

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ

**ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ЭФФЕКТИВНОЕ
ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ**

**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

(Минск, 22–25 июня 2021 г.)

В двух частях

Часть 1

**Минск
Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси
2021**

Плодородие почв и эффективное применение удобрений : материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 22–25 июня 2021 г. В 2 ч. Ч. 1 / редкол. : В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2021. – 242 с. – ISBN 978-985-7149-65-0.

Освещены результаты исследований почвенной и агрохимической наук по генезису, классификации, диагностике, эволюции и производительной способности почв, рациональному использованию удобрений и повышению урожайности сельскохозяйственных культур, экологически безопасному и экономически выгодному землепользованию.

Авторская редакция сохранена.

Редакционная коллегия:

В. В. Лапа (главный редактор), М. В. Рак, Н. Н. Цыбулько,
С. А. Касьянчик, Н. Ю. Жабровская, Т. М. Серая,
Т. Н. Азаренок, Г. В. Пироговская, Ю. В. Путятин,
Н. А. Михайловская, Е. Г. Мезенцева

ИНСТИТУТУ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ – 90 ЛЕТ

Лапа В. В., Жабровская Н. Ю.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Институт почвоведения и агрохимии – современное научное учреждение, формирующее новое знание о плодородии почв, его сохранении и повышении, но потенциал института во многом определяется интеллектуальными традициями, сложившимися много десятилетий назад. Институт является одним из старейших институтов Национальной академии наук Республики Беларусь. В 1925 г. на базе Белорусского и Горецкого сельскохозяйственных институтов была создана Белорусская сельскохозяйственная академия, где в дальнейшем при кафедре почвоведения по предложению Я. Н. Афанасьева создается научно-исследовательская лаборатория Академии наук БССР, которая стала руководящим центром почвенных исследований, проводимых на территории республики. Эту лабораторию по праву можно считать началом создания современного Института почвоведения и агрохимии. У истоков формирования почвенных и агрохимических исследований как особой, самостоятельной области знаний, а также создания специального научного учреждения, постоянно и целенаправленно ведущего разработку этого направления, стояли известные белорусские ученые О. К. Кедров-Зихман, Г. И. Протасеня, П. П. Роговой, А. Г. Медведев, С. Н. Иванов, В. М. Пилько, Н. П. Булгаков, В. Н. Четвериков, А. Н. Урсулов, Б. Б. Бельский, П. А. Кучинский, А. М. Галковский, В. И. Шемпель, И. М. Курбатов, В. И. Пашин и др. В период с 1925 по 1931 г. ежегодно организуемые экспедиции провели сплошные территориальные исследования почв на основе трехверстных топографических карт во всех 10 округах республики. В завершении работ по исследованию почв БССР к 1930 г. коллективом почвоведов был опубликован ряд научных работ и составлена предварительная сводная почвенная карта республики, на которой впервые были отражены основные черты почвенного покрова.

Значительное внимание в лаборатории было уделено изучению анаэробных и болотных процессов почвообразования, имеющих на территории Белоруссии большое распространение (Я. Н. Афанасьев). Изучение солончаковых процессов проводилось под руководством П. П. Рогового. Лизиметрические наблюдения на основных почвенных разностях БССР были проведены А. Г. Медведевым. В качестве учебного пособия вышла работа П. П. Рогового «Глебазнаўства і глебы БССР», в которой особым разделом охарактеризованы почвы БССР и приложена почвенная карта республики.

В связи с реорганизацией Академии наук БССР было принято постановление Президиума БАН об «изменении внутренней структуры Академии – переход от системы кафедр к системе специальных институтов».

В марте 1931 года Президиум Белорусской Академии Наук принял решение о преобразовании Кафедры почвоведения АН БССР и Центральной агрохимической лаборатории Наркомзема БССР в Научно-исследовательский агропочвенный институт (Протокол № 9 заседания Президиума Белорусской Академии наук от 29.03.1931 г.).

Работу по организации института возглавил академик АН БССР Яков Никитич Афанасьев, который стал первым директором института.

В созданном институте были продолжены исследования лаборатории. Вместе с тем было расширено направление по изучению применения удобрений в целях повышения плодородия почв. Исследования были посвящены вопросам хранения и использования органических удобрений. В ряде опытов изучалось влияние высоких доз извести и минеральных удобрений на повышение продуктивности основных сельскохозяйственных культур и изменение свойств почвы.

По предложению Комиссариата земледелия БССР Постановлением Совета Народных Комиссаров в 1933 году Институт агропочвоведения АН БССР и Институт удобрений и агропочвоведения Наркомзема БССР были объединены в Институт агропочвоведения и удобрений АН БССР, директором которого был назначен Я. Н. Афанасьев. В институте работали сектор агропочвоведения (руководитель – Я. Н. Афанасьев), сектор химизации (руководитель – Г. И. Протасеня), агрохимическая лаборатория, почвенно-ботанический музей и вегетационный павильон.

Сельское хозяйство остро нуждалось в разработке мероприятий по подъему земледелия, в ускорении темпов изучения природных ресурсов республики и изыскания приемов эффективного их использования. Сектором химизации были организованы крупномасштабных исследований химического состава почв, исследования сопровождались постановкой полевых опытов по изучению эффективности минеральных и местных удобрений. При этом в широком масштабе изучались вопросы потребности почв в известковании с применением местных известковых пород, впервые были составлены карты кислотности почв отдельных областей республики. Изучались также вопросы освоения новых земель и углубление пахотного слоя дерново-подзолистых почв. Было расширено направление по изучению применения удобрений в целях повышения плодородия почв. Исследования были посвящены вопросам хранения и использования органических удобрений. С 1932 по 1937 гг. были проведены большие работы по крупномасштабному почвенно-агрохимическому исследованию ряда хозяйств. В результате проведенной научно-исследовательской работы к 1936 г. были составлены почвенные карты для всей территории БССР в 10 и 30 километровом масштабе и свыше 400 агропочвенных планов колхозов и совхозов.

Сотрудники института агропочвоведения и удобрений проводили научные исследования на территории агрохимических лабораторий при МТС. Исследования завершались составлением почвенно-агрохимических карт территории колхозов зоны деятельности МТС с подробными очерка-

ми к ним. Полевые опыты проводились на опорных пунктах «Матюты» Горецкого района, «Орешковичи» Пуховичского района, «Полесье» Мозырского района.

Научно-исследовательская работа в институте проводилась комплексным методом с участием почвоведов, агрохимиков и полеводов под общим методическим руководством ВИУА (Всесоюзного института удобрений агрохимии и агропочвоведения). Совместные исследования велись с лабораторией минеральных удобрений этого института, которой с 1931 г. руководил академик Д. Н. Прянишников, и с лабораторией известкования почв – руководителем О. К. Кедров-Зихман. В числе наиболее авторитетных консультантов института был академик В. Р. Вильямс – заведующий кафедрой почвоведения ТСХА.

В 1933 г. издан первый сборник научных трудов института «Працы аграглебавага інстытуту». В 1936 г. коллектив Института агропочвоведения и удобрений АН БССР состоял из 32 научных и 26 научно-технических сотрудников, которые ежегодно проводили более 350 опытов.

По предложению Я. Н. Афанасьева в Белорусском государственном университете им. В. И. Ленина организована кафедра почвоведения, где много внимания уделено подготовке кадров почвоведов.

С целью расширения объема и углубления исследований в области земледелия, растениеводства, животноводства, в начале 1938 г. по решению бюро ЦК КПБ, Правительства республики и постановления Президиума АН БССР на базе Института агропочвоведения и удобрений АН БССР организован Институт социалистического сельского хозяйства, в состав которого были переданы отдел сельскохозяйственного использования торфа из Института торфа, группы животноводства и борьбы с сорняками из Института биологии АН БССР. Решением Президиума АН БССР (1938 г.) директором института назначен кандидат химических наук С. Н. Иванов, в 1939 г. директором был назначен кандидат сельскохозяйственных наук А. Н. Урсулов.

Основными направлениями деятельности Института социалистического сельского хозяйства АН БССР стала разработка теоретических и практических вопросов в области агропочвоведения, агрономической и физической химии, агротехники, животноводства, экономики и организации сельского хозяйства. Задачи, поставленные перед учеными, состояли в создании условий для получения высоких, устойчивых урожаев с.-х. культур, повышения производительности с.-х. животных и организации труда в социалистическом сельском хозяйстве.

В целях расширения исследований в Институте социалистического сельского хозяйства в 1938 г. на базе совхоза «Устье» Оршанского района Витебской области создана опытная станция «Устье», где заложены первые стационарные опыты по изучению различных систем удобрений в севообороте.

В 1940 г. по инициативе и на средства Института социалистического сельского хозяйства АН БССР проведена серия опытов с сахарной свёк-

лой. В результате были подобраны и описаны 8 зон пригодных для свеклосеяния. Определены оптимальные почвы для возделывания этой культуры, разработана система удобрения.

Продолжались работы по изучению кислотности дерново-подзолистых почв. Разработан метод и прибор для определения потребности почв в известковании. Изучены новые, широко распространенные в европейской части Нечерноземной полосы известковые породы (известковые туфы, торфотуфы, озерная известь, мергель, доломитизированные известняки и др.). Определены дозы и периодичность известкования, изучена роль кальция и магния при известковании почв. Теоретические разработки ученых послужили основой для строительства Витебского промышленного объединения «Доломит», обеспечивающего республику известковым удобрением и сегодня.

В институте изучена зависимость поглотительной способности почв от реакции среды, рода и концентрации катионов. Эти исследования дополнили классические исследования К. К. Гедройца о почвенном поглощающем комплексе. В процессе известкования дерново-подзолистых почв возникла необходимость изучения роли микроэлементов. В биохимической лаборатории под руководством И. М. Курбатова изучалась микробиология подзолистых почв и органических удобрений.

Под руководством А. Н. Урсулова в институте были организованы лизиметрические наблюдения с целью изучения динамики водного и воздушного режимов на основных почвенных разностях, выноса лизиметрическими водами различных веществ при внесении в почву извести и разных доз удобрений. Была построена лизиметрическая станция.

В послевоенный период были проведены маршрутные почвенные исследования в западных областях Беларуси, что позволило составить в 1949 г. Почвенную карту республики в ее современных границах и подготовить монографию «Почвы БССР», которая была опубликована в 1952 г. под редакцией И. С. Лупиновича и П. П. Рогового. В монографии, помимо характеристики почв, даны их первая классификация и рекомендации по наиболее эффективному использованию в сельскохозяйственном производстве.

Ключевыми для института как мощной исследовательской структуры стали 1950-е годы, время послевоенного подъема. В 1958 г. на базе отдела почвоведения, лаборатории физико-химии почв и радиоактивных изотопов Белорусского научно-исследовательского института земледелия и лаборатории торфяно-болотных почв Белорусского научно-исследовательского института мелиорации и водного хозяйства был вновь организован Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии, который сегодня входит в систему научно-исследовательских учреждений Национальной Академии наук и является ведущим научно-исследовательским центром в области почвоведения и агрохимии. Директором вновь созданного института был назначен академик АН БССР Павел Прокофьевич Роговой (1958–1962), затем

его сменил член-корреспондент АН БССР Сергей Нестерович Иванов (1962–1969). С 1969 по 1980 гг. возглавляла институт академик ВАСХНИЛ Тамара Никандровна Кулаковская, с 1980 по 2005 гг. – академик Иосиф Михайлович Богдевич. В настоящее время руководит институтом академик Виталий Витальевич Лапа.

Становление института во многом связано с проведением крупномасштабных почвенных обследований всех хозяйств республики, которые были осуществлены в соответствии с Постановлением правительства в 1957–1964 гг. почвенными отрядами, организованными при институте. В результате этой работы каждое хозяйство страны получило почвенные карты в масштабе 1:10000, агрохимические картограммы и картограммы агропроизводственных групп почв для рационального использования земель.

Обширный фактический материал, полученный в ходе первого и последующих циклов почвенных обследований, был положен в основу разработки классификации и диагностики почв, почвенно-экологического районирования территории Беларуси, а также четырех туров землеоценочных работ на разных уровнях землепользования – от каждого поля и рабочего участка до республики в целом

Важное место в работах института занимают исследования по созданию почвозащитных систем земледелия для эрозионноопасных земель республики. К настоящему времени сотрудниками лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии составлена почвенно-эрозионная карта Беларуси, отражающая закономерности распространения эрозионных процессов на обрабатываемых землях в масштабе 1:500000, разработана методика их прогнозирования при различном сельскохозяйственном использовании эрозионноопасных земель, предложены противоэрозионные комплексы, адаптированные к конкретным ландшафтным условиям республики, создана репрезентативная сеть объектов мониторинговых наблюдений в северной, центральной и южной почвенно-экологических провинциях, разработка технологической документации на проектирование почвозащитных систем земледелия в разных почвенно-экологических провинциях Беларуси с применением ГИСТехнологий.

С 1967 г. под научно-методическим руководством института проведено 14 туров крупномасштабного агрохимического обследования почв сельскохозяйственных угодий республики, а после аварии на Чернобыльской АЭС институт стал методическим разработчиком и радиологического обследования почв загрязненных радионуклидами территорий.

Важным направлением в исследованиях института явилась разработка научных основ программирования урожаев сельскохозяйственных культур. Теоретические принципы программирования урожаев были реализованы в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур, в частности в приемах регулирования минерального питания растений. В этот период в институте активно развиваются исследования по изучению эффективности дробного внесения азотных

удобрений, почвенной и растительной диагностике азотного питания зерновых культур.

С 1980 г. в институте развивается новое направление по разработке методических основ и созданию в республике автоматизированной системы управления (АСУ) плодородием почв. Основой АСУ плодородием почв становится автоматизированный банк данных агрохимических свойств почв республики, который создается по материалам четвертого тура агрохимического обследования почв (1981–1985 гг.). С этого времени всем хозяйствам республики наряду с агрохимическими картограммами выдаются агрохимические паспорта полей и сводные материалы по агрохимической характеристике почв полей и рабочих участков. Автоматизированная система управления плодородием почв включает решение на ЭВМ ряда задач по агрохимическому обслуживанию сельского хозяйства, а именно: распределение фондов минеральных удобрений по областям, районам и хозяйствам, разработка планов применения удобрений под сельскохозяйственные культуры с учетом уровня планируемой урожайности и агрохимических свойств поля или рабочего участка, расчет эффективности использования минеральных удобрений, разработку проектно-сметной документации на известкование кислых почв. Указанные задачи решаются для всех хозяйств республики в Информационно-вычислительном центре Министерства сельского хозяйства Республики Беларусь.

С 1990 г. в институте развивается новое направление в агрохимических исследованиях по разработке ресурсосберегающих систем применения удобрений под сельскохозяйственные культуры на основе оптимизации минерального питания растений, сбалансированного комплексного применения органических, минеральных макро- и микроудобрений, регуляторов роста растений, средств химической защиты растений. Актуальность этих исследований в значительной степени была обусловлена экономическим состоянием сельского хозяйства и необходимостью сохранения достигнутого уровня плодородия почв. Основой ресурсосберегающих систем применения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры была разработка коэффициентов возмещения выноса элементов питания, обеспечивающих получение планируемых уровней урожайности и поддержание достигнутого содержания фосфора и калия в почвах.

Одним из элементов ресурсосберегающих систем применения удобрений является сокращение затрат на применение минеральных удобрений. Достижение такого эффекта возможно за счет применения комплексных форм минеральных удобрений. Это направление в институте разрабатывается в лаборатории новых форм удобрений и мелиорантов. Всего разработано 84 марки новых форм комплексных удобрений со сбалансированным соотношением макро- и микроэлементов для всех сельскохозяйственных культур, возделываемых в Республике Беларусь. Наиболее широко применяются в хозяйствах республики комплексные

удобрения для льна, озимого рапса, сахарной свеклы, промышленное производство которых осуществляется на Гомельском химическом заводе.

Уникальность новых форм комплексных удобрений защищена 34 патентами Республики Беларусь, Евразийского патентного ведомства и Украины. По разработкам института налажен выпуск минеральных удобрений на ОАО «Гомельский химический завод», ОАО «ГродноАзот», ОАО «Беларуськалий» и др.

В формировании высоких урожаев с хорошим качеством продукции важная роль принадлежит применению микроэлементов и регуляторов роста. Лабораторией микроэлементов института разработан 20 новых форм микроудобрений на хелатной основе с гуматами (ЭлеГум, Микро-Стим) и регулятором роста Экосил (МикроСил). В настоящее время по лицензионным договорам института осуществляется их промышленное производство на трех предприятиях республики.

В институте успешно развиваются микробиологические исследования. Разработана система биохимических показателей для количественной оценки влияния антропогенных факторов на активность процессов минерализации и гумификации органических веществ и основных биогенных элементов. В сотрудничестве с Институтом защиты растений разработан состав микробактериальной композиции, включающей штаммы азотфиксирующих, калиймобилизующих бактерий и гриба-антагониста, содержащей свойства удобрения, регулятора роста и фунгицида. Эти работы дважды в 2015 и 2018 гг. входили в ТОП-10 лучших работ Национальной академии наук Беларуси.

В институте сформирован компьютерный банк данных агрохимических свойств почв, в котором с 1980 г. накапливаются данные по состоянию агрохимических показателей, которые актуализируются в соответствии с турами крупномасштабного агрохимического обследования почв. Банк данных используется для оценки результатов агрохимического обследования почв, разработки планов применения удобрений под сельскохозяйственные культуры по полям и рабочим участкам, проектно-сметной документации на известкование кислых почв, мероприятий по повышению плодородия почв.

Значительное место в работах института занимают исследования по мониторингу состояния почв в зонах крупных промышленных центров, разработке системы технологических приемов и регламентов для получения качественной растениеводческой продукции.

В предстоящие годы агропочвенная наука Беларуси должна обеспечить научные исследования на разработке не только на агрохимических технологиях сохранения и повышения плодородия почв, но и улучшения агрофизических свойств, повышении биологической активности почв, приемов, способствующих преобладанию в почвах процессов синтеза органического вещества над процессами их минерализации. Необходимо продолжить исследования и разработать программу повышения и сохранения плодородия почв Республики Беларусь на 2021–2025 гг. Актуаль-

ными являются вопросы эффективного использования ресурсов в растениеводческой отрасли сельского хозяйства, в частности, повышения эффективности использования минеральных удобрений, и активного внедрения разработок института по созданию новых форм комплексных минеральных удобрений и жидких микроудобрений на хелатной основе.

В результате активной работы ученых по подготовке кадров высшей квалификации в институте сформировались крупные научные школы по агропочвоведению и агрохимии, основанные известными учеными – Я. Н. Афанасьевым, И. С. Лупиновичем, П. П. Роговым, Т. Н. Кулаковской, С. И. Ивановым, А. Г. Медведевым и продолжены И. М. Богдевичем, Н. И. Смяном, Т. А. Романовой и В. В. Лапой.

С 1980 г. в институте создан Ученый совет по защите докторских и кандидатских диссертаций по двум специальностям – агрохимия (06.01.04) и агропочвоведение, агрофизика (06.01.03). С 1980 по 2005 гг. председателем совета являлся академик НАН Беларуси И. М. Богдевич, с 2006 г. по настоящее время советом по защите диссертаций руководит академик В. В. Лапа. За это время в совете защищено более 320 кандидатских и докторских диссертаций. В последние годы в совете ежегодно защищается 5–6 диссертаций по указанным специальностям.

Институт организует пропаганду своих научных разработок и содействие их внедрению в агропромышленный комплекс Республики Беларусь, оперативное и полное обеспечение специалистов научной информацией. Постоянно демонстрирует свои разработки на международных и республиканских выставках, организует международные научно-практические конференции, в которых принимают участие ученые из ведущих научных учреждений ближнего и дальнего зарубежья.

В 1961 г. в институте был основан сборник научных трудов «Почвоведение и агрохимия», в 1964 г. – межведомственный тематический сборник «Почвенные исследования и применение удобрений». С 2004 г. сборники объединены и преобразованы в периодическое издание – научный журнал «Почвоведение и агрохимия», в котором отражаются научные исследования по рациональному использованию земель и удобрений. Завершенные разработки института рассматриваются на научно-техническом совете МСХП Республики Беларусь, публикуются и передаются в областные и районные управления сельского хозяйства, специалистам агрохимических служб, руководителям и специалистам хозяйств республики.

В 1958 г. в институте образовано Общество почвоведов как Белорусский филиал Всесоюзного общества почвоведов и реорганизовано в 1993 г. в Белорусское общество почвоведов (БОП), которое до 2007 г. возглавлял академик Н. И. Смян, с 2007 по 2017 гг. – кандидат с.-х. наук А.Ф. Черныш, а в настоящее время – доктор с.-х. наук Н. Н. Цыбулько.

Успехи Института почвоведения и агрохимии многократно отмечены правительственными наградами. В 1981 г. Белорусский НИИ почвоведения и агрохимии за большие заслуги в развитии сельскохозяйственной науки и внедрение научных разработок в производство награжден

орденом Трудового Красного Знамени. За большие заслуги в развитии агрохимической науки, подготовке научных кадров Т. Н. Кулаковская удостоена звания Героя Социалистического Труда, награждена орденами Ленина, Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, золотой медалью им. Д. Н. Прянишникова и медалью им. С. И. Вавилова. П. П. Роговой награжден орденом В. И. Ленина и двумя орденами «Знак почета». А. Г. Медведев награжден золотой медалью В. Р. Вильямса, Н. Н. Смеян – орденом «Знак почета» и медалью «За доблестный труд», В. В. Лапа – орденом Ф. Скорины, Г. В. Пироговская – медалью «За трудовые заслуги». П. П. Роговому, Т. Н. Кулаковской, Н. Н. Смеяну и Т. А. Романовой присвоено звание «Заслуженный деятель науки БССР», В. В. Лапе – звание «Заслуженный деятель науки Республики Беларусь», И. М. Богдевичу – «Заслуженный работник сельского хозяйства Республики Беларусь».

За цикл работ по изучению почв Белорусской ССР, опубликованных в 1968–1974 годах группе ученых Иванов С. Н., Клебанович В. Ф., Кулаковская Т. Н. Медведев А. Г., Мееровский А. С., Роговой П. П., Романова Т. А., Смеян Н. И., Соловей И. Н., Туренков Н. И. присвоена Государственная премия в области науки. В работе обобщен большой фактический материал, собранный при проведении крупномасштабных почвенно-геоботанических исследований в республике, а также обширный материал по изучению условий, влияющих на формирование почв республики. Звания Лауреата Государственной премии удостоена Чиканова В. М. за разработку биотехнологии и создание промышленного производства ризоторфина с применением способа стерилизации субстрата и внедрение препарата в сельское хозяйство республики.

За цикл работ «Создание комплекса учебной литературы по агрохимии для высших и средних специальных сельскохозяйственных учебных заведений» в 2002 г. звания Лауреата Государственной премии удостоены И. М. Богдевич и В. В. Лапа. В цикл работ вошли исследования авторов по оптимизации агрохимических свойств почвы, применению новых форм удобрений, разработке ресурсосберегающей системы удобрений и ряду других направлений, учтены также тенденции в развитии аграрного производства на современном этапе. Работы характеризуются высокой степенью приоритетности и новизны. В Беларуси это впервые изданные учебник и учебные пособия по дисциплинам агрохимического цикла.

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ ОРГАНОГЕННЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

**Азаренок¹ Т. Н., Матыченкова¹ О. В., Дыдышко¹ С. В.,
Матыченков¹ Д. В., Шульгина² С. В.**

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²НАН Беларуси, ВАК, г. Минск, Беларусь

Почва и почвенный покров являются объектом правовых отношений, выступают важнейшим компонентом окружающей среды, земельных ресурсов и служат основным средством сельскохозяйственного производства, объектом хозяйствования, учета и контроля (Земельный кодекс, 2008). Согласно Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г., главными критериями развития сельского хозяйства являются: сохранение и улучшение природного потенциала, рациональное использование почвенных ресурсов, объективная оценка степени их деградации для обеспечения открытости, достоверности и своевременности экологической информации по вопросам состояния окружающей среды, ее охраны и использования природных ресурсов.

