМПЛЕКСНОГО УДОБРЕНИЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕЯННОГО ГАЗОНА

В. К. ГВОЗДЬ, магистр,  
Н. А. АЛЕКСАНДРОВ, аспирант,  
Т. М. ДЖАНЧАРОВ, канд. биол. наук, доцент  
«ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева»,  
г. Москва, Российская Федерация

М. М. ВИЗИРСКАЯ, канд. биол. наук, руководитель отдела агрохимического сервиса  
ООО «ЕвроХим ТрейдингРус»,  
г. Москва, Российская Федерация

*В основу опыта положен тезис о том, что формирование качественного газонного покрытия, устойчивого к антропогенным и климатическим нагрузкам, в наибольшей степени зависит от дозы комплексного удобрения и сбалансированности макроэлементов в нем.*

**Ключевые слова:** *сеянный газон, комплексные минеральные удобрения, минеральное питание, травостой, мятлик, овсяница, биомасса, нитроаммофоска, проективное покрытие.*

Газоны выполняют ряд важных функций: депонируют углекислый газ, способствуют оседанию пыли, регулируют состав атмосферного воздуха, предотвращают эрозию почвы, улучшают микроклимат городской среды благодаря процессам фотосинтеза и транспирации [2], доставляют эстетическое наслаждение, для обеспечения высокого качества сеянных газонных травостоев необходимо подбирать оптимальное минеральное питание [1], так как качество сеянного газона зависит от многих факторов: погоды, предварительной обработки почвы, последующего ухода [2].

Цель проекта: выявить способы формирования наиболее качественных и устойчивых сеянных газонов с помощью оптимальных доз комплексного удобрения Нитроаммофоска.

Идеальный сеянный газон должен иметь однородный по густоте и цвету травостой, однородную окраску, прочную и упругую дернину [2], формирование устойчивых газонных покрытий требует особого подхода – искусственного формирования почв с необходимыми агрофизическими свойствами и систематического применения удобрений [3].



В комплексном удобрении Нитроаммофоска сбалансированно содержание макроэлементов NPK 16:16:16, при его периодическом внесении подкормок в установленные сроки в наибольшей степени проявляется действие макроэлементов:

1) азот стимулирует рост вегетативной массы, повышает величину зеленой массы, способствует лучшему усвоению фосфора и непосредственно поглощается корнями растений;

2) фосфор участвует в процессах фотосинтеза, способствует формированию сильной корневой системы, улучшает усвоение воды растениями, усиливает устойчивость к болезням и засухе;

3) калий обеспечивает нормальное течение фотосинтеза, устойчивость газонных трав к засухе.

Опыт заложен в августе 2021 г. на территории Экологического стационара РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. В качестве тестового объекта выбран сеяный газон. Состав трав для сеяного газона представлен следующим образом – мятлик луговой (10 %), овсяница красная измененная (30 %), овсяница красная (45 %), овсяница овечья (10 %), полевица побегоносная (5 %)[3].

В качестве тестируемого комплексного удобрения использовалась Нитроаммофоска (NPK 16-16-16). В опыте 5 вариантов (таблица) каждый из которых заложен в 3-кратной повторности, расположение делянок рандомизированное.

**Схема опыта**

№	Вариант	Код варианта
1	Контроль сеяный газон	СК
2	Сеяный газон+Нитроаммофоска NPK 16:16:16 (10 г/м <sup>2</sup> )	СК10
3	Сеяный газон+Нитроаммофоска NPK 16:16:16 (30 г/м <sup>2</sup> )	СК30
4	Сеяный газон+Нитроаммофоска NPK 16:16:16 (40 г/м <sup>2</sup> )	СК40
5	Сеяный газон+Нитроаммофоска NPK 16:16:16 (60 г/м <sup>2</sup> )	СК60

В режиме мониторинга (1 раз в 10 дней) для оценки формирования и функционирования газонов будут оцениваться следующие показатели: масса наземной биомассы, масса 1 см<sup>3</sup> высушенного дерна, масса корней из 0,5 дм<sup>3</sup> почвы, плотность газонного покрытия, цветность, высота травостоя, содержание хлорофилла (N-тестер) [3].

Текущий период от момента посадки до ухода в зиму относится к периоду закладки опыта или старту эксперимента. На данном этапе проведен первый укос с взвешиванием биомассы перед уходом газона в зиму и измерена высота травостоя сеянных газонов.

В ходе исследований, проведенных в период с августа по ноябрь, сделан укос наземной биомассы, осуществлен замер высоты травостоя, проведена фотофиксация проективного покрытия участков и отобра-

ны образцы для проведения агрохимического почвенного анализа, измерения массы дернины и массы корневой системы.

Данные укосов показывают, что применение комплексного удобрения Нитроаммофоска оказало значительное положительное влияние на прибавку биомассы и высоту травостоя. Для изучаемого сеянного газона максимальный прирост биомассы наблюдался при применении дозы 60–566 г/м<sup>2</sup>, минимальный биомассы наблюдался при применении дозы 10–85 г/м<sup>2</sup>. При изучении влияния дозы комплексного удобрения на высоту травостоя было выявлено: наиболее высокие показатели показала доза 60 г/м<sup>2</sup> – 14 см, наиболее низкое значение показала доза 10 г/м<sup>2</sup> – 6 см.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Архипова, Л. В. Критерии оценки качества газона на грингах гольф-полей / Л. В. Архипова. – МГУЛ, выпуск 6, 01/2008 – 12/2008.
2. Мазиров, И. М. Газон. Создание и уход / И. М. Мазиров. – М.: ЛитРес: Самиздат, 2019. – 107 с.
3. Экологическая оценка качественных характеристик газонных травостоев рулонного типа при использовании различных видов минеральных удобрений и перлита / В. К. Гвоздь [и др.] // Сб. науч. тр. XXIV Междунар. науч.-практ. конф. – Ростов н/Д, 2021. – С. 409–413.

УДК 631.8

## **ВЛИЯНИЕ ГУМИНОВОГО ПРЕПАРАТА НА СОДЕРЖАНИЕ ГУМУСА В ЧЕРНОЗЕМЕ ОБЫКНОВЕННОМ КАРБОНАТНОМ ПОД ГОРОХОМ**

С. С. КАРТАШЕВ, аспирант  
О. С. БЕЗУГЛОВА, д-р биол. наук, профессор

Южный федеральный университет,  
г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

*Приведено изменение содержания гумуса в черноземе обыкновенном карбонатном при возделывании гороха по вариантам опыта с гуминовым препаратом на неудобренном фоне и на фоне с минеральными удобрениями. Гуминовый препарат ВЮ-Дон применялся как самостоятельно в виде опрыскивания по листу, так и в виде баковой смеси с инсектицидом. Установлено, что фолитарная обработка посевов гороха гуминовым препаратом не влияет на такой показатель, как содержание гумуса.*

*Ключевые слова.* чернозем обыкновенный карбонатный, горох, гуминовый препарат, гербициды, гумус.

Главной целью современного сельского хозяйства является повышение качества и увеличение количества растениеводческой продукции при минимальных энергозатратах. К актуальному направлению по оптимизации почвенных процессов и питанию культурных растений

можно отнести применение гуминовых препаратов. Среди агрохимических показателей плодородия важнейшим является содержание гумуса в почве, вследствие этого, усовершенствование и разработка новых систем земледелия, поддерживающих количество гумуса на постоянном уровне, относится к одной из основных задач.

Содержание гумуса колеблется в широких пределах: от 0,5 % в малоплодородных почвах до 10 % в черноземах. Растения, выращенные на почвах с высоким содержанием гумуса, менее подвержены стрессу и имеют повышенную устойчивость к болезням, к пестицидам и другим внешним условиям.

Применение гуминовых удобрений и препаратов, действующим веществом которых являются гуминовые кислоты и фульвокислоты, существенно изменяет условия почвенного питания растений, которое вызывается активным усилением процессов мобилизации питательных веществ в форме, усвояемой для растений. Гуматы стимулируют микроорганизмы и, следовательно, способствуют восстановлению гумуса. Гумусное состояние почвы, обеспечивающее получение максимальной урожайности возделываемых культур и эффективное использование удобрений следует считать оптимальным для каждой культуры. Воробьев с соавторами [2] приводят такие значения содержания гумуса в дерново-подзолистой почве в зависимости от гранулометрического состава: на суглинках – 2,5–3,0 %; на супесях, подстилаемых мореной с глубины до 1 м, – 2,0–2,5 %; на песках – 1,8–2,2 %. Следует учитывать, что требования культур к уровню гумусированности также различаются. Так, наибольшая урожайность озимой ржи была получена при содержании гумуса в почве 1,45 %; озимой пшеницы – 3,5 %; ячменя и овса – при 1,7 %. В Ростовской области черноземы обыкновенные карбонатные являются наиболее высокоплодородными почвами. Однако по содержанию гумуса в перегнойно-аккумулятивном горизонте они относятся к малогумусным. Этот факт усиливает актуальность мониторинговых исследований гумусного состояния почв.

Исследования проводились на стационаре агрохимии и защиты растений ФГБНУ ФРАНЦ на черноземе обыкновенном карбонатном. Культура – горох, сорт Альянс, оригинатор сорта ФГБНУ ФРАНЦ. Агротехническое значение гороха в том, что он обогащает почву ценной органической массой и азотом, пополняет пахотный слой фосфором, калием, кальцием, является хорошим фитосанитаром, улучшает структуру почвы и повышает ее плодородие, а также является ценным предшественником

В качестве гуминового препарата использовали ВЮ-Дон, субстратом для его получения является продукт переработки навоза сельскохозяйственных животных компостными червями вида *Eisenia foetida*. Данный препарат разбавляли до оптимальной концентрации 0,001 %,

и, согласно схеме опыта (табл. 1), обрабатывали растения по листу раствором гуминового препарата либо в составе баковой смеси со средством химической защиты – инсектицидом (СХЗ). Схема опыта включала 8 вариантов. Исследования вели на двух фонах – без удобрений и с минеральными удобрениями. В качестве удобрения использовали азофоску (16:16:16), удобрение вносили при посеве, 250 кг/га в физическом весе ( $N_{40}P_{40}K_{40}$ ).

Таблица 1. Схема опыта (К – контроль без применения гербицидов); Х – химическая система защиты растений; Г – гуминовый препарат)

Вариант	I повторность		II повторность		III повторность	
	К	К+Г	К	К+Г	К	К+Г
Фон $N_{40}P_{40}K_{40}$	К	К+Г	К	К+Г	К	К+Г
	Х	Х+Г	Х	Х+Г	Х	Х+Г
Контроль: без удобрений	К	К+Г	К	К+Г	К	К+Г
	Х	Х+Г	Х	Х+Г	Х	Х+Г

Для гербицидных обработок при выращивании гороха рекомендован препарат Гезагард, КС (500 г/л прометрина), относящийся к классу триазинов. Это системный гербицид широкого спектра действия против и двудольных, и однодольных сорняков. Поэтому для зернобобовых культур используется только для обработки почвы до появления всходов. В качестве инсектицида использовали Би-58 Новый, который очень токсичен, его действующее вещество – диметоат – может очень сильно угнетать вегетирующие растения. Дополнительное внесение гуминового препарата в баковую смесь снижает стрессовую нагрузку, при этом прибавка к урожайности бобовых культур увеличивается до 30 %. Обработка баковой смесью была проведена в фазу формирования бобов. Отбор почвенных образцов был произведен из пахотного слоя после сбора урожая.

Определение органического вещества проводили по методу И. В. Тюрина в модификации В. Н. Симакова. Метод основан на окислении органического вещества 0,4 н. раствором бихромовокислого калия ( $K_2Cr_2O_7$ ), приготовленного на серной кислоте. Не пошедший на окисление остаток хромовой смеси оттитровывают солью Мора. По количеству хромовой смеси, израсходованной на окисление органического углерода, судят о его количестве [1].

Полученные результаты представлены в табл. 2. Изменения количества гумуса на участках с применением гуминового препарата по сравнению с участками без его применения не зафиксировано. Имеющиеся различия находятся в пределах ошибки метода. Учитывая тот факт, что на всех вариантах с гуминовым препаратом и ХСЗ получен более высокий выход продукции можно сделать вывод, что применение биологически активного препарата не приводит к снижению содержания гумуса. В литературе имеются указания на увеличение содержания гумуса при

использовании гуминовых удобрений, однако в этих целях гуминовые удобрения вносятся в почву и применяются более высокие дозировки.

**Таблица 2. Влияние гуминового препарата и средств химической защиты на содержание гумуса в черноземе обыкновенном карбонатном под горохом**

№	Варианты	Урожай- жай- ность гороха, ц/га	Гумус, %				Критерий Стьюдента при сравнении		
			Среднее из по- вторно- стей	Разница			с кон- тро- лем	с фо- ном	вари- антов с ХСЗ между собой
				с кон- тро- лем	с фо- ном	по вариан- там с ХСЗ			
1	Кон- троль	15,3	3,60± 0,35	0	–	–	–	–	
2	К + ГП	17,2	3,67± 0,37	+0,07	–	–	0,14	–	
3	К + ХСЗ	18,5	3,53± 0,18	–0,07	–	0	0,19	–	–
4	К + ХСЗ + ГП	20,1	3,65± 0,31	+0,05	–	+0,12	0,10	–	0,33
5	Фон	17,8	3,65± 0,26	+0,05	0	–	0,12	–	
6	Ф + ГП	20,8	3,41± 0,14	–0,19	–0,24	–	0,52	0,84	
7	Ф + ХСЗ	21,2	3,51± 0,38	–0,09	–0,17	0	0,17	0,31	–
8	Ф + ХСЗ + ГП	23,5	3,56± 0,40	–0,04	–0,09	+0,05	0,07	0,19	–0,10

По результатам исследования можно констатировать, что фолиарная обработка посевов гороха гуминовым препаратом ВЮ-Дон практически не влияет на такое важное свойство почвы, как содержание гумуса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М.: Изд-во Московского университета, 1970. – 488 с.
2. Воробьев, В. Б. Влияние содержания гумуса на урожайность зерна озимой пшеницы, возделываемой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при разных дозах азотного удобрения / В. Б. Воробьев, В. В. Козлова, Е. Ф. Валейша // Вестник БГСХА. – 2014. – № 2. – С. 135–140.

## ОСНОВЫ ОРОШЕНИЯ САДОВ И ЯГОДНИКОВ ИНТЕНСИВНОГО ТИПА

В. М. ЛУКАШЕВИЧ, канд. с.-х. наук, доцент,

В. И. ЖЕЛЯЗКО, д-р с.-х. наук, профессор,

А. А. КОНСТАНТИНОВ, соискатель

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»  
г. Горки, Республика Беларусь

*В настоящее время еще не установлены экспериментально обоснованные критерии обеспеченности плодовых культур влагой естественных осадков в различных природно-климатических зонах. Без влаги не могут протекать ни физические, ни биологические процессы. И все же продуктивность плодовых растений зависит от влаги в такой степени, в какой ее недостаток или избыток ограничивает использование имеющихся термических ресурсов для накопления растительной массы.*

*Ключевые слова:* орошение садов и ягодников, орошаемое промышленное плодоводство, транспирация растений, экономический эффект.

Для обеспечения высокоэффективного производства плодов и ягод в объемах, достаточных для внутреннего рынка и формирования экспортных ресурсов, практическое воплощение в Республике Беларусь находит основное направление в интенсификации плодоводства – закладка крупных промышленных садов с применением в них передовой технологии и организацией базы для товарной обработки, хранения, частичной переработки, а также упаковки и реализации плодов. Изменяется породно-сортовой состав садов. Предпочтение отдается семечковым породам позднезимних сортов, пригодных для длительного хранения, возрастает доля ягодных культур, в том числе и нетрадиционных – брусника, голубика, клюква, что позволит произвести в 2022 г. 800 тыс. тонн плодово-ягодной продукции [1].

Природные условия Республики Беларусь в целом благоприятны для произрастания многих плодовых пород, однако различные районы не равноценны по степени их благоприятности. Климат несколько ограничивает породный и сортовой состав насаждений в направлении с ее юго-запада на северо-восток. На основе комплексной оценки природных факторов, в которой в качестве предпочтительных использованы почвообразующие породы и рельеф, здесь выделено 10 районов перспективной концентрации орошаемого промышленного плодоводства с созданием 12,2 тыс. га садов интенсивного типа.

В настоящее время еще не установлены экспериментально обоснованные критерии обеспеченности плодовых культур влагой естествен-

ных осадков в различных природно-климатических зонах. Без влаги не могут протекать ни физические, ни биологические процессы. И все же продуктивность плодовых растений зависит от влаги в такой степени, в какой ее недостаток или избыток ограничивает использование имеющихся термических ресурсов для накопления растительной массы.

Влага – один из немногих факторов жизнедеятельности растений, поддающихся регулированию. Исследованиями установлено, что у плодовых растений фотосинтез наиболее интенсивно осуществляется не при полной насыщенности клеток водой, а наоборот, при некотором дефиците влаги; ростовые же процессы происходят интенсивнее при высокой их обводненности. Наблюдения показывают, что даже кратковременное нарушение влагообеспеченности не проходит бесследно для плодовых деревьев, уменьшая их листовую поверхность, прирост побегов и штамбов, нарастание кроны, корневой системы и продуктивность [2].

Засушливые периоды способствуют ухудшению условий влагообеспеченности уплотненных садов интенсивного типа на низкорослых подвоях, отличающихся повышенной требовательностью к влажности почвы. Это связано с тем, что у них корневая система не проникает так глубоко, активный влагообмен невелик, листья менее приспособлены к воздушной засухе. Поэтому в условиях неустойчивого режима естественного увлажнения и теплообеспеченности территории Республики Беларусь без орошения выращивание высоких урожаев плодовых культур практически невозможно.

По степени уменьшения устойчивости к недостатку влаги плодовые деревья располагаются в следующей последовательности: вишня, крыжовник, черешня, яблоня, слива, смородина черная. Обратный порядок характеризует сравнительную влаголюбивость пород. В порядке возрастания их теплолюбивости их можно условно разделить на следующие группы: 1) земляника, малина, смородина, крыжовник; 2) яблоня, вишня; 3) слива; 4) черешня.

Для научного обоснования современных технологий орошаемого плодоводства (капельного полива и микрождевания) важно знать размеры расходных статей водного баланса в целом и плодового растения в отдельности. Эти вопросы мало исследованы в полевых и вегетационных опытах. Большинство исследователей, проводивших опыты в молодых и плодоносящих садах, определяли суммарный расход влаги садом. Исследователи, работавшие методом вегетационного опыта, изучали главным образом влияние водного режима на физиологические функции, рост и зимостойкость плодовых растений.

Нашими полевыми исследованиями при орошении дождеванием установлена более устойчивая корреляционная зависимость испарения с поверхности почвы от температуры воздуха, интенсивности транспирации яблоней – от дефицита влажности воздуха и существенная вариация их количественных показателей (0,04–0,44 мм/ч и 0,05–0,55 мг/мин см<sup>2</sup>) в течение периода вегетации. Задержание кроной атмосферных осадков с вероятностью превышения 5 % может достигать 7–26 % в целом за май – сентябрь в зависимости от мощности листового покрова. При этом оказалось, что расход воды на транспирацию за годы исследований составил 58,7 %, испарение задержанной кроной воды – 8,3 %, испарение с поверхности почвы – 33,0 % от суммарного водопотребления яблоневых садов [2, 3].

Однако дополнительного научного обоснования, полевых исследований и разработки укрупненных экологически безопасных норм водопотребности плодово-ягодных культур, плодопитомников, ягодников и плантаций нетрадиционных культур интенсивного типа при микроорошении в Республике Беларусь явно недостаточно, а применение рекомендаций полученных для других условий требует специальной производственной апробации и подтверждения.

При разработке программы исследований по ресурсосберегающим технологиям полива и нормам водопотребности интенсивного пловодства в Республике Беларусь учитывалось, что в предстоящей пятилетке здесь планируется переход от создания технически совершенных к экономически и экологически эффективным мелиоративным системам и отраслям агропромышленного комплекса, что потребует разработки и реализации использования орошаемых земель, обеспечивающего окупаемость затрат на их орошение и эффективное функционирование как систем капельного орошения, так и интенсивного пловодства в целом.

Принятие эколого-экономически оптимальных решений в интенсивном плододстве определяются распределением ресурсов между факторами формирования урожая (сорт, вид, дозы удобрений, средства защиты, режим и технология полива), формированием товаропроводящей сети и т. д. При этом на современном уровне развития агропромышленного комплекса Республики Беларусь потребуется получение максимальной прибыли и рентабельности производства при минимуме их затрат без нанесения экологического ущерба окружающей среде.

Данная задача может быть решена путем построения экономико-экологических моделей и установления подходов и расчетных зависимостей для их решения на основе анализа и обобщения необходимой информации, в том числе и для оптимизации водоемкости интенсивно-



го плодводства Республики Беларусь, как одной из составляющих экономически эффективного и эколого-безопасного развития отрасли.