С развитием фундаментальных положений экологических основ земледелия, определяющих ведущую роль почвенного покрова в выполнении экологических, в том числе и биосферных функций, значительно возрастает необходимость совершенствования теоретических и прикладных аспектов оценки земель. Поэтому как в нашей стране, так и за рубежом в работах по обоснованию новых подходов, направленных на реализацию экологических принципов, значительное внимание уделяется исследованиям по выделению экологических показателей в самостоятельный вид характеристики экономической оценки земель (Кудряшова С. Я., Гагарин А. И., Юрлова В. А., 2014 г.).

Для реализации принципов ресурсосбережения и экологизации землепользования, для объективной оценки производственно-экологических функций почв, в качестве меры эффективности затрачиваемых средств и материальных ресурсов ведения сельскохозяйственного производства, возделывания различных групп культур на пахотных и луговых землях, должны учитываться и их экологические параметры, с последующей разработкой комплексной эколого-экономической оценки ущерба сельскохозяйственному производству от происходящих в них процессов деградации. Важным и необходимым такой подход видится для оценки нарастающих процессов деградации на органогенных почвах сельскохозяйственных земель республики в разработке методики эколого-экономической оценки ущерба сельскохозяйственному производству от деградации органогенных

почв различной степени антропогенной трансформации на основе характеристики их агроэкологического потенциала.

В Республике Беларусь по данным крупномасштабного почвенного обследования осушенных сельскохозяйственных земель установлены актуальные площадные данные распространения и видового разнообразия дегроторфяных почв и их динамика. В составе сельскохозяйственных земель республики дегроторфяные торфяно-минеральные почвы с содержанием ОВ (50,0–20,1 %) получили распространение на территории 117 административных районов Беларуси и занимают 188,7 тыс. га (2,2 %). Наибольшие площади этих почв сконцентрированы в Брестской (56,6 тыс. га, или 4,2 %) и Минской (59,7 тыс. га или 3,2 %) областях. Среди административных районов с максимальным распространением (> 8000,1 га) выделяются Лунинецкий район Брестской области, Солигорский, Любанский и Вилейский районы Минской области (рис. 1 и 2).

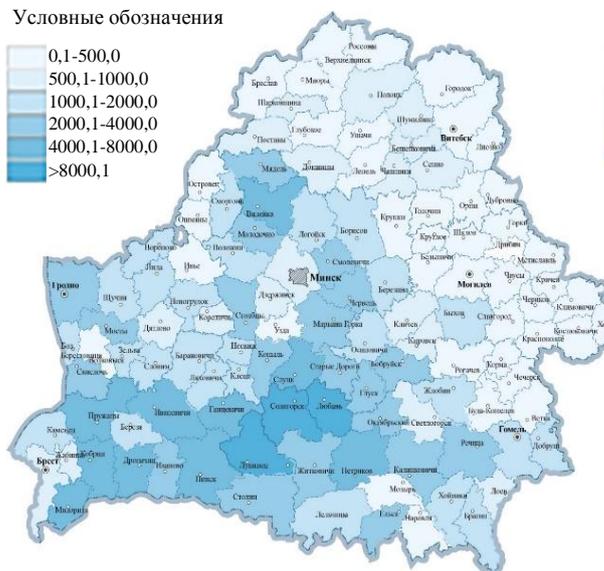


Рис. 1. Распространение дегроторфяных торфяно-минеральных почв сельскохозяйственных земель республики по административным районам, га (2017 г.)

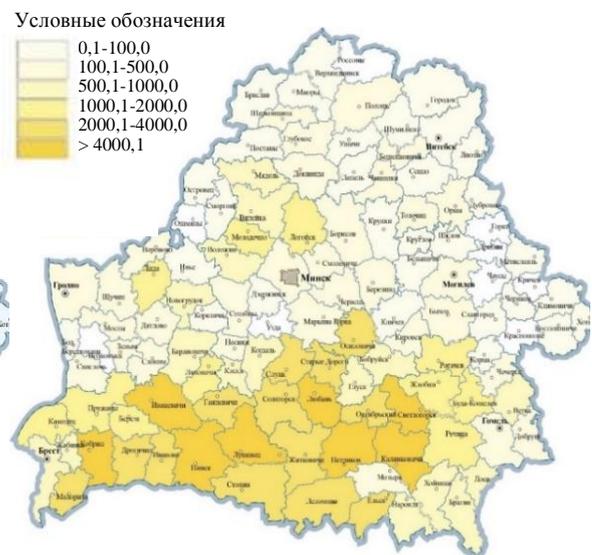


Рис. 2. Распространение дегроторфяных минеральных остаточно-торфяных почв сельскохозяйственных земель республики по административным районам, га (2017 г.)

Дегроторфяные минеральные остаточно торфяные почвы с содержанием ОВ (20,0–5,1 %) получили распространение в составе сельскохозяйственных земель на территории 109 административных районов Беларуси и занимают 118,0 тыс. га (1,4 %). Наибольшие площади этих почв сконцентрированы в Брестской (44,5 тыс. га или 3,3 %) и Гомельской (39,5 тыс. га или 3,0 %) областях. Среди административных районов с максимальным распространением (> 4000, 1 га) выделяются Кобринский, Ивацевичский, Пинский, Лунинецкий районы Брестской области, Любанский район Минской области, Петриковский, Светлогорский и Калинковичский районы Гомельской области.

Дегроторфяные минеральные постторфяные почвы с содержанием ОВ ($\leq 5,0$ %) получили распространение в составе сельскохозяйственных земель на территории 44 административных районов Беларуси. Занимают 7,0 тыс. га (0,1 %). Наибольшие площади этих почв сконцентрированы в Брестской (3,3 тыс. га, или 0,2 %), Гомельской (1,9 тыс. га, или 0,2 %) и Минской (1,3 тыс. га, или 0,1 %) областях. Среди административных районов с максимальным распространением ($> 400,1$ га) выделяются Дрогичинский, Ивановский, Лунинецкий районы Брестской области и Слуцкий район Минской области.

Проведенный пространственно-временной анализ изменения компонентного состава почвенного покрова осушенных сельскохозяйственных земель, представленных торфяными и дегроторфяными почвами, их площадного распространения между двумя турами почвенного картографирования (III тур (1986–1998 гг. и работ по корректировке почвенных материалов осушенных и прилегающих к ним земель 2005–2018 гг.) позволил установить, что площади торфяных почв сельскохозяйственных земель сократились на 192,9 тыс. га (с 878,0 до 685,1 тыс. га), при этом их удельный вес снизился на 3,6 % (с 11,3 до 7,7 %), а площади дегроторфяных почв увеличились на 122,7 тыс. га (со 190,2 до 312,9 тыс. га, на 1,2 % – с 2,5 до 3,6 %).

В наибольшей степени изменения компонентного состава осушенных торфяных почв проявились на территории сельскохозяйственных земель Брестской, Минской и Гомельской областей, в почвенном покрове которых торфяные почвы сократились соответственно на 5,5 %, 4,1 % и 3,3 %, а рост дегроторфяных составил 2,5 %, 1,2 % и 0,7 %. Удельный вес торфяных маломощных почв снизился на 1,9 %, а рост дегроторфяных почв республики обеспечивается в основном за счет торфяно-минеральных +0,7 % (с 1,4 до 2,1 %, или с 105,9 до 188,0 тыс. га) и минеральных остаточно-торфяных (+0,5 %) (с 0,9 % до 1,4, или с 66,1 до 118,0 тыс. га) их видов.

В процессе разработки методики оценки эколого-экономического ущерба от деградации осушенных органогенных почв сельскохозяйственных земель республики должен быть создан понятийный аппарат – специализированные термины, раскрывающие особенности объектов и предмета исследования.

Так, *деградация осушенных торфяных почв* – это процессы и результаты изменения естественных режимов (водного, воздушного, теплового, питательного) торфяных почв, в совокупности приводящие к изменению функций почвы как элемента экологической системы с постепенной утратой органического вещества, приводящий к количественному и качественному ухудшению их состава, свойств, снижению производительной способности почв как объекта сельскохозяйственного использования и хозяйственной значимости, росту объективных затрат на производство единицы сельскохозяйственной продукции.

Экономический ущерб, причиняемый от деградации торфяных почв – это натуральное (урожайность сельскохозяйственных культур и др.) и/или

стоимостное выражение (затраты на возделывание сельскохозяйственных культур, затраты на внесение удобрений и др.) изменений функций почвы как элемента агроэкосистемы на основании существующих методов в республике на момент проведения расчетов. Определение размера экономического ущерба от деградации осушенных торфяных почв осуществляется на основании результатов обследований, проводимых по инициативе административно-территориальных органов или по заявлениям физических и юридических лиц на основании данных почвенно-агрохимических, крупномасштабных почвенных или иных обследований, в ценах на момент расчета, утвержденных в республике.

Метод оценки экономического ущерба – способ натуральной и (или) стоимостной оценки экономического ущерба (формулы, расчеты). Учитывает виды потерь (прямые и косвенные), упущенную выгоду от недобора сельскохозяйственной продукции, издержки на поддержание плодородия, мониторинг почв, проведение аналитических исследований в соответствии с установленными ценами в республике.

Под *степенью деградации осушенных торфяных почв* понимается количественная характеристика (от 0 до 5) их состояния, отражающая величину ухудшения состава, свойств производительной способности. Степень антропогенной деградации осушенных торфяных почв конкретного региона, объекта в республике определяется 5 степенями от легкой (L) до экстремальной (E) и на основании качественных критериев свойств.

Проведенный научно-аналитический обзор позволил в первом приближении установить методы и способы оценки экологического и экономического ущерба от деградации органогенных почв в республике. Установлено, что оценка деградации органогенных почв в республике проводится на основании следующего: а) пространственно-временного анализа динамики площадей торфяных почв и их деградированных аналогов с применением сравнительно-географического и сравнительно-картографического методов; на мелиоративных объектах (м/о) рабочих участков землепользований (ОАО «Дербин» Октябрьского района и СПК «Дружба-Автюки» Калинковичского района Гомельской области, ОАО «Новополесский» Солигорского района Минской области с высоким удельным весом органогенных почв) происходит сокращение площадей и количества контуров торфяных почв мощных, среднеспособных и увеличение площадей и контуров торфяных маломощных почв, с последующим формированием дегроторфяных (с содержанием ОВ 50,0–5,1 %) почв (с 1 до 30), рост показателей контрастности (с 0,4976 до 0,8097) и неоднородности почвенного покрова (с 6,7977 до 12,0237); б) сравнительного анализа данных землеоценочных работ; установлены снижения балла бонитета дегроторфяных почв по сравнению с исходным аналогом (торфяными маломощными), исходя из гранулометрического состава подстилающих пород – для деградированных торфяно-минеральных почв на 16,0–35,3 %, минеральных остаточно-торфяных – на 20,3–42,7 %, минеральных постторфяных – на 47,6–52,9 %; в) прямого

сравнения свойств деградированных почв по сравнению с исходным естественным аналогом (торфяной мощной); в результате трансформации торфяной низинной мощной в деградированные постторфяные происходит снижение суммы обменных оснований в 6,7 раза (с 109,78 до 16,43 смоль(+) \cdot кг⁻¹) (связь с содержанием ОВ $r = 0,97$), емкости поглощения в 7,9 раза (с 159,63 до 20,26 смоль(+) \cdot кг⁻¹) ($r = 0,97$), содержания углерода в 14,7 раз (с 36,8 до 2,55 %), валового содержания азота в 5,02 раза (2,51 до 0,50 %), оксидов фосфора в 5,7 раза (с 0,51 до 0,09 %), калия в 2,6 раза (с 0,13 до 0,05 %), кальция в 10,1 раза (с 0,91 до 0,09 %), магния в 3,0 раза (с 0,61 до 0,20 %); г) прямого сравнения степеней деградации органогенных почв, основанных на качественных критериях их свойств; для условий Беларуси разработаны и предложены 5 степеней деградации органогенных почв от легкой (L) до экстремальной (E) на основании качественных критериев: уменьшение мощности органогенного слоя, см/год ($\leq 0,3 \rightarrow 4,0$); уменьшение мощности органогенного слоя, % от исходного ($\leq 10,0 \rightarrow 80,0$ %); содержание ОВ в 0–20 см ($\geq 80,0 \rightarrow 5,0$ %), зольность в 0–20 см слое ($\leq 20,0 \rightarrow 95,0$ %), плотность сложения в слое 0–20 см ($\leq 0,5 \rightarrow 1,30$ г/см³); снижение продуктивности сельскохозяйственных культур ($\leq 5,0 \rightarrow 80,0$ %), потери ОВ торфа ($\leq 10,0 \rightarrow 90,0$ т/га) (Цытрон Г. С., Азаренок Т. Н. и др., 2014, 2015). Существующая «Временная методика определения размера экономического ущерба, причиненного загрязнением, деградацией и нарушением земель» (1998, 2008), разработанная Министерством охраны окружающей среды основана на количественных параметрах степеней деградации почв, не в полной мере отражает полноту и специфику их антропогенного преобразования в условиях Беларуси.

Эти методы в первом приближении характеризуют агроэкологическую направленность оценки ущерба от деградации органогенных почв. Для экономической оценки ущерба в условиях республики в первом приближении применимы следующие расчетные методы (Тишкевич О. В., 2018, Кадастровая оценка земель, 2018 и др., Кудаков А. С., 2008 и др., Бурлакова Л. М. и др., 2007, Соловцов Н. И. и др., 2007): определения недоборов растениеводческой продукции с отдельного рабочего участка, упущенной выгоды, определения изменчивости степеней деградации почв между периодами обследования с использованием расчетных коэффициентов (K_c), нормативов возмещения потерь сельскохозяйственному производству (тыс. руб. за 1 га), затрат (в тыс. руб.) на проведение расчетов ущерба для каждого контура деградированных почв, средних затрат на возделывание 1 га трав на пашне и луговых землях, определения дифференциальной ренты в зависимости от динамики показателей свойств, характеризующих плодородие и бонитет почв.

РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Азарёнок Т. Н., Шибут Л. И., Цыбулько Н. Н.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Согласно методике второго тура кадастровой оценки сельскохозяйственных земель в Беларуси, оценка плодородия почв является первой и наиболее важной составной частью комплексной кадастровой оценки и заключается в определении их пригодности (в баллах) по совокупности природных свойств для возделывания сельскохозяйственных культур. Основой оценки плодородия почв является шкала оценочных баллов. По шкале оцениваются типовые различия, характер и степень увлажнения, гранулометрический состав почвообразующих и подстилающих пород, как наиболее стабильные характеристики, определяющие уровень плодородия почв при оптимальных условиях реализации их генетического потенциала (исходный балл). Другие факторы и характеристики (агрохимические, культуртехнические, климатические, мелиоративные), влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур, учитываются с помощью поправочных коэффициентов. Всего для пахотных земель, земель под постоянными культурами (многолетними насаждениями), улучшенных луговых земель вводятся поправочные коэффициенты на эродированность, каменистость (завалуненность), агрохимические свойства почв (окультуренность), контурность (площадь отдельно обрабатываемого участка), мелиоративное состояние осушенных земель, неоднородность почвенного покрова, генезис почвообразующих пород и агроклиматические условия. Если показатели, характеризующие какой-либо земельный участок, ниже, или хуже оптимальных, то при оценке земель последовательно вводятся поправочные коэффициенты к исходным баллам почв, полученным по шкале. В результате получается окончательный (фактический) балл – балл плодородия почв.

Разница между исходными и фактическими баллами показывает не только снижение плодородия почв за счет неудовлетворительного состояния этих факторов, но, в то же время, и возможные резервы его повышения при уменьшении или ликвидации их отрицательного воздействия (доведении до оптимальных параметров).

Все эти факторы, влияющие на оценку земель, делятся на две группы: зависящие от деятельности человека и независящие. К последним относятся: климатические условия и генезис почвообразующих пород. Поэтому эти показатели (факторы) как резерв повышения плодородия почв не рассматриваются. Оставшиеся факторы (окультуренность, контурность, эродированность, завалуненность, мелиоративное состояние, неоднородность почвенного покрова) являются резервом для повышения плодородия почв,

так как они могут быть изменены в лучшую сторону в результате проведения мероприятий по повышению плодородия почв.

В таблице 1 приведены резервы повышения плодородия почв пахотных земель по областям за счет показателей и факторов, зависящих от деятельности человека и оказывающих наибольшее влияние на их плодородие: окультуренности, эродированности и завалуненности почв, контурности рабочих участков и неоднородности почвенного покрова на них.

Таблица 1

Резервы увеличения плодородия почв пахотных земель по областям

Области	Балл плодородия почв*	Возможность увеличения балльной оценки						всего	в т. ч. до 2025 г.
		за счет							
		окультуренности	неоднородности	контурности	эродированности	завалуненности			
Брестская	31,8	3,9	0,6	1,8	0,2	0,2	6,7	0,7–1,0	
Витебская	28,4	6,7	0,6	4,7	0,9	0,8	13,7	1,4–1,9	
Гомельская	28,5	3	0,5	1,4	0,1	0	5	0,5–0,8	
Гродненская	35,5	5,7	0,4	1,8	1,1	1,7	10,7	1,1–1,6	
Минская	33,4	5,8	0,7	1,7	0,6	0,3	9,1	0,9–1,4	
Могилевская	31,5	7	0,5	1,9	0,9	0,1	10,4	1,0–1,5	
Беларусь	32	5,3	0,6	2,1	0,6	0,5	9,1	0,9–1,4	

Примечание. *Баллы с учетом корректировки 2017–2019 гг.

Из этих показателей наибольшее увеличение плодородия почв возможно за счет окультуренности. При доведении агрохимических свойств до оптимальных параметров оно составит в среднем по республике 5,3 балла, изменяясь по областям от 7,0–6,7 балла в Могилевской и Витебской до 3,0 баллов в Гомельской области.

Большое влияние на плодородие почв оказывает контурность (размер обрабатываемых участков). В среднем по республике увеличение плодородия почв за счет укрупнения обрабатываемых участков и доведения их до оптимальных размеров может составить 2,1 балла.

Максимальный резерв имеется в Витебской области (4,7 балла), минимальный – в Гомельской (1,4 балла). Увеличение размеров обрабатываемых участков происходит в результате проведения мелиоративных (осушение заболоченных участков и создание более крупных массивов, особенно закрытым дренажом) и культуртехнических работ (уборка кустарников), внутрихозяйственного землеустройства (нарезка более крупных полей и др.), при проведении работ по оптимизации землепользования (исключения из пашни и передачи их в другие виды использования).

Резерв повышения плодородия почв за счет проведения противоэрозионных мероприятий, уменьшающих отрицательное влияние эрозии на их плодородие, в среднем по республике составляет 0,6 балла. По областям он изменяется от 0,9–1,1 балла в Витебской, Могилевской и Гродненской областях до 0,1–0,2 балла в Гомельской и Брестской.

В среднем по республике увеличение балльной оценки почв за счет уборки камней составляет 0,5 балла. Максимальное увеличение возможно в Гродненской области – 1,7 балла. Практически нет завалуненных почв в Гомельской, небольшие их площади в Брестской и Могилевской областях.

В целом по республике снижение плодородия почв за счет неоднородности почвенного покрова на уже сформированных рабочих участках составляет 0,6 балла, изменяясь по областям от 0,4 до 0,7 балла. Можно несколько уменьшить это влияние за счет формирования новых рабочих участков в результате внутривладельческого землеустройства, однако следует иметь в виду, что это может привести к уменьшению площадей рабочих участков и, следовательно, к увеличению отрицательного влияния контурности на плодородие почв.

Теоретически за счет вышеперечисленных факторов оценка плодородия почв по республике может быть увеличена на 9,1 балла. Среди областей наибольший резерв повышения плодородия почв имеет Витебская область (13,7 балла) наименьший – Гомельская (5,0 балла).

Однако полностью устранить влияние неблагоприятных факторов в настоящее время практически невозможно. Исходя из сложившейся в республике ситуации (тенденции последних лет), можно предположить, что в ближайшие пять лет выполнить эту задачу удастся примерно на 10–15 %, что, соответственно, приведет к повышению плодородия почв в среднем по республике на 0,9–1,4 балла (табл. 1).

По административным районам наблюдаются очень большие различия по влиянию отдельных факторов на плодородие почв, а, следовательно, и на резервы его повышения. Наибольший резерв повышения плодородия почв за счет окультуренности в Горецком районе Могилевской области (10,2 балла), за счет контурности – в Россонском районе Витебской области (7,5 балла), за счет эродированности – в Мстиславском районе Могилевской области (5,6 балла), за счет завалуненности – в Свислочском районе Гродненской области (3,7 балла), за счет неоднородности – в Солигорском, Слуцком и Любанском районах Минской области (0,9 балла). Максимальный резерв повышения плодородия почв по всем факторам вместе характерен для Мстиславского района (20,4 балла), минимальный – для Ветковского (3,3 балла). Возможность повышения балльной оценки по этим районам колеблется от 2,8 до 0,3 балла.

Ввиду того, что луговые земли отличаются от пахотных, как по составу почв, так и по другим характеристикам, влияющим на сельскохозяйственное производство, то и резервы повышения плодородия почв на них также отличаются от пахотных (табл. 2).

В целом по Беларуси по улучшенным луговым землям общий резерв повышения плодородия почв за счет неблагоприятных факторов составляет 10,4 балла. Наибольшее увеличение плодородия почв возможно за счет их окультуренности – 7,3 балла (в то время как на пахотных оно составляет 5,3 балла), что объясняется тем, что окультуренность почв луговых земель значительно ниже, чем пахотных.

Резервы увеличения плодородия почв улучшенных луговых земель по областям

Области	Балл плодородия почв	Возможность увеличения балльной оценки						
		за счет					все-го	в т. ч. до 2025 г.
		окультуренности	неоднородности	контурности	эродированности	завалуненности		
Брестская	31,1	7,1	0,5	2,1	0,0	0,0	9,7	1,0–1,5
Витебская	27,2	6,9	0,2	4,7	0,6	0,4	12,8	1,3–1,9
Гомельская	28,6	5,6	0,5	1,9	0,0	0,0	8,0	0,8–1,2
Гродненская	30,3	8,8	0,4	2,6	0,1	0,3	12,2	1,2–1,8
Минская	29,8	8,5	0,6	2,3	0,1	0,0	11,5	1,1–1,7
Могилевская	29,0	8,8	0,4	2,5	0,2	0,0	11,9	1,2–1,8
Беларусь	29,0	7,3	0,4	2,5	0,1	0,1	10,4	1,0–1,6

Луговые земли также характеризуются большей контурностью, чем пахотные, поэтому и резерв повышения плодородия почв за счет контурности (2,5 балла) на них больше, чем на пахотных (2,1 балла).

За счет уменьшения неоднородности почвенного покрова плодородие улучшенных луговых земель может быть увеличено на 0,4 балла.

Так как эродированность и завалуненность почв на луговых землях встречаются значительно реже, чем на пахотных, то резерв повышения плодородия почв за счет этих факторов составляет только 0,1 балла (на пахотных 0,6–0,5 балла).

Всего же в предстоящей пятилетке (2021–2025 гг.) за счет всех этих факторов плодородие почв улучшенных луговых земель может быть увеличено на 1,0–1,6 балла.