Предусматриваемые производственные полевые и специальные наблюдения и исследования позволят уточнить возможность применения рекомендуемых расчетных параметров [4] при обосновании режима капельного орошения садов и ягодников промышленного типа и его экономической эффективности. Аппроксимация разработанных моделей оптимизации норм водопотребности будет проведена на базе ОАО «Александрийское» Шкловского района Могилевской области, где площадь промышленного сада с системой капельного орошения и микродождевания займет в ближайшей перспективе 350 га и заканчивается строительство современного фруктохранилища общей вместимостью 6,5 тыс. тонн яблок с регулируемой газовой средой. Затраты по созданию орошаемого сада на промышленной основе полностью окупятся примерно за три года [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 11 марта 2016 г. – № 196.
2. Закон Республики Беларусь «О мелиорации земель» № 423-3 от 23 июля 2008 г.: принят Палатой представителей 24 июня 2008 г.: одобрен Советом Респ. 28 июня 2008 г. – Минск, 2008.
3. Желязко, В. И. Научно-практические и экологические аспекты орошения земель в Беларуси / В. И. Желязко, В. М. Лукашевич // Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – № 2. – С. 36–41.
4. Латушкина Г. В. Эффективность орошения кормовых и овощных культур в условиях Беларуси / Г. В. Латушкина, В. И. Желязко, В. М. Лукашевич // Мелиорация. – 2021. – № 2 (96). – С. 37–41.
5. Желязко, В. И. Сельскохозяйственные мелиорации: учеб.-метод. пособие / В. И. Желязко, В. М. Лукашевич. – Горки: БГСХА, 2020.
6. Воробьев, В. Б. Влияние гумуса на урожайность зерна озимой пшеницы, возделываемой на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при разных дозах азотного удобрения / В. Б. Воробьев, В. В. Козлова, Е.Ф. Валейша // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 2. – С. 135–140.
7. Горбылева, А. И. Об оптимальных уровнях гумусированности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы для некоторых зерновых культур / А. И. Горбылева, В. Б. Воробьев, И. В. Тустова // Эффективность удобрений и плодородие почв: сб. науч. тр / Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1991. – С. 46–49.
8. Bezuglova, O. Effect of Pesticide and Humic Preparation on the Soil Structure during Pea and Chickpea Cultivation / O. Bezuglova, A. Gorovtsov, A. Grinko, S. Kartashev, A. Klimenko, V. Lykhman, E. Patrikeev, E. Polienko // Agronomy, 2021, 11, 2053. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102053>.
9. Pettit, R. E. Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health / R. E. Pettit // CTI Research. – 2004. – С. 1–17. <https://andersonshumates.com/wp-content/uploads/2012/09/Organic-Matter-Importance-in-Soil-Fertility-and-Plant-Health.pdf>.

## БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО ФОСФОРА И ЕГО СОЕДИНЕНИЙ

А. З. МИНДУБАЕВ, канд. хим. наук, ст. науч. сотрудник  
ИЭПТ ФИЦ КазНЦ РАН,  
г. Казань, Российская Федерация

Э. В. БАБЫНИН, канд. биол. наук, доцент  
Татарского НИИАХП ФИЦ КазНЦ РАН,  
г. Казань, Российская Федерация

Ю. В. КАРАЕВА, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник  
ИЭПТ ФИЦ КазНЦ РАН,  
г. Казань, Российская Федерация

*Нами впервые произведены посеы микроорганизмов в культуральные среды, содержащие белый фосфор в качестве единственного источника фосфора. В данных средах микроорганизмы росли и не испытывали фосфорное голодание. Это первый в мире пример включения белого фосфора в биосферный круговорот элемента фосфора. Самая высокая концентрация соответствует превышению ПДК белого фосфора в сточных водах в 5000 раз. Дальнейшие исследования показали, что наши микробные штаммы обезвреживают не только элементный фосфор, но и ряд соединений этого элемента, в том числе пестициды, применяемые в сельском хозяйстве.*

**Ключевые слова:** биодegradация, белый фосфор, красный фосфор, соединения фосфора, *Aspergillus niger*, микроорганизмы.

Главное преимущество биодegradации (обезвреживания неприродных веществ промышленного производства при помощи специализированных микробных культур) по сравнению с существующими альтернативными методами заключается в том, что в окружающую среду не вносятся новые химические загрязнители [1, 2].

Соединения фосфора находят применение в промышленности и производятся крупнотоннажно. Одно из основных применений – в сельском хозяйстве, в качестве пестицидов. В наших работах получены уникальные культуры микроорганизмов, растущие в средах, содержащих токсичные соединения фосфора, в том числе белый и красный фосфор. Микробы превращают их в безвредный для окружающей среды и важный элемент питания сельскохозяйственных растений – фосфат. Предлагаемый нами метод позволяет производить очистку сточных вод предприятий и загрязненных территорий, в том числе сельскохозяйственных угодий.

Наш проект возник в 2009 г. в связи с заинтересованностью голландской фирмы Thermphos International. В 2010 г. сформулирован план работ: дальнейшие исследования стали его последовательной реализацией. В 2011 г. по итогам работы вышла первая публикация. В 2012 г. из осадка сточных вод, в которые добавляли белый фосфор, был выделен пер-

вый штамм устойчивого микроорганизма *Streptomyces* sp. A8. В 2013 г. методом хроматомасс-спектрометрии показана взаимосвязь между активностью микроорганизмов осадка сточных вод и скоростью снижения концентрации белого фосфора в осадке.

В 2014 г. на средства гранта РФФИ 14-08-31091 мол\_а (2014–2015 гг.) «Биологическая деградация промышленных стоков, содержащих белый фосфор и его производные» осуществлена серия работ с первой культуральной средой, содержащей в качестве единственного источника биогенного элемента белый фосфор. Из реактива белого фосфора, внесенного в эту питательную среду, был выделен штамм *Aspergillus niger*. Вещество содержало жизнеспособные споры этого микроорганизма, что демонстрирует изумительную жизнеспособность микроорганизмов [3]. Рост грибов в таких средах свидетельствует о превращении белого фосфора в фосфат, без которого невозможны метаболические процессы и сама жизнедеятельность. Это позволяет пересматривать определение белого фосфора как биоцида.

В 2015 г. показано, что деструкторами белого фосфора являются не только черные аспергиллы, но и плесневые грибы триходермы (*Trichoderma asperellum* F-1087). Выделенный из белого фосфора штамм *A. niger* зарегистрирован в базе Gen Bank под названием AM1. В 2016 г. в результате селекции получен суперустойчивый штамм *Aspergillus niger* AM2, В этом году вышел наш патент № 2603259. В 2017 г. нами впервые продемонстрирована генотоксичность белого фосфора на прокариотическом организме – бактерии *Salmonella typhimurium* и эукариотическом – растении *Allium cepa*. Наши исследования впервые показали, что белый фосфор является сильным мутагеном и даже в низкой концентрации 0,008 % вызывает резкое увеличение частоты генных и геномных перестроек.

В 2018 г. проведены протеомные исследования, оптическая и электронная микроскопия штаммов AM1 и AM2, позволившие установить механизмы адаптации аспергиллов к белому фосфору. Выяснилось, что в устойчивости к этому веществу задействованы, как минимум, три механизма. Утолщение и усложнение структуры клеточной стенки – физического барьера на пути проникновения токсичных веществ в клетки. Увеличение числа и размеров митохондрий – органелл, отвечающих за клеточное дыхание и продуцирующих активные формы кислорода, окисляющие ксенобиотики. Изменение белкового профиля – появление белков, запускающих каскадные реакции ответа на стрессирующие факторы.

Методом ядерного магнитного резонанса установлены метаболиты белого фосфора. Показано влияние наших штаммов аспергилла на деструкцию белого фосфора. Успешно ведутся работы по расширению спектра обезвреживаемых соединений, включающего красный фосфор

и гербицид глифосат. Показано, что красный фосфор – вторая практически значимая аллотропная модификация этого элемента – также служит источником фосфора для наших штаммов. Более того, он не проявляет токсические свойства в отношении аспергиллов. Штаммы *A. niger* AM1 и AM2 задепонированы во Всероссийской коллекции микроорганизмов с целью дальнейшего патентования. За период 2019 г. оптимизирован состав культуральных сред, обнаружена минимальная ингибирующая концентрация белого фосфора для грибов.

В 2020 г. построены филогенетические деревья штамма AM1. Согласно полученным данным, штамм AM1 имеет китайское происхождение и, вероятно, был завезен в Россию вместе с белым фосфором китайского производства. У близкородственных штаммов способность к усвоению фосфора из труднодоступных источников уже сформировалась эволюционно – они растворяют малорастворимые фосфатные минералы и делают почвенный фосфор более доступным. В настоящее время готовится работа по полной расшифровке геномов AM1 и AM2.

В перспективе планируется создание коммерческих биопрепаратов на основе наших культур микроорганизмов для очистки грунтов и почв, в первую очередь, сельхозугодий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Wackett, L. P. The Metabolic Pathways of Biodegradation / L. P. Wackett // The Prokaryotes. – 2013. – Vol. 2. – P. 383–393. 10.1007/978-3-642-31331-8\_76
2. Biodegradation: Updating the Concepts of Control for Microbial Cleanup in Contaminated Aquifers / R. U. Meckenstock, M. Elsner, C. Griebler, T. Lueders, C. Stumpp, J. Aamand, S. N. Agathos, H.-J. Albrechtsen, L. Bastiaens, P. L. Bjerg, N. Boon, W. Dejonghe, W. E. Huang, S. I. Schmidt, E. Smolders, S. R. Sørensen, D. Springael, B. M. van Breukelen // Environ. Sci. Technol. – 2015. – Vol. 49. – No. 12. – P.7073-7081. DOI: 10.1021/acs.est.5b00715.
3. Biological Degradation of Yellow (White) Phosphorus, a Compound of First Class Hazard / A. Z. Mindubaev, E. V. Babynin, E. K. Bedeeva, S. T. Minzanova, L. G. Mironova, Y. A. Akosah // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2021. – Vol. 66. – No. 8. – P. 1239–1244. DOI: 10.1134/S0036023621080155.

УДК 631.454

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ ПОЧВ В ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЯХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА

В. Ю. ПАВЛОВ

ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова»,  
г. Москва, Российская Федерация

*Приведен пример расчета потребности в органических удобрениях для доведения актуального содержания гумуса в почве до оптимального уровня.*

**Ключевые слова:** органические удобрения, баланс гумуса, оптимальное содержание.

Актуальное содержание гумуса, в различных почвах часто не соответствует его оптимальному уровню, необходимому для получения наибольшего урожая для данных почвенно-климатических условий. Для приведения значения данного параметра к оптимальному уровню необходимо дополнительное поступление в почву органического вещества. В данной статье нами приведен пример подхода к решению данной задачи.

В литературе баланс гумуса рассчитывается следующим образом (формула (1)) [1]:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n (\Gamma * \beta_i * K_3 + \Gamma_{zi} - A_i * K_i * \alpha_i)}{\gamma * K}, \quad (1)$$

где  $H$  – доза органических удобрений, необходимая для создания уравновешенного баланса гумуса, т/га;

$\Gamma$  – запас гумуса в пахотном слое, т/га;

$\Gamma_{zi}$  – потери гумуса при эрозии, т/га;

$\beta_i$  – коэффициент минерализации гумуса;

$K_3$  – поправочный коэффициент на элемент рельефа;

$A_i$  – количество пожнивно-корневых остатков, т/га;

$K_i$  – коэффициент пересчета растительных остатков на органическое вещество;

$\alpha_i$  – коэффициент гумификации растительных остатков  $i$ -й культуры;

$\gamma$  – коэффициент гумификации органических удобрений;

$K$  – коэффициент пересчета органических удобрений на органическое вещество;

$n$  – количество культур в севообороте.