УДК 645.4

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АНТРОПОГЕННО- ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Азарёнок Т. Н., Шульгина С. В., Матыченкова О. В., Дыдышко С. В.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Опыт проводимых в республике работ по крупномасштабному почвенному картографированию показывает, что почвенный покров сельскохозяйственных земель подвергается существенным преобразованиям. Под влиянием антропогенного фактора происходит частичное или полное изменение генетического профиля почв, в результате чего формируются новые почвенные объекты – антропогенно-преобразованные почвы. Объективное отображение почвенного покрова сельскохозяйственных земель напрямую зависит от уровня владения практическими навыками полевой диагностики и обработки полученных сведений в камеральных условиях.

Именно полевой этап является наиболее трудоемким и основополагающим для накопления первичной (исходной) информации для проведения землеоценочных работ, включает идентификацию классификационного положения почвы в полевых условиях на основании морфологических признаков слагающих ее генетических горизонтов и результатов лабораторных исследований, характеризующих их состав, свойства. Сложность и специфичность полевого обследования антропогенно-преобразованных почв на сельскохозяйственных землях республики обусловлена необходимостью принятия оперативных решений по отображению почвенных контуров на планово-картографической основе в полевых условиях 119 почвенных разновидностей различного генезиса, гранулометрического состава, строения почвообразующих истилающих пород, несущих различную степень антропогенной трансформации морфологических, физико-химических и агрохимических свойств, формирование которых происходило под воздействием антропогенных факторов почвообразования с образованием новых почвенных таксонов, ранее не встречавшихся на обследуемой территории. И от того, насколько специалист владеет знаниями и практическими навыками полевой диагностики почв, умениями интерпретировать аналитические данные свойств почв, напрямую зависит качество почвенной карты, а, следовательно, и объективность землеоценочных работ.

Для этих целей нами были разработаны «Методические указания по диагностике и полевому исследованию антропогенно-преобразованных почв сельскохозяйственных земель республики».

Полевое обследование антропогенно-преобразованных почв проводится для получения актуальных сведений о видовом разнообразии, площадях распространения, их агроэкологическом состоянии и плодородии рабочих участков сельскохозяйственных земель землепользователей, установления степени их пригодности для возделывания растениеводческой продукции, определения размеров потерь сельскохозяйственного производства, подлежащих возмещению, планирования и осуществления мероприятий по повышению плодородия почв сельскохозяйственных земель республики, при проведении почвенных экспертиз.

Установлено, что ареалы распространения антропогенно-преобразованных почв приурочены преимущественно к осушенным пахотным и луговым землям с высоким удельным весом в компонентном составе органо-генных почв, где строительство и реконструкция осушительной системы, ее функциональное состояние, проведение агромелиоративных мероприятий, привело к скачкообразному формированию новых почвенных объектов – антропогенно-преобразованных почв. Так наибольшее площадное распространение среди антропогенно-преобразованных почв в составе сельскохозяйственных земель получили дегроторфяные торфяно-минеральные почвы – они выделены в 117 административных районах республики, а наименьшее – минеральные остаточно-торфяные почвы – в 44 административных районах (рис. 1 и 2).

Условные обозначения

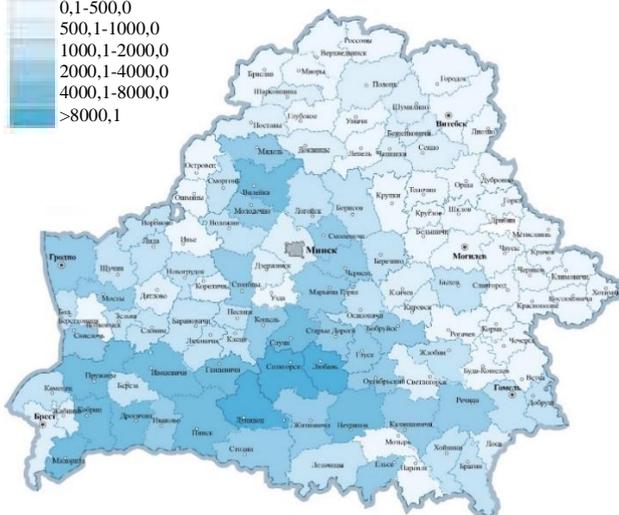
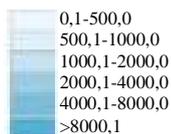


Рис. 1. Распространение деградированных торфяно-минеральных почв сельскохозяйственных земель республики по административным районам, га

Условные обозначения

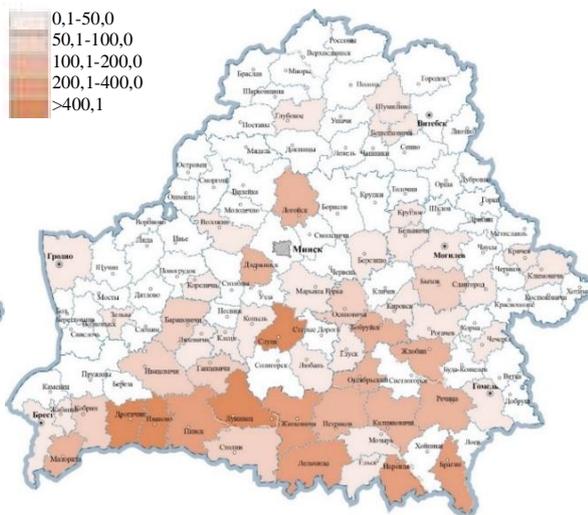
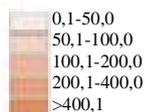


Рис. 2. Распространение деградированных минеральных постторфяных почв сельскохозяйственных земель республики по административным районам, га

Факторы, способствующие формированию антропогенно-преобразованных почв можно объединить в 4 большие группы (агромелиоративные, гидротехнические, индустриальные, строительные).

Причина изменений почв – несоответствие их свойств, протекающих в ней процессов, связанных с функционированием агроэкосистемы, факторам почвообразования.

Это несоответствие вызывает несбалансированность почвенных процессов выноса и аккумуляции вещества в горизонтах почвы, новообразования и разрушения специфических почвенных соединений, что приводит к ее эволюции.

Искусственными средствами воздействия (аккумуляционными: насыпания, наносы, валы и др. – и турбационными: вспашка, срезки усека, погребения и др.) изменяется форма проявления, направленность и темпы почвообразовательных процессов и почва принимает качественно новое состояние: происходят внутрипрофильные изменения, способствующие формированию новых, антропогенно-преобразованных почв, которые по строению и свойствам резко отличаются от фоновых зональных и имеют свои классификационно-генетические признаки (Азаренок Т. Н., 2005).

Видовое разнообразие антропогенно-преобразованных почв на пахотных землях республики представлено на рисунке 3.

Диагностика антропогенно-преобразованных почв в полевых условиях осуществляется на основании исследования строения почвенного профиля, как единой системы типодиагностических горизонтов и общности свойств и процессов, обусловленных характером антропогенного преобразования, подробного описания морфологических свойств и признаков с установлением глубины и характера вскипания; отбором проб почв для лабораторных исследований. Для повышения объективности

диагностики этих почв в полевых условиях, нами выборочно была усовершенствована номенклатура, индексировка и определения типодиагностических горизонтов (Смеян Н. И., Цытрон Г. С., 1989, 2007, Цытрон Г. С. и др., 2011), которые нашли свое отражение в ТКП 651-2020 (33520) «Почвенное обследование земель и создание, обновление почвенных карт» (Минск, 2020).



Рис. 3. Видовое разнообразие антропогенно-преобразованных почв сельскохозяйственных земель Беларуси (фрагмент)

Нами впервые предложены полные морфологические описания репрезентативных почвенных профилей для 27 почвенных разновидностей антропогенно-преобразованных почв, получивших наибольшее распространение в составе сельскохозяйственных земель республики, разработаны количественные статистические диагностические параметры их свойств на основе созданной базы данных «Антропогенно-преобразованные почвы Беларуси» Почвенной информационной системы Беларуси (ПИСБ) с использованием сравнительно-аналитического метода, метода рядов антропогенных изменений почв (рис. 4, табл.).

Разрез 3–19 заложен на пашне ОАО «Новополесский» Солигорского района Минской области (52°61'10,1" с.ш.; 27°39'15,3" в.д., h = 132,3 м). Посевы озимой тритикале. Водное питание – атмосферно-грунтовое.

Фото разреза	Почвенный горизонт, см	Описание горизонта
	<u>APT₀</u> 0–27	– антропогенно-преобразованный остаточно-торфяной горизонт черновато-бурого цвета 4/10G), в верхней части густо пронизан корнями растений, припашки нижележащего горизонта, бесструктурный, единично ржаво-охристые пятна, свежий, уплотнен, смесь рыхлого песка с остатками сильноразложившегося торфа, переход резкий, неровный;
	<u>B_{1g}</u> 27–64	– иллювиальный остаточно-оглеенный горизонт, буровато-желтого цвета (2,5Y 7/6), в верхней части затеки и пятна органики, бесструктурный, обилие ржаво-охристых прожилок, обилие включений среднеразложившихся волокон тростника, свежий, уплотнен, древнеаллювиальный песок рыхлый, переход постепенный;
	<u>B_{2Dg}</u> 64–85	– иллювиальный остаточно-оглеенный горизонт переходный к подстилающей породе желтовато-сизого цвета (2,5Y 6/6), бесструктурный, обилие включений среднеразложившихся волокон тростника, сырой, уплотнен, древнеаллювиальный песок рыхлый.

Фото 2. Почва: дегроторфяная минеральная остаточно-торфяная темно-серая (с содержанием ОВ 20,0–10,1 %), подстилаемая древнеаллювиальными рыхлыми песками с глубины 0,27 м

Рис. 4. Морфологическое описание антропогенно-преобразованных почв

Таблица

Статистические диагностические параметры свойств дегроторфяных минеральных остаточно-торфяных почв

Показатель	Горизонт, глубина, см	рН в КСl	Hr ⁺	S	T	V	P ₂ O ₅	K ₂ O
			смоль (+) · кг ⁻¹			%	мг/кг	
<u>Min-max</u>	<u>APT₀</u> 5–15	<u>4,8–5,8</u>	<u>0,2–14,2</u>	<u>0,7–21,3</u>	<u>0,9–28,4</u>	<u>60,0–91,2</u>	<u>12–510</u>	<u>22–310</u>
<u>M±m</u>		<u>5,0–5,4</u>	<u>1,8–8,4</u>	<u>7,7–21,3</u>	<u>9,5–28,4</u>	<u>60,9–89,9</u>	<u>34–325</u>	<u>22–289</u>
<u>I_{0,5}</u>		<u>5,3–5,4</u>	<u>6,1–6,2</u>	<u>11,4–11,6</u>	<u>16,3–16,5</u>	<u>70,0–70,3</u>	<u>258–259</u>	<u>270–272</u>
<u>n</u>		974	438	419	419	419	935	935
<u>Min-max</u>	<u>B_{1g}</u> 35–45	<u>4,5–5,7</u>	<u>0,2–5,8</u>	<u>0,8–6,7</u>	<u>1,2–18,9</u>	<u>62,1–92,3</u>	<u>18–420</u>	<u>18–389</u>
<u>M±m</u>		<u>5,2–5,4</u>	<u>1,5–5,3</u>	<u>5,4–6,2</u>	<u>6,9–12,3</u>	<u>63,0–88,2</u>	<u>25–320</u>	<u>24–365</u>
<u>I_{0,5}</u>		<u>5,2–5,3</u>	<u>3,9–4,0</u>	<u>5,9–6,1</u>	<u>9,8–10,1</u>	<u>60,2–60,4</u>	<u>132–133</u>	<u>164–165</u>
<u>n</u>		974	438	419	419	419	935	935
<u>Min-max</u>	<u>B_{2Dg}</u> 70–80	<u>4,5–5,6</u>	<u>0,4–5,5</u>	<u>0,8–3,6</u>	<u>1,5–15,5</u>	<u>61,0–93,6</u>	<u>10–410</u>	<u>10–295</u>
<u>M±m</u>		<u>5,1–5,3</u>	<u>1,2–3,4</u>	<u>0,8–3,6</u>	<u>5,6–9,8</u>	<u>61,0–85,0</u>	<u>17–185</u>	<u>12–220</u>
<u>I_{0,5}</u>		<u>5,1–5,2</u>	<u>2,1–2,2</u>	<u>3,2–3,3</u>	<u>5,3–5,5</u>	<u>60,4–62,3</u>	<u>75–76</u>	<u>87–88</u>
<u>n</u>		974	438	419	419	419	935	935

Примечание. Min-max – минимальные и максимальные значения;

M±m – диапазон отклонения среднеарифметического значения;

I_{0,5} – доверительный интервал;

n – объем выборки.

В методических указаниях нами предложен перечень специализированных терминов, приводится описание этапов работ по проведению полевого обследования антропогенно-преобразованных почв республики в зависимости от масштаба почвенной съемки, Номенклатурный список антропогенно-преобразованных почв республики, их условные обозначения, отдельные фрагменты почвенных карт (М 1:2000, 1:10000, 1:50000) на которых они получили распространение (рис. 5).

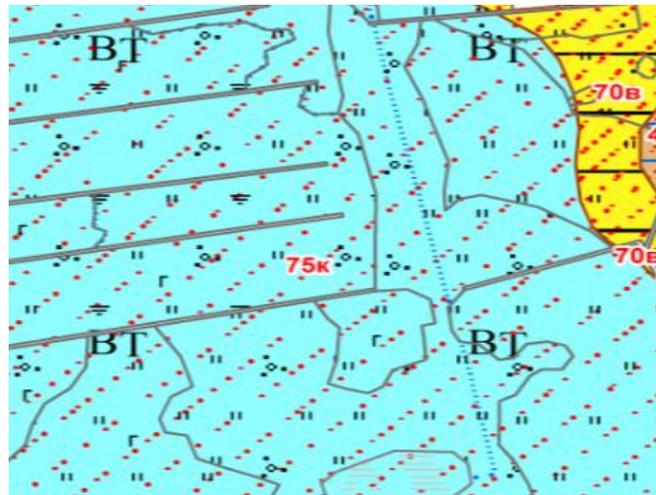


Рис. 5. Распространение дегроторфяных минеральных остаточно-торфяных темно-серых почв (с содержанием ОВ 20,0–10,1 %) почвенная разновидность №70в) и выгоревших торфяных почв (№75к) с мощностью торфа до 0,5 м – 50 %, 0,5–1,0 м – 30 %, выгоревших постторфяных связнопесчаных – 20 %) на территории СПК «Следюки» Быховского района Могилевской области (естественные луговые земли, фрагмент почвенной карты М 1:10 000)

УДК 631.43+633.11"324":631.559

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЧВЫ И УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ ЦЧР

Афонченко Н. В.

Курский ФАНЦ, г. Курск, Россия

В современном земледелии агрофизические свойства почвы рассматриваются как своеобразный регулятор почвенных процессов. В настоящее время остро стоит вопрос рационального использования земельных ресурсов. Неоднородность почвенного покрова создает значительные проблемы в процессе ведения сельскохозяйственного производства, недооценка которых приводит к снижению плодородия и, как следствие, недобору урожая возделываемых культур. Сохранение плодородия почв является стратегической задачей для оптимизации и устойчивого функционирования агроландшафтов в решении их продуктивности. Физическое состояние почв оказывает непосредственное

воздействие на продуктивность культур [1]. Природные факторы, такие как характер рельефа и местоположение оказывают большое влияние на растения и растительные сообщества в целом. В зависимости от рельефа изменяется количество поступающего тепла, влаги, света, которые в свою очередь оказывают непосредственное влияние на рост и развитие растений [2, 3]. Разница температур на поверхности почв на различных экспозициях может достигать 9 °С (27–36 °С) с выраженной тенденцией к понижению при движении вниз по профилю. От экспозиции склона зависит уровень солнечной радиации, скорость ветра.

Исследования проводились на экспериментальном полигоне по агроэкологической оценке почв с куполообразной формой рельефа (86 га, п. Панино, Медвенский район Курской области, Россия). Полигон расположен на Среднерусской возвышенности на высоте 19–217 м над уровнем моря. Разница высотных отметок достигает 29,5 м. Рельеф полигона типично эрозионный, с выраженной волнистостью, особенно в нижних частях склонов и представлен различными направлениями (северная, южная, восточная, западная, северо-восточная, северо-западная, юго-восточная и юго-западная экспозиции), с разной величиной уклона. Средний уклон полигона составляет 2,23°. Почвы – чернозем типичный и выщелоченный различной степени смытости и намытости на лёссовидных суглинках. Характер комплексности почвенного покрова меняется от вершины вниз по склону. Структурно-агрегатный состав почвы проводили путем отбора почвенных проб методом конверта из пахотного слоя почвы 0–20 см. Сухое и мокрое просеивание почвы проводили по методу Н. И. Саввинова, общий гумус определяли по Тюрину. Учет урожая озимой пшеницы (сорт Синтетик) выполняли методом отбора снопов в 4-кратной повторности (50×50см). Урожайность рассчитывали путем пересчета (на 14 % влажность зерна) на 1 гектар. Структурный анализ урожая озимой пшеницы проводили по методике Государственного сортоиспытания.

В таблице 1 представлены значения максимальные, минимальные и средние, варьирование в процентах по основным экспозициям склона и уклон в градусах, содержание гумуса, количество агрегатов размером от 10 до 0,25 мм, коэффициент структурности почвы, средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов и количество водопрочных агрегатов.

Наибольший уклон в градусах на полигоне составил 5,18°. Наибольшее и наименьшее содержание гумуса отмечалось на плакоре и составляло 6,29 % и 5,51 %, среднее его содержание составило 5,81 %, и было наибольшим по сравнению с другими направлениями. Количество наиболее ценных агрегатов (10–0,25 мм) было наибольшим на плакоре и колебалось от 77,9 до 70,1 %. Количество водопрочных агрегатов колебалось от 64,4 % до 51,9 %. Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов колебался от 0,386 мм до 0,134 мм (наименьшее показание).

Таблица 1

Влияние уклона и экспозиции склона на агрофизические показатели почвы

Статист. Показатели	Угол уклона, градус	Содержание гумуса, %	Количество агрегатов 10–0,25мм, %	Коэффициент структур. почвы, К стр.	Средневзвешен. диаметр, мм	К-во водопрочн. агрегатов, %
Плакор						
Max	0,77	6,29	77,9	3,5	0,386	64,4
Min	0,26	5,51	70,1	2,3	0,134	51,9
X*	0,55	5,81	72,7	2,4	0,239	57,5
V %	66,2	12,4	10,0	34,3	65,3	20,1
Северная экспозиция						
Max	3,39	5,91	73,9	2,8	0,403	63,7
Min	2,15	5,65	71,0	2,4	0,217	58,3
X	2,77	5,78	72,5	2,6	0,340	61,0
V %	36,6	4,8	3,9	14,3	46,2	8,5
Южная экспозиция						
Max	3,86	5,70	71,8	2,5	0,305	60,6
Min	0,77	5,03	57,7	1,4	0,278	50,6
X	2,42	5,41	66,5	2,1	0,292	54,4
V %	0,80	11,8	19,6	44,0	8,9	16,5
Восточная экспозиция						
Max	2,5	5,83	76,7	2,3	0,250	55,2
Min	0,68	5,65	70,0	1,9	0,190	53,6
X	1,78	5,76	73,4	2,1	0,220	54,5
V %	47,2	3,1	8,7	17,4	24,0	2,9
Западная экспозиция						
Max	5,18	5,68	70,0	3,3	0,346	58,0
Min	3,15	5,27	59,9	2,3	0,251	49,9
X	4,11	5,49	65,6	2,1	0,294	53,7
V %	39,2	7,2	14,4	30,3	27,5	14,0

Примечание. *X – средние показатели; V – варьирование в %.

На склоне северной экспозиции наибольший уклон составил 3,39°, в среднем величина уклона составила 2,77°. Содержание гумуса в среднем было всего на 0,03 % ниже, чем на плакоре. В среднем количество наиболее ценных агрегатов было всего на 0,2 % ниже, чем на плакоре (в пределах ошибки опыта). Коэффициент структурности почвы, количество водопрочных агрегатов и средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов были в среднем наибольшим на склоне северной экспозиции и составил 2,6; 61,0 % и 0,340 мм. На склоне южной экспозиции уклон составлял от 0,77 до 3,86°, содержание гумуса колебалось от 5,7 % до 5,03 % (самое низкое значение), в среднем оно было наименьшим (5,41 %). Количество наиболее ценных агрегатов было в среднем на 6,2 % ниже, чем на плакоре и на 6,0 % ниже, чем на склоне северной экспозиции. Коэффициент структурности почвы на склоне южной экспозиции изменялся от 2,5 до 1,4. На склоне восточной экспозиции угол

уклона варьировал от 0,68 до 2,5°, количество ценных агрегатов было не меньше, чем на плакоре и составляло 73,4 %. Средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов в среднем был минимальным на склоне восточной экспозиции и составлял 0,220 мм. На склоне западной экспозиции угол уклона был наибольшим и варьировал от 5,18 до 3,15°. Содержание гумуса, количество наиболее ценных агрегатов и количество водопрочных агрегатов в среднем было наименьшим по сравнению с другими экспозициями.

В таблице 2 представлена высота растений, масса 1000 зерен и урожай озимой пшеницы в центнерах в пересчете на гектар.

Таблица 2

Влияние уклона и экспозиции склона на структуру урожая озимой пшеницы (сорт Синтетик)

Статистические показатели	Угол уклона, градус	Высота растений, см	Масса 1000 зерен, г	Урожай ц/га в пересчете на гектар
Плакоре				
Max	0,77	52,4	38,8	56,4
Min	0,26	47,0	36,7	49,9
X*	0,55	50,1	38,2	52,7
V %	66,2	10,3	5,4	11,5
Северная экспозиция				
Max	3,39	57,1	38,3	62,3
Min	2,15	55,1	36,7	54,3
X	2,77	55,9	37,5	58,7
V %	36,6	3,5	4,2	12,8
Южная экспозиция				
Max	3,86	60,5	36,1	57,6
Min	0,77	47,8	34,1	34,9
X	2,42	54,6	35,3	46,7
V %	0,80	21,0	5,5	3,9
Западная экспозиция				
Max	5,18	55,7	37,2	57,5
Min	3,15	55,0	34,6	38,9
X	4,11	55,4	36,1	47,4
V %	39,2	12,6	7,0	32,3
Восточная экспозиция				
Max	2,5	48,5	39,4	55,0
Min	0,68	44,2	37,6	50,3
X	1,78	46,4	38,5	52,7
V %	47,2	8,9	4,6	8,5

Примечание. * X – средние показатели; V – варьирование, %.

Наибольшая высота растений озимой пшеницы на полигоне составила 61,0 см, наименьшая – 44,0, средняя – 54,9 см. На плакоре – наибольшая высота растений составила – 52,4 см, наименьшая – 47,0; средняя – 50,1 см. Наибольшая высота растений озимой пшеницы в среднем отмечалась на склоне северной экспозиции – 55,9 см, а наименьшая на склоне восточной экспозиции – 46,4 см.

Наибольшая масса 1000 зерен на полигоне составила 39,4 г, наименьшая – 34,1 г, в среднем она составляла 36,8 г. На плакоре эти показатели были – 38,8; 36,7 и 38,2 г. Наибольшими они были на склоне восточной экспозиции и составляли 39,4; 37,6 и 38,5. Наименьшая масса 1000 зерен была на склоне южной экспозиции и составляла 34,1 г, это на 5,3 г ниже по сравнению с наибольшей массой 1000 зерен. Наибольшая величина урожайности озимой пшеницы в пересчете на гектар на полигоне составила 62,3 ц (склон северной экспозиции), наименьшая 34,9 ц (склон южной экспозиции), средняя – 51,0 ц.