Потери гумуса в результате минерализации и эрозии собственно и обеспечивают разницу между оптимальным и актуальным гумусовым состоянием почв различных типов. Основная задача заключается в том, чтобы поднять уровень содержания гумуса до оптимальных значений. Приходными статьями является поступление органического углерода с органическими удобрениями, сидератами, а также пожнивными и корневыми остатками. Расходной статьёй является процесс минерализации гумуса под сельскохозяйственными культурами. То есть разница между оптимальными и реальными показателями содержания гумуса (в %) должна соответствовать количеству гумуса, образовавшегося из поступивших растительных остатков и органических удобрений (в т/га) за вычетом потерь от минерализации. Содержание гумуса 1 % соответствует при оптимальной плотности почвы  $1,1 \text{ г/см}^3 - 22 \text{ т/га}$ . При увеличении плотности почвы на  $0,1 \text{ г/см}^3$  количество гумуса соответственно увеличивается на  $0,2 \text{ т/га}$ .

Таким образом, для решения поставленной задачи необходимо знать:

- актуальное и оптимальное содержание гумуса для конкретного типа почв конкретной природной зоны;
- культуры, которые предполагается выращивать (если предполагается), величину поступления пожнивных и корневых остатков с них в зависимости от урожая, содержание в них органического вещества, коэффициент его гумификации;
- величину минерализации гумуса в процессе выращивания конкретной культуры;
- содержание органического вещества в удобрительных субстратах, предполагаемых к внесению, коэффициент его гумификации.

В Почвенном институте им. В. В. Докучаева на основании большого количества экспериментальных данных были установлены количества растительных остатков в зависимости от величин урожая основной продукции и предложены простые уравнения линейной регрессии, позволяющие рассчитать размеры побочной продукции, поверхностных и корневых остатков. Имеются также регрессионные уравнения для расчета растительных остатков (табл. 1).

Таблица 1. Биомасса растительных остатков (Y) в зависимости от основной продукции (X) сельскохозяйственных культур (X), ц/га [2]

Культура	Урожай	Уравнения регрессии для вычисления массы растительных остатков		
		Побочная продукция (солома, ботва)	Поверхностные остатки	Корни
1	2	3	4	5
Рожь озимая	10–25	$Y=1,8X+3,8$	$Y=0,3X+3,2$	$Y=0,6X+8,9$
	26–40	$Y=1X+25$	$Y=0,6X+6,3$	$Y=0,6X+13,9$
Пшеница озимая	10–25	$Y=1,7X+3,4$	$Y=0,4X+2,6$	$Y=0,9X+5,8$
	26–40	$Y=0,8X+25,9$	$Y=0,1X+8,9$	$Y=0,7X+10,2$
Пшеница яровая	10–20	$Y=1,3X+4,2$	$Y=0,4X+1,8$	$Y=0,8X+6,5$
	21–30	$Y=0,5X+19,8$	$Y=0,2X+5,4$	$Y=0,8X+6$
Ячмень	10–20	$Y=0,9X+6,5$	$Y=0,4X+1,8$	$Y=0,8X+6,5$
	21–35	$Y=0,9X+7,2$	$Y=0,09X+7,6$	$Y=0,4X+13,4$
Овес	10–20	$Y=1,5X-1,2$	$Y=0,3X+3,2$	$Y=1,0X+2$
	21–35	$Y=0,7X+16,2$	$Y=0,15X+3,1$	$Y=0,4X+16$
Горох	5–20	$Y=1,3X+4,5$	$Y=0,14X=3,5$	$Y=0,66X+7,5$
	22–30	$Y=1,2X+3$	$Y=0,2X+1,7$	$Y=0,37X+12,9$
Картофель	50–200	$Y=0,12X+2$	$Y=0,04X=1$	$Y=0,08X+4$
	201–350	$Y=0,1X+3,9$	$Y=0,03X+4,1$	$Y=0,06X+8,6$
Свекла сахарная	100–200	$Y=0,14X+1,7$	$Y=0,02X+0,8$	$Y=0,07X+3,5$
	201–400	$Y=0,1X=10$	$Y=0,003X+2,3$	$Y=0,06X+5,4$
Овощи	50–200	$Y=0,12X+0,5$	$Y=0,02X+1,5$	$Y=0,06X+5$
	250–400		$Y=0,006X+3,6$	$Y=0,04X+6$

1	2	3	4	5
Корнеплоды кормовые	50–200 200–400	$Y=0,08X+0,1$ $Y=0,11X-4,6$	$Y=0,01X+1$ $Y=0,003X+2,4$	$Y=0,05X+5,5$ $Y=0,05X+5,2$
Кукуруза на силос	100–200 201–350	– –	$Y=0,03x+3,6$ $Y=0,02X+5$	$Y=0,12X+8,7$ $Y=0,08x+16,2$
Травы одно- летние	10–40	–	$Y=0,13x+6$	$Y=0,07X+7,5$
Травы много- летние	10–40 30–60	– –	$Y=0,2X+6$ $Y=0,1x=10$	$Y=0,8X+11$ $Y=1x+15$

Коэффициент пересчета на органическое вещество и коэффициент гумификации, взятые из литературных источников, представлены в табл. 2.

Таблица 2. Коэффициент пересчета на органическое вещество и коэффициент гумификации пожнивно-корневых остатков и органических удобрений [1]

Источники органического вещества	Коэффициент пересчета на органическое вещество	Коэффициент гумификации
Пожнивно-корневые остатки зерновых, зернобобовых и многолетних трав	0,8	0,2
Пожнивно-корневые остатки сахарной свеклы, корнеплодов, картофеля, овощей	0,8	0,1
Пожнивно-корневые остатки многолетних бобовых трав	0,8	0,25
Навоз КРС подстилочный	0,25	0,25
Навоз свиной подстилочный	0,25	0,25
Навоз КРС полужидкий	0,13	0,25
Навоз КРС жидкий	0,05	0,25
Помет птичий подстилочный	0,54	0,25
Компост торфо-навозный	0,28	0,25
Сидераты	0,18	0,1
Солома злаковых и бобовых культур	0,8	0,2

При возделывании различных культур происходит минерализация гумуса. Определить ее для небобовых культур можно по формуле 2, взятой из литературы [3]:

$$P = Y \cdot N_B \cdot K_M \cdot P_{KM} \cdot 20 : 10, \quad (2)$$

где P – потери гумуса, кг/га;

Y – урожайность сельскохозяйственной культуры, ц/га (табл. 1, 2);

$N_b$  – вынос азота с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг (табл. 4);

$K_m$  – коэффициент минерализации гумуса с поправкой на культуру;

$P_{км}$  – поправочный коэффициент на минерализацию гумуса в зависимости от гранулометрического состава почвы;

20 – коэффициент пересчета азота в гумус (в составе гумуса содержится в среднем 5 % азота);

10 – коэффициент пересчета урожайности в т/га.

Поправочные коэффициенты на минерализацию гумуса в зависимости от культуры составляют: для многолетних трав – 0,2; зернобобовых культур – 0,5; зерновых и других однолетних культур сплошного сева – 0,6; пропашных культур – 0,8; в среднем для всех культур на пашне – 0,6. Поправочные коэффициенты на минерализацию гумуса в зависимости от гранулометрического состава почвы составляют: для суглинистых почв – 1,0; супесчаных – 1,4; песчаных – 1,8.

Если баланс гумуса определяется под культурой или в севообороте, что размещаются на почве одного гранулометрического состава, то поправочный коэффициент будет иметь одинаковое значение для культуры или каждой культуры в севообороте. Если культуры севооборота или хозяйства размещаются на почвах разного гранулометрического состава, то рассчитывается средневзвешенный поправочный коэффициент на гранулометрический состав почвы.

При возделывании бобовых культур в формулу для расчета минерализации добавляется дополнительный коэффициент на фиксацию атмосферного азота  $K_f$  (многолетние бобовые травы – 0,3, зернобобовые и однолетние бобовые культуры – 0,5, однолетние бобово-злаковые смеси – 0,75).

Вынос азота разными культурами представлен в табл. 3.

Таблица 3. Удельный (нормативный) вынос азота с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции, кг [3]

Культура, основная продукция	Вынос азота
1	2
Озимая пшеница, зерно	28,2
Озимая рожь, зерно	28
Озимый ячмень, зерно	25
Яровая пшеница, зерно	30,4
Яровой ячмень, зерно	29,1
Овес, зерно	25,9
Зерновые в среднем, зерно	28,5
Горох, зерно	58,9
Кормовые бобы, зерно	60
Фасоль зерно	45
Вика яровая, зерно	60
Зернобобовые в среднем, зерно	81,7



1	2
Озимые зерновые в среднем, зеленая масса	4,8
Яровые зерновые в среднем, зеленая масса	4,2
Горох зеленая масса	6,5
Вика, зеленая масса	4,5
Люпин, зеленая масса	5,4
Однолетние бобовые травы, зеленая масса	4,8
Однолетние злаковые травы, зеленая масса	2,8
Многолетние злаковые травы, сено	14,9
Многолетние злаковые травы, зеленая масса	3
Многолетние бобово-злаковые травы, сено	17,3
Многолетние бобово-злаковые травы, зеленая масса	3,5
Многолетние бобовые травы, сено	23,4
Многолетние бобовые травы, зеленая масса	4,3
Люцерна, сено	27,3
Клевер луговой, сено	21,4
Галега восточная (козлятник), сено	29,7
Однолетние бобовые травы, сено	22,8
Горохо-овсяная смесь, зерно	45,5
Однолетние бобово-злаковые травы, зеленая масса	4,5
Однолетние бобово-злаковые, травы сено	17,4
Сахарная свекла, корнеплоды	4,0
Картофель столовый, клубни	5,4
Картофель семенной, клубни	5,4
Картофель технический, клубни	5,4
Кормовая свекла, корнеплоды	3,5
Овощи в среднем, овощи	3

Поскольку нашей главной целью является достижение оптимального уровня содержания гумуса, то в отличие от формулы (1), величину его прихода мы решили считать не за каждый год, а в целом.

Таким образом, исходя из вышеперечисленного, нами предлагается формула для усредненного расчета количества органических удобрений, необходимых для достижения оптимального гумуса в почве. Она будет иметь такой вид:

$$H = \frac{(\Gamma_{\text{опт}} - \Gamma_{\text{акт}}) * 22 - \sum_{i=1}^n [A_i * K_i * \alpha_i : 10 - P : 1000]}{\gamma * K}, \quad (3)$$

где  $\Gamma_{\text{опт}}$  и  $\Gamma_{\text{акт}}$  – значения оптимального и актуального содержания гумуса, (%);

22 – коэффициент для перевода содержания гумуса из % – в т/га (при оптимальном объемном весе пахотного слоя мощностью 20 см, равном 1,1 г/см<sup>3</sup>);

$A_i$  – биомасса пожнивных и корневых остатков, ц/га (табл. 1);

- $K_i$  и  $\acute{\alpha}_i$  – соответственно коэффициент пересчета растительных остатков на органическое вещество и коэффициент гумификации растительных остатков  $i$ -й культуры (табл. 3);
- 10 – коэффициент перевода значения содержания растительных остатков в т/га;
- P – величина минерализации растительных остатков кг/г (формула (2));
- 1000 – коэффициент для перевода количества минерализованного гумуса в т/га;
- N – количество культур в севообороте;
- K и  $\gamma$  – коэффициенты пересчета органических удобрений на органическое вещество и гумификации органических удобрений (табл. 3).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чуян, Г. А. Балансовый метод расчета доз внесения органических удобрений на эродированных почвах / Г. А. Чуян // Научно-технический бюллетень ВНИИЗ и ЗПЭ. – Курск, 1978. – Вып. 2. – С. 29–34.
2. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв / отв. ред. Л. Л. Шишов. – М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 1984. – 96 с.
3. Система применения удобрений: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по специальностям «Агрохимия и почвоведение», «Защита растений и карантин» / под ред. В. В. Лапы. – Гродно, 2011. – 418 с.