Наибольшая величина урожая озимой пшеницы была на склоне северной экспозиции, в среднем составляла 58,7 ц в пересчете на гектар, это на 6 ц выше, чем на плакоре и на 12 ц выше, чем на склоне южной экспозиции. Уменьшение урожая озимой пшеницы и массы 1000 зерен на склоне южной экспозиции по сравнению с другими направлениями объясняется разной величиной прогреваемости склонов и содержанием продуктивной влаги. Приход солнечной радиации на склонах северной и южной экспозиций сильно отличается в результате разного угла падения солнечных лучей, и это способствует различию всего комплекса микроклимата [4–6].

Вывод: агрофизические показатели (коэффициент структурности почвы, количество водопрочных агрегатов, средневзвешенный диаметр водопрочных агрегатов) и урожай озимой пшеницы (сорт Синтетик) изменялись в зависимости от уклона, экспозиции склона и наибольшими были на склоне северной экспозиции.

Список литературы

1. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – С. 53–78.
2. Влияние предшественников озимой пшеницы на накопление продуктивной влаги в метровом слое почвы / А. В. Гостев // Актуальные проблемы почвоведения, земледелия, экологии: сб. докладов научн.-практ. конф. Курского отделения МОО «Общество почвоведов им. В. В. Докучаева», г. Курск 24–25 апреля 2019. – Курск, 2019. – С. 99–103
3. Чуян, О. Г. База данных для регулирования физико-химических свойств кислотных почв в адаптивно-ландшафтном земледелии (для Центрального Черноземья) / О. Г. Чуян, – Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012. – 78 с
4. Русанов, А. М. Влияние процессов эрозии на свойства почв и почвенный покров склонов подзоны южных черноземов Оренбуржья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / А. М. Русанов. – М.: Наука, 1987. – 18 с.
5. Захарова, А. Ф. Радиационный режим северных и южных склонов в зависимости от географической широты. / А. Ф. Захарова. – Уч. Зап. ЛГУ, 1959. – 269с.
6. Ларионов, А. Г. Влияние крутизны склонов на впитывание воды в почву / А. Г. Ларионова // Эрозия почв и русловые процессы. – М.: Изд-во АН СССР, 1972. – С. 142.

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР ЗЕРНОПРОПАШНОГО СЕВООБОРОТА И ПЛОДОРОДИЕ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В ОПЫТЕ ЦТЗ

Беленков А. И.

*Российский государственный аграрный университет –
МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия*

В 2007 году 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 опыт общей площадью около 6 га по сравнительному изучению технологий точного и традиционного земледелия в четырехпольном зернопропашном севообороте с чередованием культур: викоовсяная смесь на корм – озимая пшеница с пожнивным посевом горчицы на сидерат – картофель – ячмень. В опыте изучаются два фактора – технологи возделывания полевых культур (фактор А) и приемы основной обработки почвы (фактор В). Традиционная технология основана на использовании современной техники с соблюдением рекомендуемых параметров, сроков и нормативных показателей их выполнения. Технология точного земледелия основана на принципах использования спутниковой навигационной системы GPS, с помощью которой корректируется выполнение агроприемов.

Изучаемые приемы обработки различаются между собой по интенсивности и характеру воздействия на почву: отвальная, минимальная и «нулевая». В этой статье остановимся только на влиянии различных приемов обработки дерново-подзолистой малоплодородной почвы на ее отдельные показатели и урожайность полевых культур зернопропашного севооборота [1, 2, 3].

Почва, на которой проводились исследования до закладки опыта ЦТЗ в результате длительного использования при умеренном внесении минеральных удобрений, частых разноглубинных обработок различными почвообрабатывающими орудиями, отсутствии применения навоза, посевов многолетних трав и начального развития водной эрозии постепенно деградирует, переходя в разряд малоплодородных.

В современных условиях возделывания культур в полевом опыте ЦТЗ, в качестве приемов, компенсирующих снижение почвенного плодородия, проводятся внесение повышенных доз минеральных комплексных удобрений (от 300 до 1000 кг/га в зависимости от культуры), после уборки озимой пшеницы высевается горчица на сидерат, вся пожнивная и корневая масса заделывается в почву. Тем самым, обеспечивается некоторая стабилизация почвенного плодородия и рост урожайности возделываемых культур.

На основании многолетних данных мы имеем следующие результаты.

В среднем за годы исследований, лучше реагировали на вспашку картофель и викоовсяная смесь, на нулевую обработку, и то не во все годы, озимая пшеница, ячмень сформировал близкую среднюю урожайность по обеим обработкам почвы (табл. 1).

В первые годы (период 2012–2014 гг.) и в 2016 г. урожайность зеленой массы викоовсяной смеси на прямом посеве превышала отвальную обработку. Однако, ряд провальных лет, в т. ч. 2017, 2019, 2020 гг., послужил причиной проявления нового преимущества вспашки в сравнении с прямым посевом, которое составляет, в среднем за годы исследований – 2,8 т/га. Тем не менее данная ситуация говорит о возможности возделывания викоовсяной смеси как парозанимающей культуры с посевом по необработанной почве.

По большинству лет урожайность озимой пшеницы по вспашке превышала прямой посев. Исключение составляет 2014 г., когда озимая пшеница по отвальной обработке сформировала урожай в 1,7 раза меньше нулевой, вследствие значительного выппада всходов на отвальном фоне из-за частых и обильных осадков осенью 2013 г. Средняя за 8 лет урожайность культуры на вспашке превышает нулевую обработку на 0,10 т/га.

Таблица 1

Урожайность культур в полевом опыте ЦТЗ, т/га

Обработка почвы	Урожайность по годам, т/га									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	среднее
Викоовсяная смесь на корм										
Отвальная	20,6	22,1	24,5	31,2	25,3	22,8	13,8	7,6	22,6	21,2
Нулевая	27,3	24,3	25,3	28,9	27,5	6,0	11,5	3,8	11,0	18,4
НСР ₀₅ , т/га	3,10	2,0	0,83	3,07	3,10	4,35	2,20	2,8	6,9	–
Озимая пшеница										
Отвальная	6,31	6,12	2,75	6,74	5,00	5,46	5,46	3,59	6,73	5,35
Нулевая	6,15	5,87	4,59	6,73	5,52	5,13	4,83	2,55	5,96	5,25
НСР ₀₅ , т/га	0,14	0,19	1,42	0,11	0,39	0,29	0,47	0,50	0,52	–
Картофель										
Отвальная	19,9	28,6	25,1	31,4	31,0	25,8	27,4	33,5	28,0	27,9
Минимальная	18,3	25,9	24,6	26,2	26,7	22,5	25,2	27,5	24,8	24,6
НСР ₀₅ , т/га	0,56	0,16	0,90	1,08	2,11	2,28	1,79	2,12		–
Ячмень										
Отвальная	4,33	5,16	3,85	5,52	4,03	4,29	3,70	2,62	2,86	4,04
Минимальная	4,20	5,00	4,01	5,22	3,99	4,04	3,79	2,76	2,48	3,94
НСР ₀₅ , т/га	0,90	0,13	0,17	0,28	0,19	0,16	0,11	0,14	0,25	–

Картофель традиционно наибольшей продуктивностью отзывался на отвальную обработку почвы. За все годы исследований урожайность клубней картофеля по вспашке превышала минимальную обработку на 3,3 т/га [4].

Неоднозначно выглядит влияние отвальной и минимальной обработок на урожайность ячменя. В более, чем в половине лет периода исследований

преимущество за отвальной обработкой, и только, в 2014, 2018 и 2019 гг. отмечалось превышение урожайности на минимальном фоне, в связи с этим различие между вариантами в пользу отвальной обработки составило 0,10 т/га.

Обобщающим моментом наших исследований в опыте ЦТЗ служит предварительный вывод о возможности комбинированного применения различных приемов основной обработки почвы под культуры зернопашного севооборота, где могут сочетаться отвальная, минимальная и нулевая обработки, что позволит более рационально подходить к использованию материального, денежного и природно-климатического потенциала [5].

Сравнение вариантов опыта по агрофизическим показателям почвенного плодородия свидетельствует в пользу вариантов, по которым получены несколько большие урожайные данные (табл. 2). Данная ситуация касается, прежде всего, содержания воды в почве и послойной твердости [6].

Таблица 2

Агрофизические показатели дерново-подзолистой почвы в зависимости от варианта полевого опыта (в среднем за годы исследования)

Культура	Вариант обработки почвы	Плотность* почвы, г/см ³		Запас воды* в почве, мм		Твердость почвы* КПа в слое	
		начало	конец	начало	конец	0–10 см	10–20 см
Вика + овес	отвальная	1,31	1,34	57,21	19,38	35	53
	нулевая	1,33	1,39	59,19	25,63	41	64
Озимая пшеница	отвальная	1,30	1,35	55,30	17,51	36	51
	нулевая	1,33	1,37	57,72	25,22	40	58
Картофель	отвальная	1,28	1,33	58,77	22,62	27	42
	минимальная	1,30	1,34	58,13	20,54	32	52
Ячмень	отвальная	1,30	1,34	58,23	26,04	30	48
	минимальная	1,32	1,38	57,13	25,79	35	51

Примечание. *Плотность и влажность почвы определялись дважды – весной и перед уборкой с.-х. культур, твердость – в середине вегетации.

Плотность сложения почвы, в большинстве случаев, соответствовала или незначительно превышала оптимальные для культур показатели. Несколько больше влаги содержалось по нулевой обработке в сравнении со вспашкой и только для двух замыкающих севооборот культур различия составили порядка 1–2 % с превышением по отвальной обработке.

Минимальные и нулевые варианты характеризовались более высокой твердостью почвы, однако такие различия со вспашкой не являлись существенными в плане влияния на продуктивность полевых культур [7].

В таблице 3 приводятся данные взаимозависимости урожайности культур и отдельных биологических показателей в среднем за период.

Урожайность культур и биологические показатели почвы в зависимости от варианта полевого опыта (среднее за годы исследования)

Культура	Вариант обработки почвы	Урожайность, т/га	Биологическая активность, % распада полотна	Биологическая токсичность почвы, %	Масса растительных остатков, т/га*
Вика + овес	отвальная	21,0	32,72	22,41	3,65
	нулевая	19,3	31,62	23,53	2,44
Озимая пшеница	отвальная	5,22	30,36	20,29	4,45
	нулевая	5,18	29,33	21,50	4,44
Картофель	отвальная	28,0	33,45	20,53	1,96
	минимальная	24,8	30,83	22,30	1,71
Ячмень	отвальная	4,13	30,74	21,94	2,64
	минимальная	4,15	30,66	22,80	2,71

Следует отметить незначительно большую биологическую активность почвы и, соответственно, наименьшую ее токсичность по отвальной обработке в сравнении с минимальной по отдельным культурам, что объясняется положительным влиянием агрофизических показателей почвы, приводимых в предыдущей таблице. Максимальная масса пожнивнокорневых остатков ячменя, в среднем за период исследований, зафиксирована на минимальном варианте, по остальным культурам превалировала вспашка [8, 9].

Связь урожайности и агрохимических показателей приведена в таблице 4.

Урожайность с.-х. культур и агрохимические показатели почвы в зависимости от варианта полевого опыта (в среднем за годы исследования)

Культура	Вариант обработки почвы	Урожайность, т/га	Содержание гумуса в слое 0–20 см, %	Содержание элементов питания в слое 0–20 см, мг/кг почвы		
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Вика + овес	отвальная	21,0	2,25	94	236	197
	нулевая	19,3	2,30	99	246	202
Озимая пшеница	отвальная	5,22	2,29	81	232	193
	нулевая	5,18	2,34	85	238	202
Картофель	отвальная	28,0	2,28	91	243	196
	минимальная	24,8	2,26	90	237	190
Ячмень	отвальная	4,13	2,11	87	229	189
	минимальная	4,15	2,19	88	230	193

Сравнительный анализ взаимозависимостей урожайности культур и содержания в почве гумуса и элементов питания подтверждает вывод о наибольшем содержании органического вещества в случае минимальных обработок [10]. При сравнении содержания гумуса под картофелем и ячменем показатели нивелировались. Если разница в пользу прямого посева на однолетних травах и озимой пшенице составляла по содержанию

гумуса 0,05 %, то на картофеле и ячмене уже отмечалось преимущество вспашки на 0,02 %. Различия по содержанию элементов питания в почве под культурами также неоднозначно. Более наглядна разница между вариантами по викоовсяной смеси с преимуществом нулевой обработки, на картофеле следовало бы выделить отвальную.

Общим **выводом** может служить положение о наличии взаимозависимости различной степени выраженности между продуктивностью культур и отдельными показателями почвенного плодородия в зависимости от обработки. Применение различных агроприемов, улучшающих величины агрофизических, биологических и агрохимических показателей, безусловно, предотвратит начинающуюся деградацию почвы в полевом опыте Центра точного земледелия и стабилизирует почвенные характеристики на высоком уровне [11, 12].

Список литературы

1. Точное сельское хозяйство (precision agriculture) / под ред. Д. Шпаара, А. В. Захаренко, В. П. Якушева. – СПб: Пушкин, 2009. – 400 с.
2. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие: учеб. пособие / В. И. Балабанов [и др.]. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2013. – 148 с.
3. Якушев, В. В. Технология точного земледелия: опыт внедрения на полях Меньковской опытной станции АФИ РАСХН / В. В. Якушев, В. В. Воропаев, П. В. Лекомцев // Ресурсосберегающее земледелие. – 2009. – № 2. – С. 31–34.
4. Элементы технологии точного земледелия в полевом опыте РГАУ / А. И. Беленков [и др.] // Известие ТСХА. – М.: МСХА им. К. А. Тимирязева, 2011. – Вып. 6. – С. 90–100.
5. Беленков, А. И. Совершенствование технологии возделывания картофеля в системе точного земледелия / А. И. Беленков, Е. В. Березовский, С. В. Железова // Картофель и овощи. – 2019. – №6. – С. 30–34.
6. Николаев, В. А. Как обработка почвы влияет на ее агрофизику? / В. А. Николаев, А. И. Беленков // Фермер Поволжья. – 2016. – №7. – С. 32–35.
7. Беленков, А. И. Основная обработка почвы: сравнительная оценка в современных системах земледелия / А. И. Беленков, Сабо Умар, Р. И. Кунафин // Нивы России. – 2016. – №11 (144). – С. 68–69.
8. Коткова, Л. И. Роль разноглубинной заделки сидерата и соломы в повышении плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности зернопропашного севооборота в условиях ЦР НЧЗ: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / Л. И. Коткова. – М., 2016. – 23 с.
9. Николаев В. А. Регулирование фитосанитарного состояния посевов зерновых культур на полигоне Точного земледелия / В. А. Николаев, А. И. Беленков, И. И. Дмитриевская // Вестник Алтайского ГАУ. – 2017. – № 2(148). – С. 5–10.
10. Беленков, А. И. Изучение влияния технологии обработки на плодородие дерново-подзолистой почвы в полевом опыте ЦТЗ / А. И. Беленков, Сабо Умар, Н. В. Малахов // Агрохимический вестник. – 2016. – №3. – С. 29–32.
11. Belenkov, A. Theoretical and practical aspects of basic soil treatment in the conditions of modern soil management systems in Russia / A. Belenkov, M. Mazirov, V. Arefieva // Eurasian Journal of Soil Science. – 2018. – № 7(4). – P. 300–307.
12. Impact of various cultivation technologies on productivity of potato (*Solanum tuberosum*) in central non-Cenozoic zone of Russia / A. Belenkov [etc.] // RESEARCH ON CROPS. – 2020. – № 3. – P. 67–74.

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА ФЕРМЕНТАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

Бирюкова О. М., Богатырева Е. Н.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Метаболизм почвенных процессов тесно связан с ее ферментативной активностью. Процессы иммобилизации и трансформации органического вещества почвы происходят при непосредственном участии почвенных ферментов [1]. Являясь белковыми катализаторами, почвенные ферменты весьма чувствительны к факторам среды, поэтому сельскохозяйственные приемы, изменяющие кислотность среды, обогащенность питательными веществами, привнос углеродсодержащих компонентов и др., оказывают существенное влияние непосредственно на активность ферментов и изменяют потенциал развития почвенной биоты – продуцентов биокатализаторов [2].

Продуктивная работа ферментов связана с необходимостью сохранения каталитических центров, трансформация структуры неизбежно ведет к снижению или полной утрате их активности. Ферменты как белковые соединения обладают высокой лабильностью и в почвенном растворе быстро разлагаются, поэтому иммобилизация ферментов за счет связывания с гуминовыми веществами или глинистыми минералами, приводит к стабилизации ферментов и уравниванию их биохимической активности. Поэтому ферментативная активность проявляется в почве дольше, чем продуцирующее ее сообщество [3, 4].

Выше изложенное указывает на то, что оценка ферментативной активности почв, является важным критерием при исследовании биологической активности почв, особенно вовлеченной в сельскохозяйственное использование.

Цель исследований – установить зависимость дегидрогенизной, инвертазной, уреазной, полифенолоксидазной, пероксидазной активности дерново-подзолистой супесчаной почвы, в зависимости от применения различных видов и доз органических удобрений.

Методика проведения исследований. Исследования по изучению ферментативной активности проводили в стационарном полевом опыте, заложенном в 2010 г. в ГП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области на дерново-подзолистой оглеенной внизу супесчаной почве, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком. Испытания проводили в звене севооборота кукуруза – яровой рапс – озимое тритикале. Опыт развернут в двух полях, в четырехкратной повторности вариантов. Общая площадь делянки – 20 м² (4 м×5 м). Почвенные образцы для исследования фермен-

тативной активности отбирали через год после внесения удобрений. Предусмотрены варианты с органической, минеральной и органоминеральной системами удобрения. Ферментативную активность определяли согласно общепринятым методикам.

Результаты исследований. В результате исследований установлено, что применение минеральной, органической и органоминеральной систем удобрения привело к увеличению ферментативной активности дерново-подзолистой супесчаной почвы (табл. 1).

Таблица 1

Ферментативная активность дерново-подзолистой супесчаной почвы в зависимости от применяемых органических удобрений через год после их внесения

Вариант	Дегидрогеназа, мг ТФФ/кг	Инвертаза, мг глюко./ кг	Уреаза, мг N-NH ₄ ⁺ / кг	ПФО	ПО
				мг хинона/кг	
Без удобрений (контроль)	113	1452	130	37,8	27,9
N ₉₀₊₆₀ P ₆₀ K ₁₄₀	336	2181	176	43,6	28,6
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	396	2376	176	40,0	29,6
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га+ N ₉₀₊₆₀ P ₆₀ K ₁₄₀	500	2436	179	41,3	31,5
Сапропель органо-известковистый, 40 т/га+ N ₉₀₊₆₀ P ₆₀ K ₁₄₀	292	2369	185	43,0	33,8
Вермикомпост, 15 т/га	473	2395	224	39,0	31,5
Вермикомпост, 15 т/га+N ₉₀₊₆₀ P ₆₀ K ₁₄₀	274	2613	202	40,7	32,9
Жидкий навоз, 75 т/га	541	2162	172	40,8	29,6
Жидкий навоз, 150 т/га	381	2350	190	44,0	31,5
ОУ с биогазовой установки, 30 т/га	509	2350	227	42,4	33,1
ОУ с биогазовой установки, 60 т/га	375	2331	367	42,2	34,3
НСР ₀₅	17,4	189,7	14,9	3,3	3,1

Активность дегидрогеназы, фермента класса оксидоредуктаз, свидетельствует о физиологическом потенциале почвенных микробных сообществ и позволяет оценить общий уровень биогенности почв. Применение всех видов удобрений позволило увеличить активность фермента, регистрируемую через год после внесения в 2–5 раз по сравнению с неудобренным вариантом. При этом минеральные удобрения по влиянию на дегидрогеназную активность оказали менее выраженный эффект, чем большинство органических удобрений, увеличивая показатель в 3 раза относительно варианта без удобрений. В сравнении с минеральной системой удобрения органическая обеспечила увеличение дегидрогеназной активности на 18–61 %. Более низкий уровень активности фермента при минеральной системе удобрения в сравнении с органической может быть следствием подкисляющего действия минеральных удобрений и увеличением динамичности окислительно-восстановительных систем почвы. В этих условиях усиливается скорость минерализации органического вещества почвы. В свою очередь, органические удобрения, активизируя микрофлору, пони-

жают окислительно-восстановительный потенциал (Eh) и стабилизируют окислительно-восстановительные системы почвы (амплитуда колебаний Eh уменьшается) [5, 6]. Отмечено, что активность дегидрогеназы в вариантах с применением двойных доз жидких органических удобрений снизилась на 26–30 % по сравнению с вариантами, где удобрения вносили в дозах эквивалентных 150 кг/га азота минеральных удобрений.

Органоминеральная система удобрения с внесением подстилочного навоза КРС способствовала активации дегидрогеназы, увеличивая показатель на 26 % относительно органической системы удобрения и на 49 % по сравнению с минеральным фоном. При совместном применении минеральных удобрений с органо-известковистым сапропелем и вермикомпостом отмечено снижение дегидрогеназной активности на 13–18 % от ее уровня при минеральной системе удобрения, что свидетельствует об усилении процессов минерализации органического вещества.

Активность инвертазы в первую очередь определяется деятельностью целлюлозолитиков. От активности инвертазы зависит интенсивность трансформации поступающей в почву биомассы, что приводит к высвобождению сахаров, которые служат источником энергии для почвенной биоты с одной стороны. С другой стороны, высвобождая углеводы, инвертаза стимулирует процессы гумусообразования [7, 8].

В исследованиях установлено, что применение минеральных удобрений, 60 т/га подстилочного навоза КРС, 15 т/га вермикомпоста, и 30 т/га ОУ с биогазовой установки, позволило увеличить активность инвертазы на 50–64 %, относительно варианта без удобрений. Применение двойной дозы ОУ с биогазовой установки статистически значимого влияния на активность фермента не оказало.

Внесение 75 т/га жидкого навоза КРС имело менее выраженный эффект (инвертазная активность увеличилась на 49 %), ввиду низкого содержания органического углерода (2,4 % на естественную влажность), тогда как двойная доза удобрения увеличивала активность инвертазы на 62 %, приближая его к действию остальных органических удобрений.

При органоминеральной системе удобрения существенных отклонений инвертазной активности от органической системы удобрения не обнаружено. Исключение составил вариант с внесением 15 т/га вермикомпоста в котором активность фермента увеличилась на 20 % относительно минерального фона и на 9 % по сравнению с вариантом, где вносили только вермикомпост. Усиление работы фермента за счет минеральных удобрений может быть связано с ускорением процессов минерализации гумусовых соединений в вермикомпосте, содержание которых может превышать 30 % от общей массы удобрения [9].

С уреазной активностью связана аммонификация мочевины и переход азота в доступную для растений форму [10].

Установлено, что применение минеральных удобрений и подстилочного навоза оказало равнозначное влияние, увеличивая уреазную активность на 35 % по сравнению с вариантом без удобрений. При органоминеральной

системе удобрения с внесением подстилочного навоза существенных изменений в активности фермента не наблюдалось по сравнению с односторонним внесением этих удобрений.

Положительное влияние на увеличение уреазной активности оказал вермикомпост, активность уреазы возросла на 27 % от действия минеральных удобрений и подстилочного навоза. При органоминеральной системе удобрения установлено снижение активности на 10 % по отношению к варианту с применением только вермикомпоста в дозе 15 т/га. Резкое усиление уреазной активности наблюдалось в вариантах с внесением ОУ с биогазовой установки, где активность уреазы в зависимости от дозы этого удобрения увеличилась в 1,8–2,8 раза по сравнению с вариантом без удобрений. Действие жидкого навоза было значительно ниже и сопоставимо по влиянию на уреазную активность с минеральными удобрениями: при дозе 75 т/га прирост данного показателя составил 32 % относительно варианта без удобрений; двойная доза дополнительно увеличила уреазную активность на 10 %.

Важная роль в превращении углерода в почве принадлежит окислительно-восстановительным ферментам. С деятельностью полифенолоксидазы (ПФО) и пероксидазы (ПО) связывают процессы гумификации лигнинов, которые составляют значительную часть сухого вещества растительных остатков (15–30 %), поступающих в почву [11, 12].

Согласно результатам исследований, наиболее выраженным действием на активность ПФО обладала минеральная система удобрения, увеличивая показатель на 15 %, по сравнению с неудобренным вариантом, при этом достоверного влияния на активность ПО в этом варианте не отмечено.

Среди органических удобрений значимое увеличение активности ПФО наблюдалось в варианте с применением органических удобрений с биогазовой установки в дозе 30 т/га (на 12 %), применение двойной дозы к дальнейшему увеличению активности ПФО не привело. Большая чувствительность на применение этих удобрений установлена в отношении пероксидазной активности. Активность фермента в зависимости от доз удобрения возросла на 19–23 %. Существенное увеличение полифенолоксидазной (на 16 %) и пероксидазной (на 13 %) активности по сравнению с вариантом без удобрений обеспечило внесение двойной дозы жидкого навоза КРС. В варианте с применением вермикомпоста пероксидазная активность увеличивалась на 13 %; в отношении ПФО вермикомпост положительного влияния не имел.

Активность ПФО при органоминеральной системе удобрения имела тенденцию к увеличению относительно органической системы удобрения, однако характеризовалась более низкими значениями по сравнению с минеральным фоном. В отличие от активности ПФО, активность ПО при этой системе удобрения увеличивалась как относительно органической, так и минеральной систем удобрения. Наиболее близкий к минеральному фону показатель активности ПФО наблюдался в варианте с применением 40 т/га

органо-известковистого сапропеля (43,0 мг хинона/кг) при максимальной по опыту пероксидазной активности (33,8 мг хинона/кг).

Таким образом, применение различных видов и доз органических удобрений оказало существенное положительное влияние на усиление ферментативной активности в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы. Через год после их внесения отмечено усиление дегидрогеназной активности в среднем в 3,7 раза, относительно неудобренного варианта, активность инвертазы и уреазы выросла в 1,6 раз. Активность окислительно-восстановительных ферментов в большей степени изменялась под влиянием жидких органических удобрений – активность ПФО увеличилась на 4,4–6,2 мг хинона/кг, ПО – на 3,6–6,4 мг хинона/кг.

Список литературы

1. Гулько, А. Е. Фенолоксидазы почв: продуцирование, иммобилизация, активность / А. Е. Гулько, Ф. Х. Хазиев // Почвоведение. – 1992. – № 11. – С. 55–67.
2. Биокинетическая индикация минерализуемого вещества почвы / В. М. Семенов [и др.] // Почвоведение. – 2007. – № 11. – С. 1352–1361.
3. Современные представления о механизме каталитического действия ферментов / А.Е. Браунштейн [и др.] // Ферменты. – М.: Наука, 1964. – Гл. 6. – С. 208–222.
4. Купревич, В. Ф. Биологическая активность почвы и методы ее определения. / В. Ф. Купревич // Докл. АН СССР, 1951. – № 5. – Т. 79. – С. 863–866.
5. Габбасова, И. М. Окислительно-восстановительный режим в осушенных пойменных почвах северной лесостепи Башкирии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 10.01.04 / И. М. Габбасова. – М., 1980. – 17 с.
6. Петровский, Е. И. Окислительно-восстановительные условия и сезонная динамика некоторых почвенных процессов в звене севооборота в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Северо-Востока Белорусии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04. / Е. И. Петровский. – М., 1979. – 16 с.
7. Кононова, М. М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения / М.М. Кононова. – М., 1963. – 15 с.
8. Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М.: Изд. МГУ, 1990. – 325 с.
9. Актуальные проблемы агрономии и пути их решения: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки, 6–8 октября, 2005 г. / БГСХА; под. Ред. А. Р. Цыганова. – Горки: БГСХА, 2005. – Вып. 1. – Ч. 1. – 360 с.
10. Хазиев, Ф. Х. Системно-экологический анализ ферментативной активности почв / Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 1982. – 203 с.
11. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л.: 1980. – 287 с.
12. Кононова, М. М. Органическое вещество / М. М. Кононова. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 313 с.

ВЛИЯНИЕ РАЗНОЙ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕМНО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ НА СОЛЕВОЙ РЕЖИМ В ПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ НА ЗЕМЛЯХ ИНГУЛЕЦКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Булыгин¹ Д. А., Лужанский¹ И. Ю., Малярчук² В. Н.

¹Институт орошаемого земледелия НААН, г. Херсон, Украина

²Южно-Украинский филиал Украинского НИИ прогнозирования и испытания техники и технологий для сельскохозяйственного производства им. Л. Погорелого, г. Херсон, Украина

Сельское хозяйство – одна из ведущих отраслей экономики Украины. Вместе с тем низкая культура земледелия, неполное использование климатического потенциала и мероприятий интенсификации негативно влияют на сельскохозяйственное производство, которое нарушает стабильность экономики областей почвенно-экологических зон Южной засушливой и Сухой Степи. Ресурсосбережение и охрана окружающей среды во время производства сельскохозяйственной продукции на мелиорируемых землях – это два взаимосвязанных направления, реализацию которых можно обеспечить за счет внедрения научно обоснованных систем земледелия. Эти вопросы находятся в центре внимания аграрной науки и имеют решающее значение для сохранения и улучшения плодородия почв мелиорируемых земель при полном использовании биоклиматического потенциала зоны и экономных расходов техногенных ресурсов. Задания, которые стоят перед основной обработкой почвы на землях с неудовлетворительным мелиоративным состоянием, более сложны и разнообразны, чем на хорошо окультуренных. Они отличаются как по срокам выполнения, так и по важнейшим качественным показателям.

Экспериментальное исследование было начато в 1966 году в 8-польном плодосменном севообороте развернутом во времени и пространстве. С 2006 года, после прохождения четырех полных ротаций 8-польного севооборота, исследования проводятся на базе 4-польных пропашных, с разным насыщением техническими и зерновыми культурами, которые являются наиболее распространенными и имеют спрос товаропроизводителей. Варианты систем основной обработки почвы остались неизменными: отвальная разноглубинная (контроль); безотвальная разноглубинная; безотвальная одноглубинная мелкая; дифференцированная с одним щелеванием за ротацию; дифференцированная с одной вспашкой за ротацию севооборота. В то же время к схеме опыта включены современные почвообрабатывающие орудия с рабочими органами чизельного и дискового типа: Размещение вариантов в опыте систематическое, повторность – четырехкратная, площадь делянок – 900 м².

Для закладки опыта по способам и глубине основной обработки использовались почвообрабатывающие орудия ПЛН- 5-35, ЧГ- 40, БДЧ-5, БДЛП-4, АГ-2,4, БДВП-30,1. Все другие составляющие технологий выращивания сельскохозяйственных культур в севообороте были общепризнанными и выполнялись техническими средствами серийного производства.

Система удобрения сельскохозяйственных культур в севообороте органо-минеральная с внесением на один гектар площади севооборота $N_{120}P_{60}$ и использованием на удобрение всей побочной продукции. Режим орошения культур севооборота базировался на поддержании в течение вегетации культур влажности слоя почвы 0,5 м на уровне 70 % НВ.

По результатам экспериментальных исследований, проведенных в стационарном полевом опыте на темно-каштановой среднесуглинистой почве установлено, что длительное орошение (1966–2020 гг.) слабо минерализованными водами Ингулецкой оросительной системы на фоне систем основной обработки, которые исследовались, привело к накоплению солей в метровом слое почвы.

Меньшее количество солей накапливались в варианте разноглубинной вспашки, а в вариантах разноглубинной безотвальной и дифференцированной-1 системы обработки их, напротив, накапливалось больше.

Рост содержания легкорастворимых солей в почве происходил главным образом за счет солей, которые содержались в поливной воде. Наименьшее количество солей накапливались в метровом слое при разноглубинной вспашке и составляло – 0,106 %. Важным является то, что зона аккумуляции солей в почве этого варианта отмечалась на глубине ниже 50 см, в то время как при систематическом применении безотвальной разноглубинной и дифференцированной-1 системы основной обработки она поднималась до уровня 30 см. Вместе с тем ионный состав водной вытяжки почвы не зависел от системы основной обработки почвы.

По результатам исследований установлено, что долгосрочное использование поливных вод Ингулецкой оросительной системы обуславливает формирование вторично осолонцованных почв. При этом содержание обменного натрия в ППК повышается в 0–30 см слое на 0,19–0,21 мг-экв, а количество поглощенного кальция уменьшается на 0,67–0,99 мг-экв/100г почвы. Общий процент содержания натрия к сумме катионов в слое почвы 0–30 см не зависел от систем основной обработки почвы. В то же время более детальные исследования свидетельствуют, что систематическое применение безотвальной, особенно одноглубинной мелкой (12–14 см) обработки приводит к существенному осолонцеванию верхнего 0–10 см слоя. При этом содержание обменного натрия растет на 1,1–1,2 % по сравнению с его содержанием при системах разноглубинной отвальной и дифференцированной обработки почвы.

Выводы. Применение дифференцированной-1 системы основной обработки с одним щелеванием на глубину 38–40 см за ротацию

4-польного пропашного севооборота на Ингулецком орошаемом массиве, с использованием для полива воды ограниченно пригодной для орошения, способствует снижению темпов накопления солей в пахотном горизонте, улучшает физико-химические свойства почвы и фитосанитарное состояние посевов, создает условия для реализации генетически обусловленного потенциала продуктивности культур севооборота.

УДК 631.582:632.9

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ОПЫТНЫХ ПОЛЯХ КУРСКОГО ФАНЦ

Вавин В. Г.

Курский ФАНЦ, г. Курск, Россия

Общая аридизация климата, деградация земель, риск наступления засух в настоящее время представляют собой экологические проблемы, влияющие на социально-экономическое развитие территории. Наиболее эффективным средством, противостоящим всему комплексу дестабилизирующих факторов, повышения экологической емкости агроландшафтов, поддержания биологического круговорота энергии между частями экосистемы является ландшафтная система земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории и закреплением рабочих контуров полезащитными лесополосами.

В настоящее время одной из важнейших задач является сохранение и целенаправленное преобразование ландшафтов. Действенным рычагом в решении этой актуальной проблемы является улучшения функционирования объектов лесомелиорации – полезащитных лесных насаждений, выполняющих важнейшую роль в сохранении агроландшафтов [1].

Современное состояние защитных полос как древесной растительности, так и приземного травяного покрова в них не всегда удовлетворительное. Постоянным негативным фактором является наличие в приземном покрове лесных полос сорных видов растений, обусловленное проникновением в агроценозы представителей сеgetальной флоры.

В задачи наших исследований входила оценка общего видового разнообразия растительности стационара, а также прилегающих к нему территорий, поскольку именно они являются основным резервантом видов, которые потенциально могут внедряться на участки с интенсивным ведением агрохозяйственного производства. Изучалось экологическое состояние лесополос ажурной конструкции на опытных участках Курского ФАНЦ (п. Панино, Медвенский р-н, Курская обл.) в сравнении с их состоянием в начале двухтысячных годов и спустя 20 лет.

Ажурные лесные полосы – это сложные двух-, трехъярусные насаждения с подлеском, которые в облиственном состоянии в пределах всего верти-

кального профиля имеют более или менее равномерно расположенные про-светы. Степень ажурности, а, следовательно, и степень ветропродуваемости ажурных лесных полос может колебаться от 25–30 до 70–75 %. В отличие от плотных лесных полос ажурные имеют меньшую ширину и меньшую густоту посадки. Лесополосы состоят из трех рядов тополя черного (*Populus nigra*) сорта «Заря». Возраст деревьев с начала наблюдений 20 лет, на сегодняшний день – 40 лет. Средняя высота деревьев 23 ± 2 м. Средний диаметр ствола в лесной полосе составил 0,21 м. расстояние между деревьями в ряду $1,5 \pm 0,3$ м, между рядами 3 м, крона образована на высоте 2–3 м. Северная и южная лесополосы ориентированы на запад и восток, таким образом освещенная сторона обращена к югу, а теневая – к северу (рис.).



Рис. Месторасположение лесных защитных полос в системе опытных полей Курского ФАНЦ

Флора лесных защитных полос включает в себя свыше 70 видов растительности и в основном представлена:

I ярус – бузина (*Sambucus*), ольха (*Alnus*), черемуха (*Prunus padus*), рябина (*Sorbus aucuparia*), клен американский (*Acer negundo*), шиповник (*Rosa*), боярышник (*Crataegus*).

II ярус – вех ядовитый (*Cicuta virosa*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*), тысячелистник (*Achillea millefolium*), полыни (*Artemisia*), лопух (*Arc-tium*), ромашки (*Matricaria*), подмаренник (*Gialium aparine*), иван-чай (кипрей) (*Epiobium angustifolium*), осоки (*Carex*), лишайники (*Lichenes*), грибы (*Mycota*).

Особенности покровного травостоя лесополос представлены в таблице.

Таблица

Состояние покровного травостоя лесополос 40 летнего возраста

Всего видов, 100 м ²	Флористическая группа, %			Жизненный цикл, %		
	злаки и осоки	бобовые	разнотравье	однолетники	дву-летники	много-летники
36	21	8	71	16	12	72

В целом было отмечено 17 видов позвоночных (из них млекопитающие – 7 видов, птицы – 8 видов, пресмыкающиеся – 2 вида) и свыше 100 видов беспозвоночных животных (членистоногие – более 90 видов, моллюски – 3 вида, черви – 6 видов).

На основе результатов геоботанического обследования установлено современное экологическое состояние объектов лесомелиорации – древесного и приземистого покрова полезащитных лесных полос. Обращают на себя внимание: суховершинность деревьев, интенсивный опад боковых ветвей, сплошное покрытие поверхности коры тополя и других деревьев лишайником, что говорит о существенном снижении иммунитета и жизнеспособности деревьев в виду старения и отсутствия уходных работ. Существенная часть древесных посадок находится в неудовлетворительном состоянии, и они нуждаются в возобновлении и ремонте.

Вторичная восстановительная сукцессия в приземном покрове 40-летних лесополос протекает медленно, задерживаясь к концу жизни древесных насаждений на сорно-бурьянистой и корневищной стадиях [2].

По мере увеличения возраста деревьев и их гибели по причине старения происходит перестройка комплексов беспозвоночных в направлении уменьшения количества сапрофитов и увеличения численности и биомассы фитофагов с короткими циклами развития. Степень восстановления регуляторной способности биоты в таких сообществах очень низкая [3, 4].

Таким образом, древесный покров полезащитных лесных полос нуждается в комплексе лесомелиоративных мероприятий по лесовосстановлению, охране и защите лесополос, направленных на их устойчивость, продуктивность, повышение природоохранных, санитарно-гигиенических и оздоровительных свойств.

Список литературы

1. Дудченко, Л. В. Биологический способ улучшения эколого-флористической ситуации в полезащитных лесных полосах зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края: науч.-метод. Рекомендации / Л. В. Дудченко, Н. Г. Лапенко, В. А. Дружинин. – Ставрополь: Арчус Ставропольского аграрного ун-та, 2017. – 28 с.
2. Дзыбов, Д. С. Метод агростепей. Ускоренное восстановление природной растительности: метод. пособие / Д. С. Дзыбов. – Саратов: Научная книга, 2001. – 40 с.
3. Динамика населения беспозвоночных животных под воздействием антропогенных факторов / Е. П. Бессолицына // Биологическое разнообразие животных Сибири: материалы научной конференции. – Томск, 1998. – 124 с.
4. Акименко, А. С. Методика проектирования систем борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками (фитосанитарная оптимизация ароландшафтов) для товаропроизводителей различной специализации / А. С. Акименко, В. Г. Вавин, И. В. Дудкин. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2008. – 20 с.

ПОЧВЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ХОРЕЗМСКОГО ОАЗИСА И ОЦЕНКА ИХ ПЛОДОРОДИЯ

Гафурова¹ Л. А., Мадримов¹ Р. М., Мазиров² М. А., Эргашева¹ О. Х.

¹Национальный университет Узбекистана, г. Ташкент, Узбекистан

²Российский государственный аграрный университет –
МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Площадь юго-восточной части Хорезмского оазиса, включающего Ташсакинское плато, староречье Даудан, районы современных отложений р. Амударьи и Заунгузских Каракумов, составляет 22329,6 га, или 4,9 % от общей площади Хорезмской области.

В регионе под влиянием орошения и антропогенной деятельности произошли коренные изменения в почвенном покрове, о чём свидетельствуют и данные гидрогеологических условий территории Питнякского массива. Целинные серо-бурые почвы Ташсакинского плато эволюционировали в серо-буро-луговые, луговые и лугово-болотные почвы и солончаки. Эти же группы почв с гидроморфным режимом встречаются в районе староречья Даудан, а также среди песчаных массивов Заунгузских Каракумов в сочетании с пустынно-луговыми почвами.

Среди геоморфологических выделов наибольшая площадь орошаемых почв приходится на район староречья Даудан – 4167,0 га, или 51,0 % от площади орошаемых почв. Обращает на себя внимание то, что староорошаемые луговые почвы этого региона эволюционировали в серо-буро-луговые почвы. Район современных отложений р. Амударьи полностью представлен новоорошаемыми почвами и по давности орошения занимают наибольшую площадь – 3098,0 га, или 37,9 %. Орошаемые почвы Ташсакинского плато занимают в целом 2757,2 га, или 33,7 % площади. Среди них значительная площадь – 2334,2 га, или 28,6 % приходится на луговые – 469,0 га, или 5,71 % и болотно-луговые почвы – 219,0 га, или 2,7 % от площади орошаемых почв.

В районе Заунгузских Каракумов площадь орошаемых почв составляет 564,0 га, или 6,9 % от общей площади орошаемых почв. Из них 325,0 га, или 4,0 % приходится на луговые почвы и 426,0 га, или 2,9 % от площади орошаемых почв – на пустынно-луговые почвы. В этом районе на долю староорошаемых почв приходится лишь 150,0 га, или 1,8 % орошаемых почв (табл. 1).

Таким образом, обзор соотношения площадей орошаемых почв по геоморфологическим районам свидетельствует, что по давности орошения и по площади почв район староречья Даудан доминирует над другими геоморфологическими выделами юго-восточной части Хорезмского оазиса. Орошаемые почвы Ташсакинского плато, используемые под орошение в более поздний период, представлены новоорошаемыми почвами

различных генетических групп в зависимости от условий формирования, определяющих их эволюционную направленность.

Таблица 1

Площади геоморфологических районов и генетических групп почв юго-восточной части Хорезмского оазиса

Генетические группы почв	Площадь, га		
	Общая, га	в т. ч. орошаемая.	
		га	%
Район озерно-аллювиальных отложений старого русла Даудан			
а) Луговые	7490,0	4074,0	49,8
б) Пустынно-луговые	141,0	93,0	1,2
Всего:	7631,0	4167,0	51,0
Район Заунгузских Каракумов, сложенный третичными отложениями, песчаниками, галечниками и песками			
а) Луговые	3729,0	325,0	4,0
б) Пустынно- луговые	426,0	23,9	2,9
Всего:	4155,0	564,0	6,9
Район Ташсакинского плато, сложенный третичными отложениями, неогалечниками, их элювием, элюво-делювием и делюво-пролювием			
а) Серо-бурые	165,0	107,0	1,3
б) Серо-буро- луговые	3255,5	2334,2	28,6
в) Лугово- болотные	436,0	316,0	3,8
Всего:	5950,5	2757,2	33,7
Район современных аллювиальных отложений Амударьи			
а) Луговые	682,0	469,0	5,7
б) Лугово- болотные	297,0	219,0	2,7
Всего:	1358,0	688,0	8,4
Другие земли	3235,1	-	-
Итого:	22329,6	8176,2	100,0

Среди генетических групп почв наиболее распространены луговые почвы – 4868,0 га, или 59,4 % от площади орошаемых почв. Второе место занимают серо-буро-луговые почвы – 2334,2 га, или 28,6 %. На орошаемые серо-бурые почвы приходится наименьшая площадь – 107,0 га, или 1,3 % от всей площади. Промежуточное положение занимают орошаемые болотно-луговые – 535,0 га, или 6,6 % и пустынно-луговые почвы – 332,0 га, или 4,1 %. Среди всех орошаемых почв – 8176,2 наибольшая площадь – 3248,0 га занята староорошаемыми луговыми почвами. Остальная часть занята новоорошаемыми почвами или почвами недавнего освоения. Они занимают 4928,6 га, что составляет 60,3 % от площади орошаемых почв.

Почвообразование на орошаемой территории Ташсакинского плато и прилегающих массивах, как староречье Даудан, Заунгузских Каракумов и районов современных отложений р. Амударьи, определило своеобразие почв и их свойства. Морфогенетические особенности почв, обязанные в первую очередь литологии почвообразующих пород, их генезису и в определенной мере земледельческой культуре, явились свидетельством их изменения и эволюционных преобразований в

результате орошения. Поскольку у орошаемых почв основными показателями плодородия и их мелиоративного состояния является механический состав и степень засоления, почвы юго-восточной части Хорезмского оазиса по этим свойствам характеризуются следующим образом: наибольшую площадь – 2440,0 га, или 29,8 % занимают легкосуглинистые почвы, 2093,0 га, или 25,6 % от орошаемых земель – почвы песчаного механического состава; среднесуглинистыми почвами занято 1492,0 га, или 18,2 %, а супесчаными – 1207,0 га, или 14,8 %; тяжелосуглинистые почвы занимают наименьшую площадь – 944,0 га, или 11,6 % среди орошаемых почв. По степени засоления наибольшей площадью заняты слабозасоленные почвы – 4167,0 га, или 50,9 % от всей площади. В сумме с промытыми – незасоленными почвами они составляют 5124,0 га, или 62,6 %. Средне- и сильнозасоленные почвы, распространенные в более мелиоративно неблагоприятных массивах с затрудненным грунтовым оттоком, занимают 3052,0 га, или 37,3 % от всей площади. Они распространены, в основном, в периферической части района озерно-аллювиальных отложений староречья Даудан на Заунгузских Каракумов.

Многолетние исследования показали, что на староорошаемых почвах культура земледелия находится на более высоком уровне, нежели на новоорошаемых и новоосвоенных почвах. Помимо мелиоративного благополучия, на староорошаемых землях давность орошения привела к формированию более плодородного агроирригационного горизонта в профиле почв, характеризуемого повышенным содержанием гумуса, элементов питания, наличием хорошо выраженной структуры и проработанностью.

Оценка плодородия почв проводилась по 100-балльной шкале [2]. При этом учитывались генетические признаки почв: механический состав, содержание органического вещества, степень засоления, скелетность, глубина залегания глеевого горизонта, галечника.

Почвы с баллом 42 относятся к орошаемым серо-бурым – 107,0 га, с баллом 38 – к орошаемым болотно-луговым – 535,0 га, или 6,5 %. Орошаемые серо-буро-луговые почвы, имеющие площадь 2334,2 га, оценены 35 баллами. Почти такой же уровень плодородия – 34 балла имеют и орошаемые пустынно-луговые почвы, имеющие площадь 332,0 га. Среди генетических групп почв наиболее плодородными почвами, имеющими относительно хорошие мелиоративные показатели с баллами 53, являются староорошаемые луговые, занимающие площадь 3248,0 га и их новоорошаемые аналоги – 1620,0 га. Все они занимают 59,4 % от общей площади и в основном расположены в районе староречья Даудан (табл. 2).

Вероятно, уровень культуры земледелия и, конечно, давность орошения являются определяющими факторами плодородия почв в регионе.