УДК 631.95

## ДРЕВЕСНЫЙ БИОУГОЛЬ КАК МЕЛИОРАНТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЧВ ДЛЯ ДОЛГОВРЕМЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ИХ КАЧЕСТВОМ

Е. Я. РИЖИЯ, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник,  
Л. В. БОЙЦОВА, канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник,  
М. А. МОСКВИН, аспирант,  
П. Ю. КОНОНЧУК, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотрудник

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»,  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

*В 3-летнем вегетационно-полевом эксперименте изучалось пролонгированное влияние древесного биоугля на основные параметры дерново-подзолистой почвы легкого гранулометрического и старение самого биоугля. Показана эффективность использования мелиоранта для долговременного управления качеством и фундаментальными экологическими функциями сельскохозяйственных почв.*

**Ключевые слова:** *древесный биоуголь, дерново-подзолистые супесчаные почвы, качество почв, вегетационно-полевой эксперимент.*

На сегодняшний день, согласно санитарным нормам, запрещено захоронение различных органических отходов, так как это приведет

к серьезным экологическим проблемам. В число таковых включены различные растительные отходы (овощей и фруктов, растений, пищевой промышленности), навозные, отходы, содержащие целлюлозу (от предприятий, занимающихся переработкой зерна, целлюлозно-бумажной и лесозаготовительной промышленности) и многие другие. Официальная статистика по отходам показывает, что вторично не используются и не утилизируются до 20 % отходов сельского и лесного хозяйства, до 50 % отходов пищевой и перерабатывающей пищевой промышленности и 30 % отходов деревообрабатывающей промышленности.

С начала XXI века во всем мире стала широко применяться бескислородная пиролизная технология карбонизации органической биомассы. Во время пиролиза алифатические цепи углерода в исходном сырье переходят в ароматические, что позволяет полученному продукту сохраняться в почве в течение сотен и тысяч лет. Продукт получил название биоуголь. По своим основным характеристикам – это высокоуглеродистый и высокопористый материал, предназначение которого связано с секвестрацией углерода в почвах, улучшения плодородия и снижения эмиссии парниковых газов [1].

Актуальность использования биоугля в сельском хозяйстве растет, так как установлен целый ряд полезных его свойств в области повышения плодородия и улучшения почвенных свойств, а также высокая вариативность его использования. Однако, высокоароматичные карбонизированные материалы, произведенные в разных технологических условиях и из разного органического вещества, различаются по физико-механическому составу, пористости, плотности сложения, прочности, гигроскопичности и влагопоглощению, элементному составу, зольности и кислотности. Установлено, что биоуголь, произведенный при температуре пиролиза  $\geq 500$  °C, с большей вероятностью улучшает физические свойства почвы, из-за его более высокой ароматичности, площади поверхности, pH и зольности [2], тогда как продукт, полученный при температуре пиролиза  $< 500$  °C, способствует изменениям в статусе питательных веществ в почвах [3]. В следствие этого до настоящего времени существуют неопределенности в научно обоснованной оценке изменений параметров качества и устойчивости почв при внесении в них различного биоугля. В России данный продукт также остается на стадии исследуемого объекта, продолжается изучение его влияния на свойства той или иной почвы в различных дозах и фракциях.

Для понимания эффекта использования биоугля в сельскохозяйственной практике необходимо проводить долгосрочные полевые эксперименты и опыты. Особенно это касается почв умеренной зоны, где

данные вопросы недостаточно изучены [4]. Целью данной работы было исследование пролонгированного влияния биоугля на основные параметры дерново-подзолистой почвы легкого гранулометрического состава для устранения существующих неопределенностей в рациональном использовании биоугля как мелиоранта сельскохозяйственных почв.

Исследования проводили на дерново-подзолистых супесчаных почвах в Ленинградской области, с внесением в почву древесного биоугля, полученного медленным пиролизом при температуре 550 °С в дозе 20 т га<sup>-1</sup>. Изучали физические, физико-химические, микробиологические характеристики почв и старение биоугля с помощью современного оборудования по методикам, применяемым в нашей стране и мире [5]. Химический анализ биоугля выполняли на элементном анализаторе Euro EA3028-NT (EuroVector, Италия) для одновременного определения CHNS-O.

Опытные делянки размером 4 м<sup>2</sup> были заложены весной 2019 г. на парцеллах почв со средней (СОК) и высокой (ВОК) степенью окультуренности. Биоуголь вносили в верхний 10-сантиметровый слой почвы вручную. Он на 87 % был представлен циклическими и ароматическими соединениями углерода, 0,4 % – общего азота, при том, что минеральные формы аммония и нитратов отсутствовали. В дефиците находился фосфор – 8,3 мг/кг, калий – 73 мг/кг. Биоуголь содержал очень большое количество кальция и магния, чем объяснялась его щелочная реакция (рН = 7,8).

В ходе комплексных исследований ряда свойств как самого биоугля, так и процессов, протекающих в системе «почва – биоуголь – биота», был получен ряд результатов. Стареющий в течение двух лет биоуголь, не оказывал достоверного влияния на изменение температурного и водного режимов изучаемой почвы, несущественно снижал плотность сложения и кислотность почвы. При этом значения рН в самом биоугле за год старения в почвах со слабощелочной реакции среды до нейтральной. Результаты исследований процессов адсорбции паров воды почвами показали, что высоко окультуренная почва обладала более высоким сродством к их поглощению, чем средне окультуренная почва, а старение биоугля в средне и высоко окультуренной почве приводило к увеличению его водоудерживающей способности в процессе десорбции паров воды. Однако высоко окультуренная почва способствовала большему увеличению способности стареющего биоугля к удерживанию гигроскопической влаги в процессе ее десорбции по сравнению с биоуглем, стареющим в среднеокультуренной почве.

Внесенный в почвы биоуголь приводил к достоверному ( $p < 0,05$ ) повышению содержания аммонийного и нитратного азота в вариантах

почвы. В вариантах почвы со средней степенью окультуренности (СОК) биоуголь способствовал повышению содержания  $N-NH_4^+$  в среднем на 20 %, а в вариантах почвы с высокой степенью окультуренности (ВОК) – на 15 % по сравнению с контролем. Внесение биоугля в почву с СОК повысило содержание  $N-NO_3^-$  в среднем на 21 %, а в почву с ВОК – на 18 % по сравнению с контролем.

Отмечена общая тенденция увеличения активности полифенолоксидазы (ПФО) и пероксидазы (ПО) как в почве с СОК, так и с ВОК с биоуглем, в среднем на 13 % и 12 %, соответственно. Коэффициент гумификации органического вещества в почве (Кгум), рассчитываемый по соотношению ПФО к ПО, в почве с СОК был на 20 % ниже, чем в почве с ВОК, т. е. в данной почве наблюдали более комфортные условия для процессов гумусообразования. Внесение же биоугля способствовало недостоверному увеличению показателя Кгум в среднем на 11–12 %, соответственно, по сравнению с почвами без биоугля. В целом, расчет показал, что во всех вариантах эксперимента он был меньше 1, что свидетельствовало о преобладании процессов минерализации гумусовых веществ в исследуемых почвах над их синтезом.

Наблюдалось увеличение содержания низкомолекулярных органических соединений в вариантах почв с биоуглем.

В отличие от первого года исследований, когда не были установлены существенные различия в урожае вико-овсяной смеси между вариантами без биоугля и с биоуглем, урожай сырой биомассы люпина белого, выращиваемого в 2020 г., был существенно ( $p < 0,05$ ), в среднем на 12–14 % выше в вариантах почвы с биоуглем.

В конце третьего года нахождения в дерново-подзолистой супесчаной почве количество углерода в биоугле, стареющего в почве с ВОК, снизилось на 4,4 % и составило 84,9 %, в то время как в почве с СОК на 7,7 % (81,9 %). Если содержание общего азота в биоугле в течение вегетационного периода не изменялось в 2019 г., то в 2020 г. отмечено достоверное увеличение показателя, особенно к концу периода наблюдений, с преобладанием увеличения общего азота в биоугле с ВОК на 15 %, по сравнению с содержанием показателя в вариантах с СОК. Также в первый год исследований не наблюдалось значительных различий по увеличению количества кислорода (О) в биоугле. Во время второго периода наблюдений (май – август 2020 г.) содержание О в биоугле из почвы с ВОК увеличивалось существенно ( $p < 0,05$ ) и превосходило его содержание по сравнению с биоуглем из почвы с СОК в среднем на 11 %.

Результаты расчетов отношения Н/С свидетельствуют о том, что степень ароматизации органического вещества биоугля оставалась в

угле постоянной и была недостоверно выше в биоугле из почвы с ВОК, чем в биоугле из почвы с СОК. Отношения О/С в обеих почвах достоверно не различались во время периода наблюдений и свидетельствовали о практически одинаковой степени окисленности поверхности биоугля. Наблюдаемые временные изменения отношения (О+N)/С свидетельствуют о большей интенсивности формирования кислородсодержащих функциональных групп на поверхности биоугля в почве с ВОК.

Содержание гидроксильных (ОН), карбонильных (С=О) и карбоксилатных (СОО<sup>-</sup>) групп изменилось незначительно на поверхности биоугля из средне окультуренной и высоко окультуренной почвы. Волновые числа в спектрах поглощения этих групп составляли, соответственно: 2849–2918 см<sup>-1</sup>, 1600 см<sup>-1</sup> и 1539–1540 см<sup>-1</sup>. Также при инкубации угля в почве появилась гребенка полос поглощения в диапазоне 2000–1600 см<sup>-1</sup>, более выраженных в вариантах с высокоокультуренной почвой.

Высокая степень новизны и оригинальности проведенных исследований состояла в более корректном и целостном анализе, во-первых, процессов адсорбции и десорбции паров воды на поверхности биоугля во время его нахождения в средне и высоко окультуренной почве; во-вторых, временных изменений степени ароматизации и окисления ароматических структур биоугля в результате его взаимодействия с почвами; в-третьих, временных изменений плотности кислородсодержащих функциональных групп на поверхности биоугля в результате его взаимодействия с почвами, различающимися в окультуренности и качестве.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Biochar to improve soil fertility. A review [Электронный ресурс] / Y. Ding, Y. Liu, S. Liu, Z. Li, X. Tan, X. Huang, G. Zeng, L. Zhou, B. Zheng // *Agron. Sustain. Dev.* – 2016. – V. 36. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0372-z>.
2. Mukherjee, A. and Lal R. Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. *J. Agronomy*. 2013: 313–339.
3. Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil / H. Zheng, Z. Wang, X. Deng, S. Herbert, B. Xing // *Geoderma*. – 2013. – 206: 32–39.
4. Швед, И. М. Влияние способов основной обработки почвы и систем удобрения на агрофизические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / И. М. Швед, Е. Ф. Валейша / *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2015. – № 1. – С. 77–83.
5. Бойцова, Л. В. Динамика кислотности и емкости катионного обмена дерново-подзолистой супесчаной почвы при внесении биоугля / Л. В. Бойцова, Е. Я. Рижия, И. А. Дубовицкая // *Агрохимия*. – 2021. – № 9. – С. 22–29.