Классификация генетических групп почв по уровню плодородия

Классы	Балл бонитета	Категория	Площадь, га	%	Средний балл бонитета
1. Орошаемые серо-бурые					
V	41–50	нижесредние	107,0	1,3	42
2. Орошаемые серо-буро-луговые					
V	41–50	нижесредние	359,0	4,4	43
IV	31–40	посредственные	1975,2	24,1	33
Всего			2334,2	28,5	35
3. Орошаемые пустынно-луговые					
IV	31–40	посредственные	332,0	4,1	34
4. Орошаемые луговые					
VII	61–70	вышесредние	770,0	9,4	62,5
VI	51–60	средние	2405,0	29,4	57,7
V	41–50	нижесредние	1460,0	17,9	43,6
IV	31–40	посредственные	233,0	2,8	37,1
Всего			4868,0	59,5	53,2
5. Орошаемые лугово-болотные					
V	41–50	нижесредние	316,0	3,9	41
IV	31–40	посредственные	219	2,7	34
Всего			535,0	6,6	38
Итого			8176,0		

Таким образом, сложившаяся мелиоративная обстановка на Питнякском массиве вследствие интенсивного орошения за последние десятилетия привела к эволюционным преобразованиям в почвах и трансформации почвенного покрова в целом, обязанного усилению гидроморфного и ирригационному режиму. Вследствие этого на массиве в зависимости от литолого-геоморфологических условий создавался автоморфный, полугидроморфный и гидроморфный водный режимы.

В результате слабой дренированности территории, особенно в пониженных частях русла Даудан и района Заунгузских Каракумов, усилились процессы заболачивания и солончаковости, что приводит к снижению уровня плодородия почв. Почвы же, расположенные на более высоких высотных уровнях с хорошей дренированностью, где высока сама культура земледелия, отличаются хорошими показателями плодородия, меньшей степенью засоления.

Поэтому, принимая во внимание всё вышесказанное, следует отметить, что эффективность использования земель юго-восточной части Хорезмского оазиса будет зависеть от агро-мелиоративных мероприятий и правильного размещения сельскохозяйственных культур. На территории собственно Ташсакинского плато, где распространены автоморфные серо-бурые и полугидроморфные серо-буро-луговые среднемощные и мощные почвы, следует возделывать культуру хлопчатника с зерновыми. На маломощных почвах, где развитие корневой системы растений ограничивается глубиной залегания почвообразующей породы – следует возделывать овощные и бахчевые культуры.

Почвы с гидроморфным режимом, особенно лугово-болотные и болотные со слабым оттоком дренажных вод, следует использовать под культуру риса в сочетании с другими зерновыми и кормовыми травами.

Список литературы

1. Турсунов, Л. Т. Почвенные условия орошаемых земель западной части / Л. В. Турсунов. – Ташкент: ФАН, 1981. – С.8–30.
2. Эволюция почв и почвенного покрова современной дельты Амударьи под влиянием антропогенного опустынивания / В. Е. Сектименко [и др]. – М.: Пушино, 1989. – С. 110–111.
3. Экология, генезис, трансформация и эволюция почв Питнякского оазиса. Основные достижения, подходы и перспективы в повышении плодородия деградированных почв: монография / Л. А. Гафурова [и др.]. – М., 2019. – С. 102–122.

УДК 332.334

ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНКИ

Германович Т. М.

БГЭУ, г. Минск, Беларусь

Земельные ресурсы как компонент природной среды активно используются в процессе общественного производства в целях удовлетворения все возрастающих материальных и культурных потребностей общества. В процессе использования земля территориально объединяет природные ресурсы, относящиеся к различным естественным сферам. Проявляемые свойства земли как природного ресурса, соответствуют природным закономерностям, что обуславливает ее устойчивый характер. Земля относится к постоянным факторам производства, являясь основным видом природного ресурса, который на данном уровне развития производственных сил функционирует как базис развития человечества.

В различных отраслях народного хозяйства роль земли неодинакова. В промышленности, транспорте и градостроительстве земля значима как место, на котором совершаются процессы труда, пространственный операционный базис для размещения производства, в добывающей промышленности служит источником сырья. Общественная востребованность земли в качестве природного ресурса определяется её функционированием как средства производства в сельском и лесном хозяйстве, когда в процессе производства используются богатейшие возможности и силы земли.

Земля выполняет свою природную функцию в экологических связях со всеми компонентами ландшафта, элементами экосистемы. Особенности земли как природного ресурса в силу расположения земельных массивов в разных климатических зонах с различными природными условиями и свой-

ствами в совокупности с производственными условиями создают возможность формирования и получения устойчивого дополнительного дохода с лучших участков.

Производительные свойства земли и природные условия органично связаны и объединяются на основе общего понятия единства территории. Единство территории формирует благоприятные и неблагоприятные природные условия, дающие возможность комплексного и эффективного использования природных ресурсов.

Важнейшими свойствами земли являются пространственные, почвенные, гидрогеологические условия, гидрографическая сеть, растительный покров, наличие полезных ископаемых и др.

К воспроизводимым характеристикам природного ресурса относят плодородие почв, водный режим, геоботанические, гидрографические условия, к невоспроизводимым – многие ландшафтные характеристики, показатели рельефа, растительности и ряд других. Рациональная деятельность человеческого общества имеет практически неограниченные возможности воспроизводства производительной способности земли. Каждый участок земли обладает всеми из перечисленных свойств.

Плодородие почв является важнейшим свойством земли, причем естественное плодородие – следствие длительного почвообразующего процесса, обусловленного пространственными, гидрогеологическими и климатическими условиями, рельефом местности, характером растительности, а экономическое – результат воздействия человека на физические, химические и биологические свойства почвы.

Земельные ресурсы являются национальным богатством Беларуси и одним из основных природных ресурсов, обеспечивающих устойчивое развитие страны.

По данным реестра земельных ресурсов по состоянию на 01.01.2020 г. общая площадь земель Республики Беларусь составляет 20760,0 тыс. га, из которых преобладают лесные и сельскохозяйственные земли, доля которых по состоянию на 1 января 2020 г. составляет, соответственно, 42,5 % и 40,4 %. В 2019 г. площадь сельскохозяйственных земель уменьшилась на 69,5 тыс. га, по сравнению с предыдущим годом, при этом на 0,8 тыс. га возросла площадь пахотных земель. Площадь лесных земель в 2019 г. увеличилась на 22,6 тыс. га, что связано с переводом малопродуктивных сельскохозяйственных земель в несельскохозяйственные.

Процессы деградации земель относятся к числу важнейших факторов, сдерживающих устойчивое землепользование и ухудшающих экологическое состояние почвенного покрова. Они связаны с хозяйственной деятельностью человека, обуславливающей водную и ветровую эрозию, минерализацию осушенных торфяных почв, трансформацию земель в результате добычи полезных ископаемых и строительства, снижение плодородия сельскохозяйственных земель, радиоактивное и химическое загрязнение, выгорание осушенных торфяников и лесных земель, вызывая значительный экономический, экологический и социальный вред. Наибо-

лее актуальной проблемой, стоящей перед Беларусью, все еще является радиоактивное загрязнение в результате аварии на Чернобыльской АЭС и сохраняющаяся угроза окружающей среде от разрушенного реактора и тех блоков, которые продолжают вырабатывать электроэнергию. Загрязнено более 1/5 территории Республики Беларусь радионуклидами (загрязнено более 22 % сельскохозяйственных и 21 % лесных угодий), что не только резко ограничило ее природно-ресурсный потенциал, но и потребовало огромных затрат на снижение радиационной опасности.

Сохранение земель и их рациональное использование являются одним из приоритетных направлений политики устойчивого развития и обеспечения экологической безопасности государства согласно Концепции национальной безопасности Республики Беларусь и НСУР-2030 г.

С целью реализации положений НСУР-2030 по устойчивому использованию земельных ресурсов в Республике Беларусь были разработаны: Национальный план действий по предотвращению деградации земель (включая почвы) на 2016-2020 гг., утвержденный постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29.04.2015 № 361; Стратегия сохранения и рационального (устойчивого) использования торфяников, утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.12.2015 № 1111; внесены изменения в законодательство об охране и использовании земель (Указ Президента Республики Беларусь № 244 от 16.06.2015), касающиеся порядка изъятия и предоставления земельных участков, а также мер по совершенствованию строительной деятельности.

Цели и задачи устойчивого использования земельных ресурсов НСУР-2030 соответствуют сразу нескольким глобальным ЦУР, призванных содействовать достижению устойчивого развития через объединение трех компонентов: экономического, социального и экологического, в частности задаче 2.4 Цели № 2 в части внедрения методов ведения сельского хозяйства, которые постепенно улучшают качество земель и почв; задаче 12.4 Цели №12 по рациональному использованию химических веществ и сокращению их попадания в почвы; задаче 15.3 Цели № 15 по восстановлению деградировавших земель и почв, недопущению ухудшения состояния земель.

Проводимая государственная политика в области устойчивого использования земельных ресурсов уже позволила выполнить в 2017 г. целевой индикатор площади нарушенных земель, предусмотренный НСУР-2030: плановое значение индикатора к 2030 г. составляет 4,8 тыс. га, в то время как в 2017 г. показатель имел значение 4,3 тыс. га при устойчивой тенденции к снижению (2018 г. – 3,7 тыс. га) [4].

Стратегия по реализации в Беларуси «Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание, особенно в Африке», предусматривает разработку

и реализацию практических мер, направленных на предотвращение деградации и восстановление деградированных земель (включая почвы).

Будущее любого государства всецело зависит от эффективного использования природно-ресурсного потенциала. В условиях перехода к устойчивому развитию приоритет должен быть отдан неистощительному природопользованию, охране и воспроизводству природных ресурсов (в том числе и земельных), что определяет экономическую значимость ресурсных платежей, в общей структуре налогов.

Существует два основных вида оценки природных ресурсов: кадастровая в целях налогообложения и рыночная.

В общем виде оценка земельных ресурсов (объектов) представляет собой определение их ценности в денежном выражении в фиксированных социально-экономических условиях производства, при заданных режимах землепользования и ограничениях (экономических, социальных, экологических, стратегических и др.) на хозяйственную и иную деятельность.

Сложность оценки заключается в том, что природные объекты выполняют множество различных функций, требующих большого количества исходных данных для необходимых расчетов.

Земельные ресурсы, как составляющая национального богатства страны, подлежат оценке по следующим главным аспектам: как всеобщий пространственный базис; как средство производства в сельском и лесном хозяйстве; как эталон естественной ненарушенной природы; как кладовая минерального сырья; как база размещения объектов отдыха и оздоровления.

Земля – уникальный ресурс: она количественно ограничена, ее невозможно искусственно воспроизвести, предложение земли для использования практически неэластично. Проблема экономической (денежной) оценки природных ресурсов – одна из наиболее сложных и дискуссионных в современной науке.

Оценка земли, как составляющей национального богатства страны, представляет собой сопоставимый количественный и экономический расчет ее потребительских свойств и эколого-экономических эффектов использования при разном целевом назначении земельных участков. Целевое назначение земельных участков определяется задачами выбора целесообразных направлений и способов землепользования для жизнеобеспечения населения.

В последние годы все больше внимания в ресурсооценочных работах уделяется развитию рентной концепции. Земельная рента – это разновидность ренты (дохода, не связанного с предпринимательской деятельностью).

В различных отраслях значение земли неодинаково, следовательно, в земельных отношениях возникает земельная (сельскохозяйственная, лесная, водная, рыбная, туристская, городская) дифференциальная рента, в недропользовании – дифференциальная горная (нефтяная, газовая ми-

неральная) рента. Естественные различия лежат в основе возникновения дифференциальной ренты.

Основой дифференциальной ренты является добавочная прибыль, которую получает производитель, эксплуатирующий более продуктивные земли и другие ресурсы природы. Лучшее их качество обуславливает более высокую производительность труда на них, а одинаковые затраты труда на землях разного плодородия дают разный объем сельхозпродукции.

Трудности при определении дифференциальной ренты состоят в том, что ее необходимо отличать от дополнительного чистого дохода, получаемого за счет лучшей организации производства, более добросовестной работы и т. п.

При экономической оценке земельных ресурсов на базе ренты учитываются замыкающие (предельно допустимые с народнохозяйственной точки зрения) затраты на прирост продукции, получаемой с помощью этого ресурса, или затраты при использовании худших по качеству ресурсов.

Размер земельной ренты в сельском хозяйстве равен сумме таких показателей как: излишка стоимости сверх общественной цены производства продуктов, разницы между общественной и индивидуальной ценой производства и между монопольной ценой и затратами на производство продукции на земельных участках особого качества и особых климатических условий.

Ценность городских земель заключается в их возможности обеспечивать дополнительный доход, который возникает благодаря удобному местоположению относительно рынков ресурсов и продаж, а также благодаря инфраструктурному обустройству территории.

Количественные показатели земельной ренты за счет освоенности территории возникают благодаря сокращению затрат на создание транспортной и инженерной инфраструктуры, следовательно, размер земельной ренты в населенных пунктах формируют и определяют такие факторы как спрос, ограниченность, полезность и ликвидность земельных участков.

В недропользовании оценка объектов обуславливается такими составляющими как сырьевая или функциональная ценность природного ресурса как продукта переработки и потребления, инженерно-геологическими условиями залегания полезных ископаемых, экономико-географическим положением участка недр.

К показателям ценности земельных участков несельскохозяйственного назначения за пределами границ поселений, как пространственного базиса для объектов промышленности, транспорта, связи, обороны и другого назначения, определяющими величину ренты, относят местоположение, обустройство и функциональное использование соответствующего земельного участка.

Ценность земельных участков объектов отдыха, оздоровления и эталонов ненарушенной природы определяется суммарным экономическим, экологическим и социальным эффектами.

Существует два основных вида оценки природных ресурсов: кадастровая в целях налогообложения и рыночная.

Современные методы экономической оценки природных ресурсов в рыночной экономике условно делятся на две группы:

– основанные на рыночных подходах и использующие методологию оценки недвижимости;

– основанные на косвенных или субъективных оценках полученных в результате социологических исследований и опросов.

Едиными критериями оценки земельных участков для всех категорий их использования являются: местоположение, качество, дефицитность, ресурсные возможности использования.

Соизмеримыми оценочными показателями для земель различного целевого назначения служат земельная рента и цена земли, которая является денежным выражением ее рыночной стоимости, складывающейся в зависимости от доходности производства.

Список литературы

1. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Беларусь: Нац. доклад / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, РУП «Бел НИЦ «Экология». – Минск: Бел НИЦ «Экология», 2019. – 191 с.

2. Состояние природной среды Беларуси: ежегодное информационно-аналитическое издание / Р. В. Михалевич [и др.]; под общ. ред. М. А. Ересько. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2020. – 101 с.

3. Аналитический отчет о реализации в 2016–2017 гг. // Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://niei.by/uploads/files/Analitica/Analiticheskiy-otchet-o-realizacii-NSUR-2030.pdf>.

УДК 631.43:631.51:631.445.2

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЕЁ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА В ЗВЕНЕ ЗЕРНОВОГО СЕВООБОРОТА

Гончаревич¹ Т. В., Серая² Т. М.

¹*Брестская ОСХОС НАН Беларуси, г. Пружаны, Беларусь*

²*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

Основная обработка почвы – важный способ воздействия на ее агрофизические и агрохимические свойства. Обработкой почвы можно вызвать проявление противоположных процессов, соотношение которых зависит от способа и периодичности обработки, например, таких как минерализация – гумификация, уплотнение – разуплотнение, оструктуривание или деагрегация. При рациональной обработке почвы улучшается её аэрация

и термический режим, изменяется поглотительная и водоудерживающая способность, плотность и структура, ускоряется минерализация органического вещества, является одним из факторов сохранения почвенной структуры [1, 2].

Особая роль в формировании почвенного плодородия принадлежит физическим свойствам почвы. Структура почвы в наибольшей степени зависит от условий многообразных природных и антропогенных факторов внешнего воздействия. В условиях адаптивно-ландшафтного земледелия, важным средством регулирования агрофизических свойств почвы является научно-обоснованное чередование сельскохозяйственных культур. Насыщение полевого севооборота зерновыми культурами от 50 до 83 % приводит к значительному переуплотнению и ухудшению структуры почвы [3]. Данные зарубежных и отечественных исследований свидетельствуют, что корневая система большинства сельскохозяйственных культур лучше всего развивается при равновесной плотности 1,1–1,3 г/см³ и при содержании водопрочных агрегатов более 40 %.

Цель исследования – установить влияние разных способов основной обработки почвы под зерновые культуры на водно-физические свойства дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почвы.

Исследования выполнены в полевом технологическом опыте, заложенном на стационарном опытном участке РУП «Брестская ОСХОС НАН Беларуси» на дерново-подзолистой, рыхлосупесчаной, развивающейся на пылевато-песчаной супеси, подстилаемой песком ближе 1 м, почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы перед посевом озимой ржи (осень 2015 г.): рН_{KCl} 4,88–5,11; P₂O₅ (по Кирсанову) – 69–91 мг/кг почвы; K₂O (по Кирсанову) – 181–237 мг/кг почвы; гумус (по Тюрину) – 1,98–2,68 %.

Исследования проводили в звене севооборота: озимая рожь + горчица белая на сидерат – овес + горчица белая на сидерат – ячмень. Схема опыта включала 3 способа основной обработки почвы, на которые накладывалось по 7 вариантов минеральных удобрений.

Структурно-агрегатный состав почвы определяли сухим просеиванием по методу Н. И. Саввинова. Коэффициент структурности рассчитывали, как сумму агрегатов размером от 0,25 до 10 мм к суммарному содержанию структурных отдельностей менее 0,25 и более 10 мм. Установлено, что применение разных способов основной обработки почвы повлияло на показатели коэффициента структурности: наиболее высоким коэффициент структурности пахотного слоя почвы – 1,7 в 2015 г., 3,3 в 2016 г. и 2,7 в 2017 г. отмечен в блоке с поверхностной обработкой почвы (табл.1).

По влиянию на содержание водопрочных агрегатов размером более 0,5 мм преимущество имела чизельная обработка почвы.

Применение различных способов основной обработки почвы на протяжении ряда лет слабо сказалось на её водопрочности: разница в коэффициентах между обработками почвы составило 0,1–0,2.

Таблица 1

**Структурно-агрегатный состав почвы перед севом
озимой ржи (2015 г.), овса (осень 2016г.), ячменя (осень 2017 г.)**

Способы обработки		Вспашка			Чизелевание			Поверхностная обработка		
		2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
Водоустойчивость (более 0,25 мм)		41,5	40,2	54,5	54,3	34,9	50,6	46,0	37,2	51,6
Содержание водопрочных агрегатов более 0,5 мм, %		21,4	32,4	37,7	30,8	35,0	39,3	25,7	29,0	32,9
Коэффициент	структурности (K _{стр})	1,5	2,0	1,2	1,6	3,0	2,5	1,7	3,3	2,7
	водоустойчивости (K _{ву})	1,6	1,7	1,6	1,9	2,0	1,7	2,1	2,1	1,8
	водопрочности (K _{впр})	0,3	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5

Плотность сложения почвы – важнейшая характеристика её физического состояния. С изменением этого показателя меняются водные, воздушные и тепловые свойства почвы, оказывающие значительное влияние на ее физический и микробиологический режимы и в результате на урожайность сельскохозяйственных культур. По данным маршрутных исследований, выполненных лабораторией агрофизических свойств и защиты почв от эрозии Института почвоведения и агрохимии, равновесная плотность для большинства почвенных разновидностей минеральных почв (более 70 % площади пахотных земель) составляет 1,45–1,55 г/см³, при верхней границе оптимума плотности для большинства сельскохозяйственных культур 1,30 г/см³ [4].

В опыте после уборки зерновых культур были отобраны образцы по блокам для определения объёмной массы, капиллярной и полной влагёмкости в слоях почвы 0–10 и 10–20 см (табл. 2).

Таблица 2

**Объёмная масса, капиллярная и полная влагёмкость пахотного горизонта,
осень 2016 – 2018 гг.**

Способы обработки	Глубина, см	Объёмный вес, г/см ³			Капиллярная влагёмкость, %			Полная влагёмкость, %		
		2016	2017	2018	2016	2017	2018	2016	2017	2018
Вспашка	0–10	1,66	1,55	1,53	11,9	21,5	23,4	13,8	22,1	26,2
	10–20	1,68	1,67	1,64	12,3	20,7	20,6	13,9	22,9	23,9
Чизелевание	0–10	1,64	1,68	1,61	12,3	20,4	23,2	13,9	24,3	26,1
	10–20	1,65	1,76	1,66	12,6	19,0	20,8	14,6	19,4	23,1
Поверхностная обработка	0–10	1,60	1,50	1,50	12,2	28,0	27,0	13,9	36,6	31,8
	10–20	1,75	1,57	1,60	17,6	24,7	23,5	18,9	30,8	27,3

Установлено, что опытные участки довольно выравнены по плотности сложения. Однако стоит отметить, что во влажных погодных условиях 2017 г. наиболее плотное сложение пахотного слоя было на глубине 10–20 см при чизелевании: объёмный вес составил 1,76 г/см³. Различия

в плотности сложения почвы между слоями 0–10 см и 10–20 см более четко выражены в блоке со вспашкой и чизелеванием 0,12 и 0,11 г/см³ соответственно. В то время как в засушливом 2016 г. наибольшая плотность сложения почвы отмечена в слое 10–20 см в блоке с поверхностной обработкой почвы – 1,75 г/см³, в то время как в слое 0–10 см в этом же блоке объёмный вес почвы был наименьшим – 1,60 г/см³.

Капиллярная влагоемкость в среднем по опыту осенью 2017 г. была в 1,7 раза выше, чем в аналогичный период 2016 г. и составила 22,4 %. При этом максимальной она была в блоке с поверхностной обработкой: в 2017 г в верхнем слое почвы – 28,0 %, 2016 г в слое 10–20 см – 17,6 %. В блоке со вспашкой и чизелеванием в осенний период 2017 г капиллярная влагоемкость была близкой, как между блоками, так и по глубине – 19,0–21,5 %.

Полная влагоемкость характеризует полную водовместимость почв. Зависит она, как и наименьшая влагоемкость, не только от гранулометрического состава, но и от структурности и порозности почв. Полная влагоемкость колеблется в пределах 40–50 %, в отдельных случаях она может возрасти до 80 или опуститься до 30 % и ниже [5].

Максимальная полная влагоемкость почвы в опыте после уборки возделываемых культур в 2017 г. отмечена в блоке с поверхностной обработкой почвы в слое 0–10 см и составила 36,6 %. В целом в пахотном слое при поверхностной обработке почвы полная влагоемкость была в 1,5 раза выше, чем при чизелевании и вспашке.

В 2018 г. погодные условия были благоприятными для роста и развития ячменя. На фоне с поверхностной обработкой почвы водно-физические свойства характеризовались: наиболее низким объёмным весом пахотного слоя – 1,55 г/см³, более высокими показателями капиллярной и полной влагоёмкостью – 25,23 % и 29,54 % соответственно.

Таким образом, в годы проведения исследований наиболее благоприятные для роста и развития зерновых культур физические свойства почвы сложились в блоке, где в качестве основной проводили поверхностную обработку почвы дисками на глубину 10–12 см: отмечен наиболее высокие коэффициенты структурности почвы пахотного слоя – 2,6 и водоустойчивости – 2,0, наблюдалась меньшая плотность почвы – 1,57 г/см³ и наибольшая полная влагоемкость – 26,6 %.

Список литературы

1. Белкин, А. А. Влияние обработки почвы на агрофизические, агрохимические свойства почвы и урожайность зерновых культур / А. А. Белкин, Н. В. Беседин // Вестник Курской ГСХА. – 2010. – № 5. – С. 54–57.
2. Пыхтин, И. Г. Систематические отвальные и безотвальные обработки в севообороте и бессменных посевах / И. Г. Пыхтин, Е. В. Шутов // Земледелие. – 2004. – №3. – С. 18–19.
3. Николаев, В. А. Влияние пожнивного зеленого удобрения на агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы и продуктивность зерновых севооборотов / В. А. Николаев // автореф. дис. ... канд.с.-х. наук: 06.01.01 – общее земледелие; Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева. – М.: [s. n.], 1999. – 15 с.

4. Рекомендации по применению минимальной (ресурсосберегающей) обработки почв в Республике Беларусь / Ф. И. Привалов [и др.] – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 20 с.

5. Клебанович, Н. В. Гидрофизика почв: учеб. материалы по дисциплине «Биофизика почв» для студентов спец. 1-01 02 01 «География» / Н. В. Клебанович. – Минск: БГУ, 2016. – 41 с.

УДК 631.6.02: 631.67

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ В УКРАИНЕ

Грановская Л. Н., Малярчук А. С.

*Институт орошаемого земледелия НААН Украины,
г. Херсон, Украина*

По географическому расположению большая часть Украины, в том числе и Степь, расположена в зоне недостаточного природного увлажнения, что требует применения специальных элементов технологий выращивания сельскохозяйственных культур и, в первую очередь, – орошения. Климатические изменения последних лет еще больше усилили вероятность возникновения рисков в процессе сельскохозяйственной деятельности, связанной с повышением температуры, неравномерностью осадков или полным их отсутствием в критические фазы развития сельскохозяйственных культур. Если сумма позитивных температур на территории Украины увеличилась на 200–400 °С, то, например, в Херсонской области сумма эффективных температур увеличилась на 700 °С только за последние 10 лет. Значительно увеличилась часть осадков ливневого характера, что приводит к значительным потерям их за счет стока в пониженные места. Все это способствует усилению процессов деградации почв и опустыниванию земель.

Природные экосистемы на засушливых землях Южной Степи Украины чувствительны к нерациональной сельскохозяйственной деятельности и могут легко переходить в стадию деградированных почв, которые характеризуются низкими показателями плодородия. Последующая деградация почв на засушливых территориях, под влиянием антропогенных и техногенных факторов, приводит к опустыниванию. Встречается несколько форм деградации, которые сопровождаются потерей питательных веществ и плодородного слоя почвы, водной и ветровой эрозией, образованием оползней, загрязнением почв химическими элементами, уплотнением, засолением, осолонцеванием и т. д.

Площадь земель в мире, которая склонна к процессам деградации составляет 3,6 млрд га, или 70 % от всех земель. На этих землях прожи-

вает около 4 млрд. человек и большинство из них – за чертой бедности. За период с 1981 года по настоящее время в мире потеряно 24 % почв по причине деградации и опустынивания, а каждый год человечество теряет около 12 млрд га земель по этим причинам. На этих землях можно получать около 20 млн т зерновых культур. При этом необходимо отметить, что на образование 2,5 см почвенного слоя необходимо почти 500 лет, а уничтожить его можно всего за несколько лет.

Процесс деградации и опустынивания почв является характерным явлением для многих стран мира, в том числе и для Украины. Одной из причин этого является природная засушливость земель, которая сопровождается недостаточным количеством осадков, отрицательным водным балансом и, связанными с этим, условиями почвообразования.

Важность проблемы сохранения почв, как для Украины, так и для всех стран мира подтверждается рядом отечественных и международных нормативных документов.

Состояние почв в Украине вызывает беспокойство у ученых. Еще в 1910 году известный отечественный ученый академик А. А. Измаильский обратил внимание землепользователей на рост уровня сухости климата в Степи Украины. Он отмечал: «Если мы будем продолжать так беззаботно наблюдать прогрессирующие изменения наших степей, а в связи с этим и прогрессирующее высыхание степной почвы, то вряд ли можем сомневаться, что в сравнительно недалеком будущем наши степи превратятся в бесплодную пустыню». И сегодня эта угроза стала реальностью. Современные обследования специалистов ГУ «Институт охраны почв Украины» фиксируют содержание гумуса в почвах Юга Украины на уровне 3,0 %. Потери одного сантиметра пахотного слоя на полях приводят к снижению урожайности зерновых культур в среднем на 0,5 ц/га. Каждый год, по данным ГУ «Институт охраны почв Украины» содержание гумуса в почвах страны уменьшается на 500–700 кг/га. Кроме этого, по материалам агрохимической паспортизации, установлено, что каждые 5 лет почвы Украины теряют в среднем 0,05 % гумуса.

На протяжении последних лет учеными Института орошаемого земледелия НААН проведено значительное количество исследований по вопросам влияния климата в степной зоне Украины на продуктивность сельскохозяйственных культур и эффективность сельскохозяйственной деятельности. Результаты исследований доказывают, что при дальнейшем применении традиционной системы ведения земледелия в регионе может произойти значительное снижение продуктивности сельскохозяйственных культур из-за снижения показателей плодородия почвы. С целью предупреждения таких явлений, связанных с изменением климата, ученые предлагают применять ряд мероприятий, направленных на адаптацию земледелия к климатическим изменениям.

Использование научно необоснованных технологий выращивания сельскохозяйственных культур, экстенсивный тип земле- и водопользо-

вания в зоне недостаточного природного увлажнения, а также полное отсутствие органических удобрений и невыполнение постановлений Кабинета Министров и Национальной академии аграрных наук Украины о нормативах оптимального соотношения сельскохозяйственных культур в севооборотах приводит к снижению плодородия почвы.

Учеными Института орошаемого земледелия НААН Украины разработаны и внедрены в производство инновационные технологии выращивания сельскохозяйственных культур, системы обработки почвы, способы полива и режимы орошения сельскохозяйственных культур, технологии мелиорации засоленных и осолонцованных земель. Эти технологии характеризуются как наукоемкие, ресурсосберегающие, почвозащитные, экологически безопасные и энергосберегающие. Их внедрение в производство обеспечивает не только экономический эффект в процессе хозяйственной деятельности, но и создает условия для рационального использования земельных и водных ресурсов, энергоресурсов. Наглядным примером применения этих технологий в производстве является Государственное предприятие исследовательское хозяйство «Асканийское» Института орошаемого земледелия НААН. Предприятие расположено в южной Степи Украины и имеет площадь сельскохозяйственных земель около 9 тыс. га, с которых: орошаемых – 5 тыс. га.

С 1986 года в почвах данного предприятия отмечалось резкое содержание гумуса, что негативно влияло на эффективность сельскохозяйственной деятельности. Уменьшение содержания гумуса было связано с применяемой системой удобрения почв и не соответствующим соотношением минеральных и органических удобрений.

Важной составляющей почвы является органическое вещество, которое представляет собой совокупность живой биомассы и органических остатков растений, животных, микроорганизмов, продуктов их метаболизма и специфических новообразованных веществ, которые равномерно распространяются по почвенному профилю. Применения только минеральных удобрений приводит к пептизации гумуса и его уменьшению в почве, и только совместное применение минеральных и органических удобрений способствует повышению органического вещества в почве, что является основой плодородия почвы.

Учеными доказано, что в регионе южной Степи Украины оптимальным соотношением минеральных и органических удобрений является 1:15. Сохранение отрасли животноводства на предприятии «Асканийское» позволило получить достаточное количество органических удобрений, а обеспечение оптимального соотношения сельскохозяйственных культур в севообороте обеспечило повышение содержания гумуса в орошаемых почвах на уровне 3,0 %.

Соотношение содержания гумуса к валовой энергии в темно-каштановых почвах этого хозяйства в период 2014–2019 годы находится в пределах 93,67–94,18 % (табл. 1).

**Содержание валовой энергии в пахотном слое темно-каштановых почв
ГПИХ «Асканийское» (среднее за 2014–2019 годы)**

Тур обследования						
Содержание, ГДж/га	1	2	3	4	5	6
P ₂ O ₅	8,9	9,7	8,1	11,0	7,8	8,5
K ₂ O	30,0	32,5	29,6	29,3	28,0	29,4
N (нитрификационная способность)	9,0	9,0	9,4	9,9	9,2	7,5
Гумус	750,0	758,0	731,1	747,3	728,4	748,9
Всего	797,9	809,2	778,2	797,5	773,4	794,3
Гумус в % к сумме	94,00	93,67	93,95	93,71	94,18	94,29

Примечание. Составлено авторами.

Одним из важных требований обеспечения бездефицитного баланса гумуса и содержание его в почве на уровне 2,5–3,5 % в условиях орошения является следующее соотношение сельскохозяйственных культур в севообороте: зерновых и зернобобовых культур – 40–82 %; технических – 5–35 %; овощных и бахчевых – до 20 %; кормовых – до 60 %; многолетних бобовых трав – 17–44 %. Необходимо внесения перегноя в количестве 3–7 т/га и внедрение ресурсосберегающих технологий выращивания сельскохозяйственных культур, инновационных способов полива и водосберегающих режимов орошения.

В условиях дальнейшего изменения климата в сторону потепления, необходимо продолжить исследования з определения особенностей почвообразования и разработать мероприятия по сохранению плодородия почв, накопления и рационального использования почвенной влаги, оптимизации уровня распаханности сельскохозяйственных земель и адаптации системы земледелия и орошаемого земледелия к новой агроэкологической ситуации, вызванной климатическими изменениями.

УДК 631.46

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ

Двойных В. В.

Курский ФАНЦ, г. Курск, Россия

Биологическую активность почвы обуславливает общее содержание в почве определенного запаса ферментов, которые выделяются как в процессе жизнедеятельности растений и почвенных микроорганизмов, так и аккумулируются почвой после разрушения отмерших клеток. Интенсивность процессов переработки органических веществ и разрушения минералов, а также масштабы и направление процессов превращения энергии и вещества в наземных экосистемах характеризуются биологической активностью почвы.

Сельскохозяйственное использование почв приводит к нарушению их устойчивости, изменению состава, структуры и др. Среди всех компонентов почвы именно живое вещество представляет интерес при оценке устойчивости почв. Современные исследования направлены на поиск оценочных показателей, с помощью которых можно было бы диагностировать и документировать потенциальный риск изменения устойчивости в результате внешних воздействий [1].

С жизнедеятельностью живых организмов: высших растений, микроорганизмов и животных неразрывно связано естественное плодородие и экологическое состояние почвы [2].

Изучение микробного компонента почвы – неотъемлемая часть экологического исследования, поскольку он является важной функциональной частью почвенного органического углерода. Кроме того, микробное сообщество почв в силу своей высокой чувствительности, реактивности и набору специализированных экологических групп позволяет быстро регистрировать изменения и характеристику среды в результате антропогенных влияний, что дает возможность использовать их в качестве эффективных биоиндикаторов происходящих в почве процессов. В настоящее время для оценки биологических свойств почвы применяют множество показателей: численность или биомассу почвенных микроорганизмов и мезофауны, целлюлозоразрушающую и азотфиксирующую активности, нитрификационную способность и другие.

Биология почв – это комплексная наука, связывающая биологию и почвоведение, и ее методологическая основа состоит в расшифровке механизмов, протекающих в почве, и, прежде всего, их биохимической сущности.

Свойство почвы производить биологическую продукцию в определенном размере зависит не только от баланса процессов гумификации и минерализации органического вещества, но и от других факторов (погодных условий, агрохимических процессов, почвенной биоты, вредителей и болезней растений и др.).

Известно, что в почве под влиянием корневых выделений растений, экзометаболитов ризосферных и сапрофитных микроорганизмов формируется сложный комплекс биологически активных веществ [3, 4], в составе которых обнаруживаются, в частности, разнообразные ферменты. Во многом деятельность почвенных ферментов обуславливает общую биологическую активность почвы.

К широко используемым показателям биологической активности почв относится оценка скорости разложения клетчатки целлюлозоразрушающими микроорганизмами (целлюлозолитическая активность почв). Это один из немногих интегральных показателей интенсивности микробиологических процессов непосредственно в природных условиях. Метод оценки биологической активности по целлюлозолитической активности имеет свои преимущества: он прост, дает сравнимые результаты и отражает тонкие изменения почвенных условий (таких, например, как влажность, степень

окультуренности), динамику почвенных процессов и различия в почвах в связи с их использованием. Метод широко используется для решения не только почвенно-генетических, но и разнообразных практических задач.

Исследования были проведены на полигоне опытного поля Курского федерального аграрного научного центра (Медвенский район, Курская область). Заложен опыт на производственном участке с куполообразной формой рельефа с выраженной волнистостью, площадью в 86 га. Полигон расположен на территории европейской части России в пределах Среднерусской возвышенности на высоте 190–217 м над уровнем моря, у истока реки Млодать. Средний уклон составляет 2,23°. Почва опытного участка представлена черноземами различной степени смытости.

Определение целлюлозолитической активности почвы под посевами сои в 2020 году осуществлялось аппликационным методом. На базовых точках заложены льняные полотна в трехкратной повторности в два срока (1-ый срок весенняя закладка, 2-ой срок летняя закладка полотен). Измерялась температура пахотного слоя. Для измерения температуры поверхности почвы использовался почвенный термометр – щуп АМ6 (на глубину 3–40 см). Метод определения целлюлозоразлагающей активности почвы заключается в анализе степени разложения льняного полотна на глубине 0–20 см на склонах различной степени смытости.

Максимальная степень разложения ткани в точке U21 составила при весенней закладке аппликаций – 82,2 % (склон юго-восточной экспозиции). Температурный максимум во время закладки полотен был +20°C. На северо-восточном склоне целлюлозоразлагающая активность была снижена. Разложение ткани в точке Q13 составило 7,8 %.

Максимальная степень разложения ткани (в процентах к его исходной массе) при летней закладке аппликаций в точке S19 составила 83,1 %. Запасы влаги в слое 0–20см составили 13,7 % (склон южной экспозиции). Так же, как и при весенней закладке, на северо-восточном склоне микрофлора была не активна, и разложение ткани составило 7,1 % в точке S15. Активность почвенной микрофлоры, главным образом, зависит от наличия в почве органического вещества при благоприятном сочетании температуры, влажности и плотности. Выявлено, что несколько большая целлюлозолитическая активность была в первом сроке, но большие различия наблюдались во второй половине лета (табл. 1 и 2).

Таблица 1

**Статистические параметры интенсивности разложения тканей (РТ)
по первому и второму сроку закладки в 2020 г.**

Разложение ткани	Среднее	Минимум	Максимум	Ст. откл.	V %
РТ(1), %*	46,8	7,8	82,2	19,5	41,7
ИРТ(1)**	0,014	0,002	0,027	0,007	46,2
РТ(2), %*	38,2	7,1	83,1	20,7	54,1
ИРТ(2)**	0,013	0,002	0,028	0,007	56,6

Примечание. *РТ – разложение ткани;

**ИТР – интенсивность разложения ткани; 1-ый,2-ой сроки.

**Параметры интенсивности разложения тканей
по первому и второму сроку закладки в 2020 г.**

№ точки	Экспозиция	РТ, %		Интенсивность разложения в сутки, ИРТ	
		1-й срок	2-й срок	1-й срок	2-й срок
W7	северная	64,7	40,4	0,021	0,014
O10	северная	68	25,7	0,004	0,008
O14	северо-восточная	51	49,7	0,016	0,017
Q13	северо-восточная	7,8	19,6	0,002	0,006
S7	северо-восточная	62,5	51,3	0,019	0,018
Y11	северо-восточная	28,6	11,1	0,009	0,004
V8	северо-восточная	67,2	47,2	0,022	0,016
U6	северо-восточная	63,3	15,5	0,020	0,005
S9	северо-восточная	68,4	35,7	0,022	0,012
S11	северо-восточная	25,4	36,8	0,007	0,012
X15	восточная	34	72,0	0,011	0,024
S15	восточная	39,9	7,1	0,013	0,002
Q16	юго-восточная	32,2	58,5	0,010	0,020
U21	юго-восточная	82,2	38,8	0,027	0,013
Q19	южная	30,6	13,8	0,009	0,004
S19	южная	77,6	83,1	0,025	0,028
M15	юго-западная	26,6	34,1	0,008	0,008
K18	юго-западная	41,1	17,3	0,013	0,006
I18	юго-западная	48,3	54,9	0,016	0,018
S23	юго-западная	62,6	21,1	0,022	0,007
E14	западная	64,6	74,6	0,022	0,025
F17	западная	29,3	41,6	0,011	0,014
G15	западная	18,1	13,9	0,005	0,004
H13	северо-западная	42,1	56,2	0,013	0,018
I11	северо-западная	47,3	39,4	0,015	0,012
K5	северо-западная	36,7	33,0	0,011	0,011
K7	северо-западная	65,1	31,4	0,020	0,010
K11	северо-западная	36,6	12,0	0,011	0,004
M12	северо-западная	70	70,6	0,022	0,024
F10	северо-западная	21,0	38,7	0,006	0,013

Высокая степень разложения в среднем за весенне-летний период наблюдалась на склоне северной экспозиции и составила 66,2 %. Низкая интенсивность разложения целлюлозы составила 38,2 % на склонах восточной и юго-западной экспозициях (табл. 3).

Использование методов биологической диагностики позволяет определить негативные последствия антропогенного воздействия на ранних стадиях.

Немаловажное значение имеет метод определения целлюлозолитической активности почвы. В почву с растительными остатками поступает значительное количество целлюлозы. Почвенные микроорганизмы, особенно грибы, обладают активной целлюлозой, расщепляющей клетчатку. В состав целлюлозы входит более 50 % всего органического углерода биосферы, а расщепление ее имеет большое значение в круговороте углерода.

Средняя интенсивность разложения тканей по склонам в 2020 г.

Экспозиция	РТ, %	Интенсивность разложения в сутки, ИРТ
Северная	66,2	0,011
Северо-восточная	40,0	0,012
Восточная	38,2	0,012
Юго-восточная	52,9	0,017
Южная	51,2	0,016
Юго-западная	38,2	0,011
Западная	40,3	0,013
Северо-западная	46,8	0,013

Показатели биологической активности почвы могут быть использованы при тестировании состояния почв. При обогащении почв небольшим количеством органических соединений может наблюдаться возрастание некоторых показателей биологической активности, так как более интенсивно развиваются группы микроорганизмов, участвующих в переработке дополнительных субстратов. При загрязнениях тяжелыми металлами, оксидами серы, большими количествами различных органических веществ, преобладает токсический эффект, вследствие чего биологическая активность подавляется.

Оценка биологической активности почвы может быть использована как предварительные исследования почвенных процессов с последующим их учетом при закладке полевых опытов.

Список литературы

1. Ананьева, Н. Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв / Н. Д. Ананьева. – М.: Наука, 2003. – 223 с.
2. Чернова, Н. М. Экология / Н. М. Чернова, Л. М. Былова. – М.: Просвещение, 2004. – 280 с.
3. Головкин, Э. А. Роль микроорганизмов в субстратутомлении / Э. А. Головкин, С. А. Горобец, В. С. Яхно // Роль токсинов растительного и микробиального происхождения в аллелопатии. – Киев: Наукова думка, 1983. – С. 10–29.
4. Иванов, В. П. Растительные выделения и их значение в жизни фитоценозов / В. П. Иванов. – М.: Наука, 1973. – 294 с.

ВОДОПРОНИЦАЕМОСТЬ И ЭРОДИРУЕМОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО*

Демидов¹ В. В., Кухарук² Е. С.

¹ МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

² Институт почвоведения, агрохимии и защиты почв им. Н. Димо,
г. Кишинев, Молдова

Чернозёмные земли (чернозёмы), также известные как Mollisols в американской систематике (USDA-NRCS, 1999), одни из самых плодородных естественных почв на планете. Они обладают благоприятными для земледелия химическими (богатство гумусом, элементами минерального питания) и физическими свойствами (хорошая оструктуренность, воздухо- и водопроницаемость). На этих почвах получают наиболее высокие урожаи зерновых, сахарной свеклы, подсолнечника и многих других культур. Вместе с тем, их нерациональное использование зачастую приводит к деградации – потере гумуса, переуплотнению, эродированности и вторичному засолению.

Географически чернозёмы занимают значительные площади. В Евразии зона чернозёмов охватывает Венгрию, Болгарию, Австрию, Чехию, Словакию, Балканский полуостров, Молдавию, Украину, Монголию и КНР, Центрально-чернозёмные области России, Поволжье, Северный Кавказ, Западную Сибирь.

Фонд чернозёмных почв России составляет около 120 млн га, (52 % от мировых площадей). Это всего лишь около 7 % общей площади пахотных земель, но на ней размещается более половины всей пашни и производится около 80 % всей земледельческой продукции (Кузин, 2006).

В Республике Молдова чернозёмные почвы занимают около 75 % территории и неодинаковы по своему качеству. Наиболее плодородные из них – типичные и выщелоченные чернозёмы занимают большие площади на севере республики. Они содержат самые большие запасы гумуса и дают высокие урожаи ранних сельскохозяйственных культур. Чернозёмы средне- и сильноосмытые имеют большой удельный вес в земельном фонде республики (19 %), по плодородию мало уступая лучшим чернозёмам Северного Кавказа и Центральной чернозёмной полосы.

Водная эрозия является одним из самых масштабных и значимых факторов, снижающих плодородия почв. В результате эрозионных процессов происходит разрушение, перемещение и отложение частиц почвы и пород под действием дождя и движения водных потоков. Прямой ущерб, причиненный эрозией, выражается через потери плодородной почвы, смываемой со склонов. Косвенный – выражается через недобор урожая сельскохозяйственных культур.

*Статья подготовлена в рамках выполнения работ по Договору о международном сотрудничестве в области науки и образования.

Разработка оптимальных методов землепользования, обеспечивающих сохранение почв, требует изучения закономерностей, связанных с выпадением осадков, образующих поверхностный сток и смыв почвы. Одним из основных факторов, оказывающих существенное влияние на формирование поверхностного стока, является водопроницаемость почвы.

Цель настоящей работы состояла в изучении водопроницаемости и эродированности (смываемости) чернозёма типичного методом искусственного дождевания.

Объект и методы исследования. Исследования проводились в полевых условиях. Почва чернозём типичный тяжелосуглинистый сформированный на лёссовидных суглинках (Классификация, 1977). По международной классификации – Chernozem (Haplic Chernozem (Aric Loamic) (Полевой определитель, 2008). Содержание гумуса – 5,7 %.

Изучение закономерностей впитывания и противоэрозионной стойкости чернозема типичного проводили в летний период методом искусственного дождевания. Дождевальная установка позволяла: а) получать монодисперсный дождь с диаметром капель 2,8; 3,2 и 4,2 мм; б) изменять скорость падения капель от 50 до 570 см/с; в) изменять интенсивность дождя в пределах 0,5–4,0 мм/мин; г) дождевать участок площадью 0,5–0,7 м².

Площадки для дождевания готовились следующим образом. Почва рыхлилась на глубину 20–25 см, крупные комки измельчались до размеров агрегатов 10–15 мм, а корни растений удалялись. Объёмная масса на всех вариантах варьировала в пределах 1,0–1,1 г/см³. Повторность опытов трехкратная.

Результаты и их обсуждение. Исследования проводились на площадках, подготовленных под черный пар. Этот агрофон выбран потому, что при оценке различных почвозащитных факторов, обуславливающих уменьшение эрозии, данные, полученные на почвах, находящихся в состоянии черного пара, зачастую используются в качестве эталона.

Для изучения закономерностей безнапорного просачивания дождевой воды в почву была проведена серия экспериментов показавшая, что продолжительность безнапорного впитывания существенно зависит как от интенсивности дождя, так и от скорости падения дождевых капель. При постоянной скорости падения капель последовательное уменьшение интенсивности дождя приводит к закономерному увеличению продолжительности безнапорной инфильтрации (рис. 1).