## РЕСУРСЫ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ ПРИМОРСКОГО КРАЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ МЕСТНОГО ОВОЩЕВОДСТВА

Н. А. САКАРА, канд. с.-х. наук, вед. науч. сотрудник,  
Т. С. ТАРАСОВА, мл. науч. сотрудник  
Приморская овощная опытная станция – филиал ФГБНУ ФНЦ Овощеводства,  
г. Артем Приморский, Российская Федерация

П. Л. КУЗЬМИЦКИЙ, канд. с.-х. наук  
Ин-т торфа БАН,  
г. Минск, Республика Беларусь

В. И. ОЗНОБИХИН, канд. с.-х. наук, профессор,  
Приморская овощная опытная станция – филиал ФГБНУ ФНЦ Овощеводства,  
г. Владивосток, Российская Федерация

*Показаны условия формирования, выявлено наличие и проведен переучет количества торфяных почв по провинциям Приморского края. Общее число их выделов составляет 209 общей площадью 35,0 тыс. га. Глубина торфозалежей, в пределах 0,6–1,5 м. Общие эксплуатационные запасы торфа – 39,3 млн. т. Представлена характеристика их агрохимических свойств.*

**Ключевые слова:** торфяные почвы, их инвентаризация и агрохимическая характеристика.

Повышение плодородия почв овощных участков для условий Дальнего Востока является первостепенной задачей, так как с этим связано решение важнейшей задачи – закрепление численности его населения [4]. Ранее было доказано, что для повышения плодородия местных буро-подзолистых и лугово-бурых тяжелосуглинистых и глинистых почв эффективно внесение торфонавозных компостов с минеральными добавками [1, 5]. Однако, при наличии достаточных запасов торфа его промышленная добыча и переработка в компосты не налажена. Первоначальным этапом планирования при этом может быть только учет этих запасов. Впервые изучению этих почв края были посвящены работы уроженца Белоруссии П. Л. Кузьмицкого [2], который впервые изучил свойства этих почв, показал в опытах эффективность мульчирования поверхности местных почв слоем торфа, обобщил результаты почвенного обследования колхозов и совхозов и подсчитал запасы торфа по этим субъектам хозяйствования. Однако, эти сведения устарели. Поэтому нами была поставлена цель – обновить эти исследования, решив следующие задачи: 1) провести новую инвентаризацию и обновить данные по наличию залежей и запасов торфа, 2) дать наиболее перспективным участкам агрохимическую характеристику их профиля.

Новая инвентаризация проводилась совместно с Приморской краевой агрохимлабораторией путем сбора предварительных данных по разведочным материалам треста «Сельхозторф», Главторффонда, ин-та «Союздальгипрорис» и сплошной геологической съемки территории края. После чего, массивы выявлялись на местности, осуществлялась их зондировка общепринятыми методами торфяными бурами. Новая

сводка материалов по краю (табл. 1) проводилась в пределах ранее выделенных провинций [2].

Таблица 1. Условия формирования болотных массивов и их свойства

Показатели	Регионы*							Всего по краю
	Провинции**							
	ПУ	ВХ	РХ	ЖА	ВП	ЮП	Пр	
<b>1. Факторы, способствующие заболачиванию</b>								
Высокое увлажнение (преобладание осадков над их испарением)	3	1	2	2	3	2	3	–
Сезонная мерзлота, как водоупор	3	2	3	2	3	2	1	–
Слабопроточные западины и обширные ложбины долин рек	3	3	2	2	3	1	1	–
Выравненность минерального дна этих элементов рельефа	3	3	2	2	2	1	2	–
Слабая водопроницаемость тяжелых по грансоставу отложений террас	3	3	2	3	1	1	2	–
Относительно низкая высота террас	1	3	2	1	3	3	1	–
Регулярные высокие паводки	2	3	3	1	3	3	2	–
Высокое содержание взвешенных веществ в паводковых водах	2	1	3	1	3	3	2	–
Небольшое количество снега и глубокое промерзание профиля	2	3	1	2	3	2	1	–
Атмосферная засуха и суховеи в мае – июне и иссушение торфяных почв	2	1	3	2	1	1	1	–
Подъем уровня оз. Ханка, приводит к формированию плавней	1	3	1	0	0	0	0	–
Засоление профиля при осушении приморских торфяников	0	0	0	0	2	3	1	–
<b>2. Специфические свойства торфяных почв</b>								
Малая мощность торфяных залежей	1	2	2	2	2	1	3	–
Низинный характера торфа	2	3	3	3	3	3	3	–
Общая низкая степень	3	1	2	2	3	3	3	–
Обогащение торфа минпримесями	2	1	3	3	3	2	2	–
Снижение степени разложения вниз по профилю	3	2	2	1	3	3	3	–
<b>3. Характеристика торфяных массивов</b>								
Количество массивов (выделов), шт.	36	15	20	19	15	10	44	209
Общая площадь, тыс. га	15	13	0,8	4,6	0,2	0,1	1	35,0
Средняя мощность торфяного профиля максимальная, м	1,5	1	1	1,2	0,9	0,8	1,5	–
Та же, минимальная, м	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	–
Эксплуатационные запасы пригодной массы торфа, млн.т	12	23	0,5	3,4	0	0	0	39,3

\* Регионы: Провинции – ПУ – Приуссурийская низинных торфяных болот и верховых сфагновых на севере равнины, ВХ – Восточно-Ханкайская низинных травяных и зыбунных болот, РХ – Раздольненско-Ханкайский низинных травяных болот, ЖА – Журавлевско-Арсеньевская разнотравно-осоково-сфагновых болот, ВП – Восточная Прибрежная япономорская низинных травяных болот в комплексе с моховыми, частично засоленные, ЮП – Южная Прибрежная низинных травяных болот частично засоленных, Пр – Приморская разнотравно-осоковых болот, Всего – всего по Приморскому краю.

\*\* Степень выраженности процессов: 0 – не выражен, 1 – слабо, 2 – средне, 3 – сильно выражен.



В этой таблице приведены степень развития факторов, способствующих заболачиванию, степень выраженности специфические свойства торфяных почв и характеристика наличия и особенностей торфяных массивов.

Из табл. 1 видно, что условия торфообразования и их сочетание разнообразны. Нужно отметить, что все эти факторы обусловили низинный характер их торфозалежи (кроме севера края), маломощность профиля, слабую степень разложения, преимущественно травяной ботанический состав, высокую общую зольность.

Среди множества контуров торфяных почв по значительной площади выделяются такие как Сиваковское, Александровское, Сташевско – Ново-Русановское. Характеристика их агрохимических свойств сведена в табл. 2.

Если использовать для оценки торфов отмененные ныне РСТ РСФСР 521-75, ГОСТ 11306-65 и ГОСТ 10538-2-72 то степень разложения для торфа должна быть не менее 15 %, зольность не более 25 % (35 %), содержание древесных частиц – не более 5 %, а окисного железа – не более 5 % в пересчете на сухое вещество.

По степени разложения торфа первых двух залежей и верхняя часть третьего массива уже не соответствует ГОСТам. По зольности все торфа соответствуют требованиям. В травянистых торфах древесные частицы отсутствуют, а ожелезненность профилей колеблется в пределах 1–3 %.

Таблица 2. Агрохимическая характеристика основных месторождений по профилю

Глубина, см	Степень разложения, %	Зола, %		рН	
		Сырая (суммарная)	Чистая (самого торфа)	водной суспензии	солевой вытяжки
1	2	3	4	5	6
<b>Сиваковский массив</b>					
0–20	4,5	9,8	5,1	6,3	4,9
20–30	5,0	4,2	2,0	6,5	5,1
30–50	9,5	12,9	5,2	6,4	5,1
50–90	10,0	19,0	8,6	6,2	4,7
<b>Александровское болото</b>					
0–20	8,2	36,9	19,9	6,2	5,6
20–40	7,9	17,1	8,2	6,0	5,4
40–60	8,3	11,4	5,6	6,0	5,0
60–80	12,5	16,2	7,4	6,0	5,6
<b>Сташевский – Ново-Русановский дол</b>					
0–15	12,0	18	9,1	6,6	4,3
15–30	8,1	16	8,6	5,4	4,0
30–45	8,2	10	5,4	5,2	4,0
45–60	8,0	12	7,2	5,2	4,0
60–75	8,3	10	6,8	5,2	4,0

Глубина, см	Сумма обменных оснований	Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	Гуматы, %			Азот валовой, %
	мэкв. на 100 г почвы			альфа	бета	отношение*	
1	7	8	9	10	11	12	13
<b>Сиваковский массив</b>							
0–20	49,8	92,6	35	0,43	0	100	2,2
20–30	52,0	106,7	33	0,86	0,71	54	2,6
30–50	60,9	103,7	37	1,09	0,09	92	2,5
50–90	41,7	115,5	27	1,11	0,86	56	2,1
<b>Александровское болото</b>							
0–20	51,8	69,0	42	1,30	0,64	67	2,6
20–40	28,8	95,1	23	1,12	0,62	64	2,8
40–60	42,9	97,2	31	0,62	1,08	36	2,9
60–80	34,0	81,7	29	0,51	0,63	45	2,5
<b>Сташевский - Ново-Русановский дол</b>							
0–15	42,3	73,1	37	1,30	0	100	2,4
15–30	52,0	67,3	44	0,87	0,32	73	3,0
30–45	42,2	64,7	39	0,65	0,22	75	2,7
45–60	39,8	59,9	40	0,52	0,43	55	2,6
60–75	40,6	60,2	40	0,64	0,33	66	2,9
75–95	44,3	65,6	40	0,62	0,35	64	2,5
95–120	40,4	56,7	42	0,72	0,74	49	2,4
120–140	42,1	65,5	39	0,73	0,65	53	2,8

\* Отношение альфа-гуматов к сумме альфа- и бета-гуматов по Пейве.

Наиболее удачное транспортное местоположение занимает Сташевско – Ново-Русановский массив, так как расположен не далеко от железнодорожной станции Сунгача. Это позволяет организовать вывоз продукции железнодорожным транспортом. Конечно, надо сразу отказаться от карьерного способа добычи торфа, при котором значительно повышается зольность, он формируется в виде крупнокусочной массы с высокой влажностью, что не способствует качественному компостированию. Наиболее оптимальным методом добычи является послойно-поверхностный. Но он требует серьезных затрат на приобретение специальной техники и сложной организации работ по добыче, хранению и транспортировке торфа. Это возможно при организации специального торфопредприятия, что недостижимо в современных условиях.

Как показывает столетний и разнообразный опыт работы кафедры почвоведения БГСХА, успешно повышать плодородие пашенных дерново-подзолистых супесчаных почв можно простыми агропочвенными приемами [3].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Грицун, А. Т. Применение удобрений в Приморском крае / А. Т. Грицун. – Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1964. – 439 с.
2. Кузьмицкий, П. Л. Районирование болотных почв Приморского края / П. Л. Кузьмицкий, В. И. Ознобихин // Избыточно увлажненные почвы Дальнего Востока и их мелиорации. – Владивосток: Дальневост. ГУ, 1970. – Вып. 1. – С. 50–57.
3. История кафедры почвоведения / Т. Ф. Персикова [и др.] // Вестник БГСХА. – 2016. – № 3. – С. 143–147.
4. Основные проблемы дальневосточного овощеводства / Н. А. Сакара [и др.] // Овощи России. – 2020. – № 6. – С. 3–7.
5. Синельников, Э. П. Агрогенез почв Приморья / Э. П. Синельников, Ю. И. Слабко. – М.: ГНУ ВНИИА, 280 с.

УДК 631.8:581.5 ДВ

### **ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ АГРОЭКОСИСТЕМ СРЕДНЕГО ПРИАМУРЬЯ**

Н. А. СЕЛЕЗНЕВА, науч. сотрудник,  
А. Г. ТИШКОВА, мл. науч. сотрудник,  
Т. А. АСЕЕВА, чл.-корр. РАН, д-р с.-х. наук

ФГБУН Хабаровский федеральный исследовательский центр  
ДВОРАН «Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства»,  
г. Хабаровск, Российская Федерация

*В результате длительного антропогенного воздействия в агроэкосистеме почвенное плодородие претерпело значительное изменение по сравнению с экосистемой. Изменение количества почвенных микроорганизмов способствовало повышению индекса бедотрофности и олиготрофности, что свидетельствует о переходе биоценоза в более устойчивое состояние.*

**Ключевые слова:** агроэкосистема, лугово-бурые почвы, почвенная микрофлора, Среднее Приамурье.

Агрохимикаты, важная часть сельскохозяйственного производства, которая используется для поддержания надлежащего качества и количества сельскохозяйственных продуктов, а также используется в гигиене человека и животных, для защиты кормов, продуктов питания, природного сырья и изделий из них. Однако при их широком использовании избыток может попадать в окружающую среду и загрязнять ее, и это остается серьезной проблемой [1].

Использование удобрений в технологии возделывания сельскохозяйственных культур оказывает большое влияние на разнообразие микроорганизмов в пахотном слое почвы. Различные нормы внесения удобрений и их источники по-разному влияют на здоровье почвы [2]. Исследования отмечают важную роль микроорганизмов в устойчивости агроэкосистем и повышении урожайности сельскохозяйственных

культур [3]. Лугово-бурые почвы Среднего Приамурья малопродуктивны, именно поэтому актуальным остается вопрос влияния на них агрохимических средств.

Цель исследования – изучение влияния агрохимических средств на природно-ресурсный потенциал агроэкосистем. Задачи исследования – определить агрохимические показатели почв при внесении минеральных удобрений в длительном стационарном опыте; изучить изменения почвенной микрофлоры при усилении антропогенного воздействия.

Исследования проводились в 2019–2021 гг. в длительных стационарных опытах, заложенных в 1963–1965 гг. Объект исследования – лугово-бурая оподзоленно-глеевая тяжелосуглинистая почва, на которой воспроизводились одни и те же условия, определяемые агротехникой. Перед закладкой опыта в 1963–1965 гг. содержание органического вещества – 4,2 %, фосфора – 2,8 мг/100 г, калия – 19,6 мг/100 г,  $pH_{(сол)}$  – 4,2, гидролитическая кислотность – 5,7 мг-экв/100 г.

Схема опыта включала следующие варианты: без удобрений – контроль; внесение возрастающих доз минеральных удобрений – NPK48, P200; NPK48, P400; NPK80. Минеральные удобрения вносили ежегодно перед предпосевной культивацией. Площадь делянок 150 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная.

Образцы почвы отбирали в основную фазу возделываемой культуры. В почвенных образцах определяли: аммоний – колориметрическим методом с реактивом Несслера; нитратный азот и значения  $pH_{(сол)}$  – потенциометрическим; гидролитическую кислотность – по методу Каппена; калий и фосфор – по методу Кирсанова, органическое вещество – по ГОСТ 26213-91.

Пробы для микробиологического анализа отбирали с соблюдением асептики. Общую численность, а также количественную характеристику основных групп микроорганизмов определяли путем посева на плотные питательные среды с серией последовательных разведений почвенной суспензии согласно действующим методикам. Коэффициент минерализации по Мишустину, индекс педотрофности по Никитину, индекс олиготрофности по Аристовской определяли по методике [4].

Определение проводили в трехкратной повторности, среднее значение использовали для дальнейшего расчета.

Анализ результатов исследований показывает, что за период наблюдений лугово-бурые почвы под естественной растительностью характеризовались среднекислой ( $pH$  4,7) реакцией среды. Реакция среды в пахотных почвах агроценозов зависит от внесенных минеральных удобрений ( $pH$  4,3–4,6). Гидролитическая кислотность в почве естественных экосистем составляет 5,9 мг-экв/100 г. Пахотные горизонты имеют, как правило, гидролитическую кислотность ниже, чем

в естественных почвах (5,7–4,8 мг-экв/100 г). Содержание суммы аммонийного и нитратного азота в почве природных экосистем не велико и составляет 7,5 мг/кг (табл. 1). Следует отметить, что внесение удобрений улучшило обеспечение пахотных горизонтов минеральным азотом (10,9–15,1 мг/кг) в сравнении с контрольным вариантом (6,9 мг/кг) и почвами естественной экосистемы.

Лугово-бурые почвы содержат малое количество подвижного фосфора. В почвах луга (экосистема) содержание фосфора – 6,2 мг/100 г, длительное использование почвы в агроценозе снизило содержание подвижного фосфора до 0,7–2,4 мг/100 г (табл. 1).

Таблица 1. Изменение агрохимических показателей лугово-бурой почвы

Варианты	pH сол	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/100 г	K <sub>2</sub> O мг/100 г	Нг, мг-экв./100 г почвы	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-NO <sub>3</sub> , мг/ кг	Органическое вещество, %
<b>Экосистема (луг)</b>	<b>4,7</b>	<b>6,2</b>	<b>20,9</b>	<b>5,9</b>	<b>7,5</b>	<b>4,21</b>
Контроль	4,3	0,7	6,5	5,7	6,9	2,58
НРК48, Р 200	4,6	1,8	10,5	5,5	15,1	3,39
НРК48, Р 400	4,6	2,4	10,9	5,3	12,3	2,32
НРК80	4,6	2,3	16,1	4,8	10,9	2,33

Распределение обменного калия в почвах агроэкосистем зависит от применяемых удобрений. Так, в контрольном варианте содержание калия составляет 6,5 мг/100 г, что соответствует низкому содержанию, с внесением минеральных удобрений обеспеченность калием, как правило, средняя (10,7 мг/100 г) переход к повышенному содержанию происходит при внесении возрастающих доз минеральных удобрений (16,1 мг/100 г).

Содержание органического вещества в почвах естественных экосистем характеризуется как среднее 4,21 % (табл. 1). В результате их длительного использования в сельскохозяйственном производстве отмечены потери органического вещества.

Содержание органического вещества в контрольном варианте по сравнению с почвами естественных экосистем снизилось в среднем в 1,6 раза.

В почвах агроценоза происходит усиление минерализации органического вещества в результате частых механических обработок почвы и поступлением в почву недостаточного количества органических веществ с пожнивно-корневыми остатками сельскохозяйственных растений.

Использование минеральных удобрений снижало численность аммонифицирующей микрофлоры, в среднем в 1,46 раза, численность амилотической группы микроорганизмов снизилась в 1,39 раза, грибов – в 1,9 раза, автохтонов – в 1,2 раза по сравнению с контролем. Олиготрофная часть микробиоценоза почвы увеличилась в вариантах с

комплексным внесением минеральных удобрений и фосфоритной муки, в среднем, в 1,3 раза, внесение минеральных удобрений в дозе NPK80 снизило численность олиготрофов в 1,27 раза.

Показатели коэффициента минерализации (более 1) свидетельствовали о преобладании в почве процессов минерализации органического вещества (табл. 2).

Таблица 2. Эколого-физиологические индексы и коэффициенты общего процесса разложения органического вещества лугово-бурой почвы

Вариант	Коэффициент минерализации Мишустина	Индекс педотрофности Никитина	Индекс олиготрофности Аристовской
Экосистема (луг)	1,21	4,63	0,27
Контроль	1,66	2,79	0,49
NPK48, P 200	1,27	4,11	0,47
NPK48, P 400	2,11	5,78	0,72
NPK80	2,07	4,05	0,58

По результатам наших исследований индекс педотрофности в варианте без применения удобрений был самым низким (2,79), следовательно данный вариант менее устойчив к негативным антропогенным воздействиям, чем другие варианты опыта (4,05–5,78). Значения индекса олиготрофности в агроценозе значительно выше (0,49–0,72), чем в почвах луга (0,27), что свидетельствует о том, что почвы естественных экосистем богаче биогенными элементами. Считается, что чем выше данные индексы, тем более агроэкосистема приближена к естественным ценозам изучаемой почвенно-климатической зоны и обладает большей устойчивостью к негативным воздействиям со стороны различных антропогенных вмешательств [5].

Таким образом, постоянное антропогенное воздействие привело к ухудшению природных свойств лугово-бурых почв. В результате сравнительного анализа с почвами естественных экосистем выявили, что содержание подвижного фосфора снизилось в среднем на

4,4 мг/100 г, обменного калия на 9,9 мг/100 г, органического вещества на 1,5 %. Вовлечение почв в сельскохозяйственное использование негативно сказывается на микробном сообществе изучаемых почв. Внесение минеральных удобрений улучшает устойчивость агроценоза к негативному воздействию антропогенной нагрузки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Effects of successive metalaxyl application on soil microorganisms and the residue dynamics [Электронный ресурс] / F. Wang, T. Zhou, L. Zhu, X. Wang, J. Wang, JI. Wang, Z. Du, B. Li // Ecological Indicators. – 2019. – Vol. 103. – P. 194–201. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.eco-lind.2019.04.018>.

2. New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering / S. Basu, G. Kumar, S. Chhabra, R. Prasad // *Phytomicrobiome for Sustainable Agriculture*. – 2020. – P. 149–157.

3. Глушень, Е. М. Микробиологическая активность почв как показатель экологического состояния агроценозов / Е. М. Глушень, М. В. Дубойский // *Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты*. – 2018. – Т. 10. – С. 448–457.

4. Казеев, К. Ш. Методы биодиагностики наземных экосистем / К. М. Казеев, С. И. Колесников, Ю. В. Даденко // Южный федеральный университет. – Ростов н/Д, 2016. – 356 с.

5. Влияние посевов растений-сидератов на динамику численности микроорганизмов основных эколого-трофических групп в почве виноградника / Я. А. Волков [и др.] // *Магарач. Виноградарство и виноделие*. – 2019. – № 1 (107). – С. 36–40.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ (к 100-летию кафедры почвоведения)

#### ДОКЛАДЫ

<b>Персикова Т. Ф., Курганская С. Д., Мурзова О. В., Вaleyша Е. Ф., Поддубный О. А., Царёва М. В.</b> Настоящее – есть ключ к пониманию прошлого (к 100-летию кафедры почвоведения).....	3
<b>Богдевич И. М., Путятин Ю. В., Станилевич И. С.</b> Защитные меры и мониторинг плодородия почв Беларуси, загрязненных радионуклидами после аварии на ЧАЭС.....	10
<b>Бортник Т. Ю., Карпова А. Ю., Клековкин К. С., Макаров В. И.</b> Эффективность систем удобрения при их длительном использовании в условиях Вятско-Камской земледельческой провинции РФ.....	13
<b>Гурбанов Э. А., Мустафаев М. Г., Мустафаев Ф. М., Гусейнова Н. М., Гурбанова З. Р.</b> Современное мелиоративное состояние орошаемых почв Азербайджанской Республики.....	19
<b>Лапа В. В., Матыченков Д. В.</b> Оценка факторов, лимитирующих производительную способность почв, для информационных систем сельскохозяйственного производства.....	26
<b>Мажайский Ю. А., Павлов А. А.</b> Способ решения проблемы деградации залежных мелиорируемых сельскохозяйственных угодий.....	30
<b>Мазиров М. А., Матюк Н. С., Полин В. Д.</b> Трансформация верхней части почвенного профиля при длительном использовании дерново-подзолистых почв.....	35
<b>Мыслыва Т. Н., Куцаева О. А., Кожеко А. В.</b> Методические подходы к определению сайт-специфических менеджмент-зон для целей точного земледелия....	39
<b>Прохоров И. С., Пирумова Л. Н.</b> Из истории публикаций сотрудников Белорусской ГСХА в журнале «Агрехимический вестник».....	43
<b>Титова В. И.</b> Трактровка терминов «Деградация и рекультивация земель» в современных нормативных актах России.....	55
<b>Хомяков Д. М.</b> Роль и место почвы в «зеленой» экономике в связи с изменением климата: важность адекватной оценки.....	59
<b>Цховребов В. С.</b> Здоровье почвы – понятие и критерии оценки.....	69

#### Секция 1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

<b>Авраменко С. Н., Симоненко Д. С., Никонович Т. В.</b> Оценка биологической активности почв дендропарка УО БГСХА как источника эффективных микроорганизмов.....	75
<b>Слюсарев В. Н., Осипов А. В., Суминский И. И.</b> Генезис почв рисовых агроландшафтов современной дельты Кубани.....	78
<b>Кириленко Л. Е.</b> Опасно низкие температуры почвы и воздуха в Республике Беларусь.....	82
<b>Клебанович Н. В., Ерьсько М. А., Баутрель Е. В.</b> О разнообразии городских почв Минска.....	84
<b>Кротов Д. Г., Самсонова В. П.</b> Пространственная структура агрохимических свойств пахотного горизонта серых лесных почв.....	89
<b>Лисецкий Ф. Н., Зайцева А. С.</b> Особенности почв долинно-речных ландшафтов Среднерусского Белогорья.....	91
<b>Лукашевич В. М., Желязко В. И., Ракицкий О. Б.</b> Мелиорация земель как фактор инновационного развития сельскохозяйственного производства.....	96



<b>Мельничук Д. О., Шахметов М. Р., Безукладов И. В.</b> Оценка современного состояния почвенного покрова степной зоны Омской области на примере КФХ «Безукладов В. В.» .....	102
<b>Прудников А. Д., Прудникова А. Г.</b> Основные направления оптимизации эколого-ландшафтной структуры территории Смоленской области .....	107
<b>Старожилов В. С.</b> Ландшафтные модели агроландшафтного пространственного развития регионов Тихоокеанского ландшафтного пояса геосистемы Восток России-Мировой океан .....	111
<b>Турдалиев А. Т., Хайдаров М. М.</b> Изменения концентрации почвенных растворов орошаемых земель Центральной Ферганы .....	118
<b>Уманский А. С.</b> Структура почвенного покрова бассейна реки Гурьевка (Калининградская область) .....	122
<b>Хайдаров М. М., Юлдашев Г.</b> Энергетические особенности незаменимых аминокислот в темных сероземах .....	125
<b>Шаринова Р. Б.</b> Современные проблемы состояния почв в изменяющихся условиях климата .....	129

## **Секция 2. МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ПУТИ ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

<b>Анисимова Т. Ю.</b> Мониторинг почв мелкоконтурного выработанного торфяника .....	135
<b>Байкова Л. Г., Байков М. В.</b> Фракционный состав лесных подстилок в ельниках Красноборского участка лесничества Ленинградской области .....	138
<b>Белоусова Е. Н.</b> Трансформация агрофизических свойств чернозема выщелоченного в условиях минимизации обработки .....	142
<b>Борисычев И. А., Титова В. И., Ельшаева И. В.</b> Агрохимический мониторинг пахотных почв хозяйства с интенсивной системой удобрения птичьим пометом .....	147
<b>Вилкова В. В., Нижельский М. С., Казеев К. Ш.</b> Содержание органического углерода в коричневых почвах спустя год после пожара .....	151
<b>Володина Е. Н.</b> Агроэкологическая оценка почвенного покрова юго-востока Нижегородской области .....	154
<b>Голуб А. А., Гончарова Л. Ю.</b> Физико-химические свойства альпийских горно-луговых почв .....	159
<b>Зыкина Н. Г.</b> Изменение агрохимических характеристик агрогенных почв в условиях г. Ижевска .....	163
<b>Кайдалова Н. В., Литвинов Ю. А., Меженков А. А., Жолудев Р. О., Кучменко Е. В.</b> Применение ГИС-технологий и почвенных баз данных в задачах мониторинга показателей почвенного плодородия (на примере Ростовской области) .....	167
<b>Каллас Е. В.</b> Гумус агросерых почв Томской подтайги .....	169
<b>Козлова А. А.</b> Бихроматная и перманганатная окисляемость гумуса как показатели оценки плодородия почв .....	174
<b>Коржов С. И., Трофимова Т. А.</b> Мониторинг почвенного плодородия при биологизации земледелия .....	178
<b>Котова З. П., Данилова Т. А.</b> Изменение показателей почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий в зависимости от антропогенной нагрузки в условиях Северо-Запада Российской Федерации .....	185
<b>Курганская С. Д., Дерябина Л. Ю.</b> Мониторинг плодородия пахотных земель ЗАО «АСБ Агро-Тетерино» Кружлянского района Могилевской области .....	189
<b>Кучеренко А. В., Бирюкова О. А.</b> Содержание и распределение Zn в черноземе южном при возделывании различных сельскохозяйственных культур .....	194
<b>Мазнев В. Ю., Громовик А. И., Алаева Л. А.</b> Влияние рекреационной нагрузки на физические свойства чернозема выщелоченного .....	198

<b>Осипов А. В., Швец Т. В., Попова Ю. С.</b> Мониторинг плодородия черноземов выщелоченных Западного Предкавказья .....	201
<b>Пивоварова Е. Г.</b> Элементы численной классификации почв в мониторинге их плодородия .....	205
<b>Платонычева Ю. Н., Белоусова Е. Г., Борисычев И. А.</b> Агроэкологическая оценка серых лесных почв юго-восточной части Нижегородской области .....	212
<b>Прохоров И. С., Метечко Л. Б., Сорокин А. Е.</b> Роль аэрокосмического мониторинга в современных задачах земледелия .....	216
<b>Спирин В. З.</b> Азот и его формы в почвах степных ландшафтов Минусинских котловин .....	236
<b>Стахурлова Л. Д., Бондарева А. Ю., Фролкин Г. В.</b> Агроэкологическая характеристика почв Каменной степи под различными биоценозами .....	241
<b>Троц Н. М., Горшкова О. В., Троц Л. В.</b> Агроэкологическая оценка состояния нефтезагрязненных черноземов степной зоны Среднего Поволжья .....	245
<b>Чердакова А. С., Гальченко С. В.</b> Изменение протеолитической активности техногенно-нарушенных серых лесных почв при внесении гуминовых препаратов .....	248
<b>Фардеева К. Р., Зыкина Н. Г.</b> Биологические и агрохимические характеристики почв буферной зоны учебного ботанического сада УдГУ .....	253
<b>Шмидт А. Г., Аксенова Ю. В.</b> Мониторинг плодородия пахотных почв на юго-востоке Омской области .....	258

### **Секция 3. ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В УПРАВЛЕНИИ ПРИРОДНО-РЕСУРСНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ АГРОЭКОСИСТЕМ**

<b>Байкин Ю. Л., Гусев А. С., Серебrenникова А. А., Федоров А. Н.</b> Эффективная сорбционная емкость диатомита Камышловского месторождения (Средний Урал) .....	263
<b>Беленков А. И., Береза Д. В., Аль-Гайлани А. А. У.</b> Оценка применения удобрений и извести в полевых опытах РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева .....	267
<b>Васильева Н. А.</b> Обоснование применения агрохимических средств для возврата в сельскохозяйственное производство неиспользуемых земель на примере Московской области .....	272
<b>Воронкова Н. А., Волкова В. А., Цыганова Н. А., Балабанова Н. Ф.</b> Влияние некорневых подкормок биологическими стимуляторами роста на продуктивность яровой мягкой пшеницы .....	276
<b>Гвоздь В. К., Александров Н. А., Джанчаров Т. М., Визирская М. М.</b> Изучение влияния разных доз комплексного удобрения на качественные показатели сеянного газона .....	280
<b>Карташев С. С., Безуглова О. С.</b> Влияние гуминового препарата на содержание гумуса в черноземе обыкновенном карбонатном под горохом .....	282
<b>Лукашевич В. М., Желязко В. И., Константинов А. А.</b> Основы орошения садов и ягодников интенсивного типа .....	286
<b>Миנדубаев А. З., Бабьин Э. В., Карасева Ю. В.</b> Биологическое обезвреживание элементного фосфора и его соединений .....	290
<b>Павлов В. Ю.</b> Определение потребности почв в органических удобрениях для оптимизации содержания гумуса .....	292
<b>Рижия Е. Я., Бойцова Л. В., Москвин М. А., Коноичук П. Ю.</b> Древесный биоуголь как мелиорант сельскохозяйственных почв для долговременного управления их качеством .....	298
<b>Сакара Н. А., Тарасова Т. С., Кузьмицкий П. Л., Ознобихин В. И.</b> Ресурсы торфяных почв Приморского края для целей местного овощеводства .....	303
<b>Селезнева Н. А., Тишкова А. Г., Асеева Т. А.</b> Влияние агрохимических средств на природно-ресурсный потенциал агроэкосистем Среднего Приамурья .....	307

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВ И ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПЛОДОРОДИЯ**

Сборник статей  
по материалам Международной научно-практической  
конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения  
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии

Горки, 6–8 декабря 2021 г.

В двух частях

Часть 1

Редактор *Е. П. Савиц*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*  
Компьютерная верстка *Т. В. Серяковой, Н. А. Подлипской*

Подписано в печать 18.05.2022. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 18,37. Уч.-изд. л. 18,52.  
Тираж 20 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.