И при определённой минимальной интенсивности дождя (предельно допустимой), безнапорное впитывание стремится к бесконечности. Таким образом, если дождевание проводить с интенсивностью меньше, чем предельно допустимая интенсивность впитывания, то такие осадки полностью поглощаются почвой при любом уровне её увлажнения. Это возможно только в том случае, когда величина предельно допустимой интенсивности впитывания численно равна коэффициенту установившегося впитывания. При отсутствии разрушения чернозема типичные способны фильтровать воду со скоростью до 2 мм/мин.

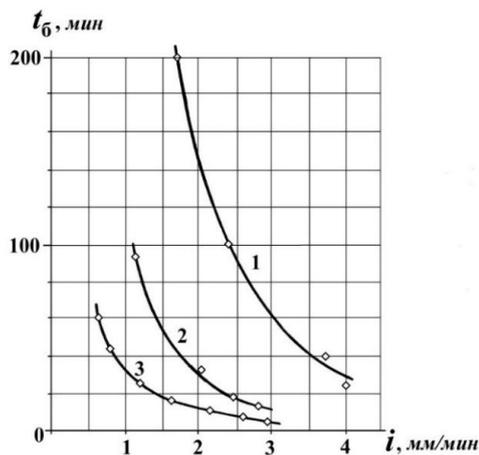


Рис.1. Изменение продолжительности безнапорного впитывания (t_0) в зависимости от интенсивности дождя (i) и скорости падения капель (V_k):
1 – 100 см/сек.; 2 – 230 см/сек.; 3 – 570 см/сек.

Исследования показали, что предельно допустимая интенсивность впитывания закономерно уменьшается с увеличением скорости падения капель. Так, при увеличении скорости падения капель со 100 до 570 см/сек., допустимая интенсивность впитывания уменьшалась с 1,65 до 0,60 мм/мин. Это свидетельствует о существенном влиянии скорости падения дождевых капель на процессы безнапорного впитывания.

Во второй серии экспериментов исследовалось напорное впитывание. Для формирования поверхностного стока площадкам придавался уклон в 3° . Дождевание проводилось с интенсивностью 1,5–2,0 мм/мин. на высотах 45 и 150 см от поверхности почвы. При этих высотах скорость падения капель соответственно равнялась 280 и 450 см/сек. В этих экспериментах изучалось совместное влияние водного потока и ударного действия капель на процессы впитывания.

Установлено, что при увеличении скорости падения капель с 280 до 450 см/сек. коэффициент установившегося впитывания уменьшается с 1,23 до 0,5–0,6 мм/мин. (рис. 2).

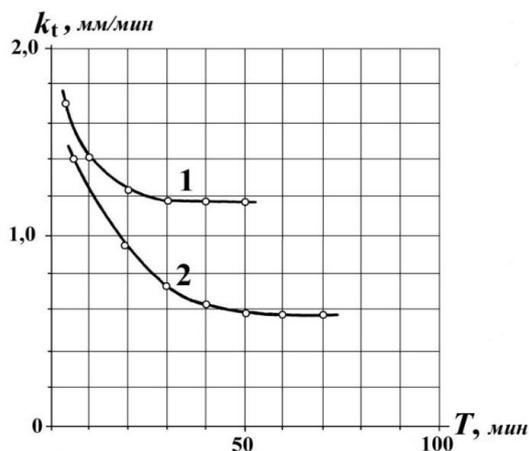


Рис. 2. Изменение интенсивности напорного впитывания (k_t) в зависимости от скорости падения капель (V_k):
1 – 280 см/сек.; 2 – 450 см/сек.

Также установлено, что предельно допустимая интенсивность впитывания и коэффициент установившегося впитывания, характеризующие напорное впитывание, при одинаковых характеристиках дождя оказываются практически близкими между собой. Это обусловлено, по-видимому, тем, что в условиях, когда слой воды на поверхности почвы не превышает 0,5–1,0 см, он практически не способен гасить ударное действие дождевых капель. Кроме того, на коэффициент установившегося впитывания также оказывает влияние разрушение агрегатов, которое происходит в фазу безнапорного впитывания, то есть до затопления поверхности почвы водой. Всё это свидетельствует о существенном влиянии ударного разрушающего действия дождевых капель на процессы водопроницаемости. Расчёты показали, что увеличение удельной мощности осадков от 0 до 4303 г*см/сек. на 1 м² в три-четыре раза снижает водопроницаемость почвы.

Если дождевание проводить на высоте 45 см в течение 50 минут, то объём стока составляет 19,2 мм, а коэффициент стока – 0,22. Увеличение высоты дождевания до 150 см приводит к увеличению коэффициента стока до 0,56 и мутности водного потока с 3,5 до 13,5 г/л. Смываемость при этом увеличивается в 2,5 раза. Кроме того, при ливневой эрозии склоновые потоки малой глубины насыщаются твёрдыми наносами вне зависимости от скорости их течения.

Следовательно, способы, направленные на погашение кинетической энергии дождя, могут быть одним из эффективных средств борьбы с ливневой эрозией. Особенно важны такие мероприятия на почвах, находящихся в состоянии чёрного пара, являющегося одним из эрозионно опасных звеньев многих севооборотов.

Заключение. Исследования, проведенные, на черноземе типичном показали, что при определённой минимальной интенсивности дождя, безнапорное впитывание стремится к бесконечности. Следовательно, если интенсивность дождя будет меньше, чем предельно допустимая для данной почвы интенсивность впитывания, то такие осадки полностью поглощаются почвой при любом уровне её увлажнения.

Установлено, что при увеличении скорости падения капель со 100 до 570 см/сек., предельно допустимая интенсивность уменьшается с 1,65 до 0,60 мм/мин. Это свидетельствует о существенном влиянии скорости падения дождевых капель на процессы безнапорного впитывания.

В условиях напорного впитывания при увеличении скорости падения капель с 280 до 450 см/сек. коэффициент установившегося впитывания уменьшается с 1,23 до 0,5–0,6 мм/мин. При этом увеличение высоты дождевания до 150 см приводит к увеличению коэффициента стока до 0,56 и мутности водного потока с 3,5 до 13,5 г/л. Смываемость при этом увеличивается в 2,5 раза.

Список литературы

1. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. – 224 с.

2. Кузина, И. М. Современные тенденции развития и сдвиги в географии аграрного сектора мира / И. М. Кузина // Вопросы экономической и политической географии зарубежного мира. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – Вып. 16. – С. 45–64.

3. Полевой определитель почв России / под ред. К. Т. Остриковой. – М.: Изд-во Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2008. – 182 с.

4. USDA-NRCS. Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2nd edition Soil Survey Staff. Natural Resources Conservation Service. U. S. Department of Agriculture Handbook 436, 1999. – 886 p.

УДК 631.582:631.82:631.434

ДЕЙСТВИЕ СЕВООБОРОТА И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА НЕКОТОРЫЕ АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Дудкина Т. А.

Курский ФАНЦ, г. Курск, Россия

Потребности населения нашей страны в получении продуктов питания постоянно растут, что требует совершенствования технологий возделывания сельскохозяйственных культур. В частности, необходимо продолжать совершенствование систем севооборотов и удобрений.

Важной задачей остаётся сохранение и повышение плодородия почвы. Плодородие почвы характеризуется многими показателями: биологическими, агрохимическими и агрофизическими. К агрофизическим показателям плодородия почвы относятся гранулометрический состав, минералогический состав, структура, порозность, плотность, общая пористость, воздухо- и влагоёмкость, водопроницаемость.

Целью наших исследований являлось в условиях стационарного полевого многофакторного опыта изучить влияние различных севооборотов и норм внесения минеральных удобрений на агрофизические показатели почвы и урожайность озимой пшеницы.

Опыт лаборатории севооборотов и защиты растений размещён в опытном хозяйстве ФГБНУ «Курский ФАНЦ» Медвенского района Курской области (с. Панино). Сельскохозяйственные культуры возделываются в трёх севооборотах: зернопаропропашном с чёрным паром, зернопаропропашном с сидеральным паром и плодосменном севооборотах.

Агротехника возделывания озимой пшеницы общепринятая в Центрально-Чернозёмной зоне. При посеве использовали семена сорта Синтетик Белгородской селекции (ФГБНУ «Белгородский ФАНЦ РАН»), относящегося к сортам мягких пшениц и отличающегося высокой устойчивостью к полеганию со средним сроком созревания.

Обработка экспериментальных данных проводилась методом математической статистики [1] при использовании программных средств Microsoft Office Excel, Statistika 6.0.

Почва опытного участка – чернозём типичный, тяжелосуглинистый, среднемошный с содержанием гумуса 4,8–5,0 %. Опыт заложен по полнофакторной схеме. Расположение вариантов систематическое, повторность трёхкратная.

Чередование сельскохозяйственных культур в изучавшихся севооборотах следующее:

- 1) зернопаропропашной – чёрный пар, озимая пшеница, сахарная свёкла, кукуруза на силос, ячмень;
- 2) зернопаропропашной с сидеральным паром – сидеральный пар (горох), озимая пшеница, сахарная свёкла, кукуруза на силос, ячмень;
- 3) плодосменный – занятый пар (кормовые бобы), озимая пшеница, подсолнечник, соя, ячмень.

Вторым фактором в опыте являлись минеральные удобрения (контрольный вариант без удобрений и различные дозы внесения минеральных удобрений на один гектар севооборотной площади).

На исследуемых вариантах весной в фазу кущения озимой пшеницы в слое почвы 0–40 см отбирали образцы для определения макроагрегатного анализа методом качания сит на приборе Бакшеева [2].

Предварительно проводили фракционирование среднего образца в воздушно-сухом состоянии с использованием набора сит диаметром: 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5, 0,25 мм. После фракционирования составлялась навеска 25 г для определения водопрочности агрегатов. Исследования проводили в четырёхкратной повторности. Определялось общее количество водопрочных агрегатов (более 0,25 мм) и количество агрономически ценных водопрочных агрегатов (1–3 мм).

Считается, что при наличии в почве более 70 % водопрочных агрегатов – структура почвы отличная, 55–70 % – хорошая. Согласно этой градации, на всех представленных вариантах опыта структура почвы отличная и лишь в одном варианте – хорошая (рис. 1).

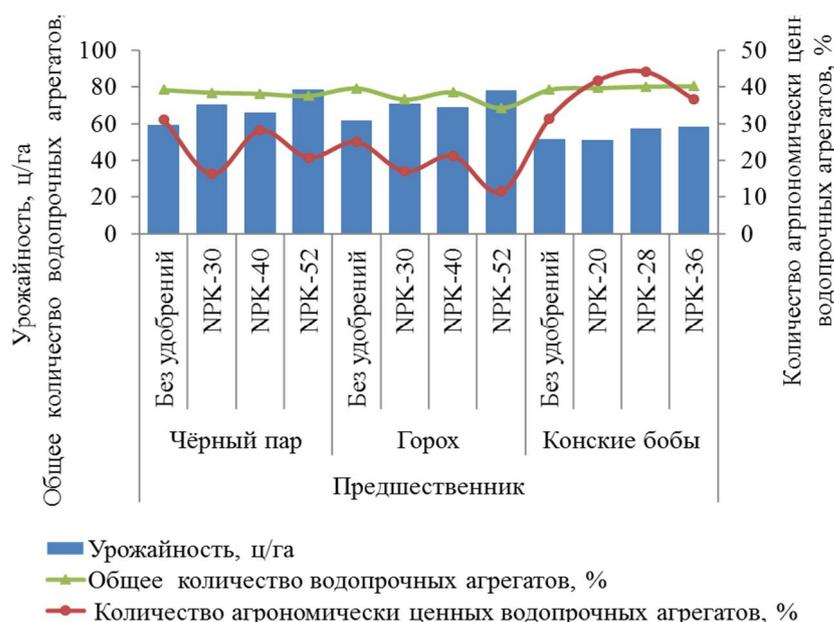


Рис 1. Изменение агрофизических свойств почвы в слое 0–40 см и урожайности озимой пшеницы под действием севооборота и минеральных удобрений, 2020 г.

Установлено, что в подпахотном горизонте (20–40 см) по сравнению с пахотным (0–20 см), как правило, оба рассматриваемых агрофизических показателя были выше. Это связано с интенсивным механическим воздействием на почву слоя 0–20 см в результате проходов техники и действия орудий, используемых для механической обработки почвы.

Схема опыта позволяла сравнивать все три севооборота по рассматриваемым показателям только на неудобренном фоне. Общее количество водопрочных агрегатов наибольшим было в зернопропашном севообороте с сидеральным паром. По сравнению с зернопаропропашным с чёрным паром и плодосменном севооборотах разница составила 0,9 %. Агрономически ценных агрегатов больше было в плодосменном севообороте на 0,2–6,4 % по сравнению с другими севооборотами.

На удобренных фонах, как правило, показатели водопрочности были выше в севообороте с чёрным паром по сравнению с севооборотом с сидеральным.

На удобренных фонах по сравнению с контролем (без удобрений) в слое почвы 0–40 см общее количество водопрочных агрегатов и количество агрономически ценных водопрочных агрегатов в севооборотах зернопаропропашных с чёрным и сидеральным парами снижалось, а в плодосменном севообороте наоборот, мы наблюдаем увеличение этих показателей.

В опыте применение минеральных удобрений положительно влияло на показатели водопрочности почвы в слое 0–40 см в плодосменном севообороте. В зернопропашном севообороте данная закономерность не нашла подтверждения.

В целом из всех вариантов опыта наибольшим содержанием агрономически ценных водопрочных агрегатов выделялся вариант со следующим сочетанием факторов: в пахотном горизонте – плодосменный севооборот, НРК-20, в подпахотном горизонте – плодосменный севооборот, НРК-28.

В 2020 г. сложившиеся погодные условия благоприятствовали получению высокого урожая озимой пшеницы. На вариантах опыта урожайность этой культуры колебалась от 50,9 до 78,6 ц/га. В среднем по фонам урожайности более высокая урожайность озимой пшеницы была в зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром – 70,0 ц/га, несколько ниже – в зернопаропропашном севообороте с чёрным паром – 68,6 ц/га. Высокий эффект сидерального пара как предшественника озимой пшеницы был установлен и другими исследователями [3–6].

Самый низкий уровень урожайности этой культуры был зафиксирован в плодосменном севообороте, где предшественником озимой пшеницы был занятый пар (кормовые бобы).

Преимущество севооборота с сидеральным паром перед севооборотом с чёрным паром по урожайности озимой пшеницы было установлено на всех фонах урожайности кроме самого высокого – НРК-52, где в звене с чёрным паром урожайность озимой пшеницы была наибольшей и самой высокой по опыту.

Во всех севооборотах максимальный урожай был получен на самом высоком фоне внесения минеральных удобрений.

Полученный корреляционный анализ между агрофизическими показателями почвы и урожайностью озимой пшеницы показал, что общее количество водопрочных агрегатов и количество агрономически ценных водопрочных агрегатов не являлись факторами, определяющими уровень урожайности озимой пшеницы. Видимо, решающее значение для получения высокого урожая этой культуры в период проведения исследований имели другие факторы.

Список литературы

1. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
2. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина – М.: Высшая школа, 1961. – 345 с.
3. Влияние предшественников на урожайность и качество зерна посевов озимой пшеницы / Н. В. Долгополова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 5. – С. 49–52.
4. Сидеральные пары – важный источник воспроизводства плодородия почвы / Н. И. Картамышев [и др.] // Плодородие. – 2007. – № 2 (35). – С. 27–30.
5. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от вида севооборота, способа основной обработки почвы и удобрений / В. В. Никитин, В. Д. Соловиченко, Е. В. Навольнева // Инновационные направления в химизации земледелия и сельского производства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 2019. – С. 224–232.
6. Митрохина, О. А. Влияние физико-химических свойств и микроэлементного состава чернозема типичного на урожайность и качество зерна озимой пшеницы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / О. А. Митрохина. – Курск, 2009. – 24 с.

УДК 631.4

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ДЕРНОВО-ПАЛЕВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЛЕГКОСУГЛИНИСТЫХ ПОЧВ

Дыдышко¹ С. В., Азаренок¹ Т. Н., Шульгина² С. В.

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

²Национальная академия наук, ВАК, г. Минск, Беларусь

Исследования по изучению гранулометрического состава являются актуальными и относятся к числу наиболее важных, так как эта почвенная характеристика оказывает влияние на свойства и питательный режим, характер, направленность и скорость почвообразовательных процессов, формирование почвенного плодородия. Особенный интерес представляет фракция физической глины, содержащая илистую фракцию, отвечающую за содержание и качество органического вещества, емкость поглощения, состав

поглощенных оснований, плодородие почв и их агроэкологический потенциал для эффективного возделывания сельскохозяйственных культур.

Гранулометрический состав, а именно его наиболее ценная составляющая – фракция физической глины – тесно связан с другими элементами почвенной системы, в частности, с гумусом почвы.

Анализ публикаций, связанных с изучением взаимосвязей гранулометрического состава и гумусности почв показал, что в большинстве случаев обнаруживаются корреляционные зависимости между содержанием физической глины и содержанием гумуса ($r = 0,55$ на контрольных вариантах дерново-подзолистых легкосуглинистых почв, Н. И. Смеян, Г. С. Цытрон) и урожайностью сельскохозяйственных культур (зерновых и кормовых) ($r = 0,42–0,99$ на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава, Н. И. Смеян, Г. С. Цытрон, А. К. Магил, С. Г. Муралев); между содержанием гумуса и урожайностью зерновых культур ($r = 0,50–0,93$ на дерново-подзолистых почвах, Н. И. Смеян, А. К. Магил, Б. П. Ахтырцев, Н. Ф. Ганжара, С. Г. Муралев). Вовлечение почв в длительное сельскохозяйственное использование вызывает изменение гранулометрического состава (содержания и соотношения фракций физической глины). Так, несмотря на то, что содержание физической глины в любом подтипе почв находится на одном уровне, распределения ила и пыли в них значительно различаются, существенно изменяя ее качественный состав, количество и качественный состав гумуса и, следовательно, уровень потенциального плодородия почв.

Поэтому необходимым и важным представляется разработка таких критериев и показателей, которые позволили бы наиболее информативно охарактеризовать пространственно-временные изменения состава и свойств почв, обнаружить которые и оценить направленность их эволюции возможно при условии наличия «нулевой точки отсчета», а именно, естественных эталонных почв. В качестве таких критериев могут выступать показатели гумус-гранулометрических отношений.

Объекты и методы исследования. В качестве объектов исследований выбраны естественные (почвы под лесом), принятые в качестве «нулевой точки отсчета» и пахотные дерново-палево-подзолистые почвы, сформировавшиеся мощных лессовидных легких суглинках, занимающих 14 % пахотных земель республики и являющихся одними из самых плодородных (балл бонитета 72,3).

Лабораторные исследования по определению гранулометрического состава проведены методом «пипетки» по Н. А. Качинскому (ГОСТ 12536-2014) [23].

Для выявления показателей гумус-гранулометрических отношений и взаимосвязей выполнены расчеты следующих показателей по методике В. С. Крыщенко:

- у – содержание физического песка в почве, %;
- z – содержание физической глины в почве, %;
- а_ф – содержание илистой фракции, %;

b_{ϕ} – содержание пылеватых фракций физической глины, %;
 $a_{dt} = 0,01 \times z^2$ – базовое детерминантное расчетное содержание ила в почве как статистически наиболее вероятная величина для данного значения z , %;
 $b_{dt} = z - a_{dt} = 0,01 \times y \times z$ – базовое расчетное содержание пылеватых фракций физической глины почвы, %;
 $K_a = a_{\phi} / a_{dt}$ – константа динамического равновесия при $a_{\phi} > b_{\phi}$;
 $K_b = b_{\phi} / a_{dt}$ – константа динамического равновесия при $b_{\phi} > a_{\phi}$;
 K_a и K_b могут принимать значения $> 1,0$ (физическая глина насыщена илом (пылью)), $< 1,0$ (физическая глина не насыщена илом (пылью)) и равные $1,0$ при $a_{\phi} = a_{dt}$;
 $V_a = 100 \times a_{\phi} / z$ – степень насыщенности физической глины илом при $a_{\phi} > b_{\phi}$, %;
 $V_b = 100 \times b_{\phi} / z$ – степень насыщенности физической глины пылью при $a_{\phi} < b_{\phi}$, %;
 y_{Γ} – содержание гумуса в почве, %;
 $x_p = y_{\Gamma} \times K$ – расчетное содержание гумуса в физической глине при $K > 1,0$, %;
 $x_p = y_{\Gamma} / K$ – расчетное содержание гумуса в физической глине при $K < 1,0$, %;
 $W = 100 \times x_p / z$ – степень насыщенности физической глины гумусом, %.

При исследовании гумус-гранулометрических отношений показатели условно разделяются на два блока: первый характеризует гранулометрические фракции почвенных образцов – содержание физической глины (z), фактическое содержание ила (a_{ϕ}) и пыли (b_{ϕ}), базовые (эталонные) значения ила (a_{dt}), степень насыщенности физической глины илом (V_a) или пылью (V_b) по преобладающей фракции, а также константы динамического равновесия (K_a , K_b); второй – их гумусированность: содержание гумуса в почве (y_{Γ}) и в физической глине (x_p).

Результаты исследований. Проведенными исследованиями установлено, что распределение ила и пыли в физической глине исследуемых почв различается, несмотря на то, что показатели содержания фракции физической глины находятся на одном уровне. Так, дерново-палево-подзолистые почвы под лесом имеют пылеватую физическую глину – фактическое содержание пыли (b_{ϕ}) в горизонте $A_1(A_2)$ превышает фактическое содержание ила (a_{ϕ}): 12,6 % против 9,0 %, которая насыщенной пылью – фактическое содержание пыли (b_{ϕ}) больше базового содержания ила (a_{dt}): 12,6 % против 4,64 %. Степень насыщенности физической глины пылью (V_b) составляет 58,37 % (средняя степень насыщенности), а илом (V_a) – 41,63 % (табл.).

Окультуренные почвы относятся к почвам с пылеватой физической глиной – в горизонте A_n $b_{\phi} > a_{\phi}$: 14,0 % против 8,2 %, которая также насыщена пылью – $b_{\phi} > a_{dt}$: 14,0 % против 4,96 %. Степень насыщенности физической глины пылью (V_b) составляет 63,43 % (средняя степень), а илом (V_a) – 36,57 %.

Показатели фактического (a_{ϕ} и b_{ϕ}) и базового (a_{dt} и b_{dt}) содержания ила и пыли, степени насыщенности физической глины пылью/илом (V_a/V_b) изменяются с увеличением глубины почвенного профиля. В горизонтах $A_1(A_2)$ и A_2 естественных почв наблюдается превышение b_{ϕ} по сравнению с a_{ϕ} и a_{dt} , поэтому физическая глина насыщена пылью. Так, показатели V_b возрастают от 58,37 % в горизонте $A_1(A_2)$ до 59,24 % в горизонте A_2 , а пока-

затели V_a снижаются в этом же направлении с 41,63 % до 40,76 %. И, наоборот, в иллювиальном, иллювиальном текстурном и переходном к почвообразующей породе горизонтах наблюдается превышение a_{ϕ} по сравнению с b_{ϕ} и a_{dt} , поэтому физическая глина на глубине 30–105 см насыщена илом. Показатели V_a снижаются с 68,22 % в горизонте B_{2t} до 55,87 % в B_3C , а показатели V_b возрастают в этом же направлении с 31,78 % до 44,13 %.

Таблица

Среднестатистические гумус-гранулометрические показатели и взаимосвязи в дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почвах

Горизонт, глубина отбора образца, см	Фактическое содержание фракций, %			Базовое содержание фракций, %		Насыщенность илом, %	Насыщенность пылью, %
	<0,01 мм	<0,001 мм	0,001–0,01 мм	<0,001 мм	0,001–0,01 мм		
	z	a_{ϕ}	b_{ϕ}	a_{dt}	b_{dt}		
Почвы под лесом (n = 19)							
$A_1(A_2)$, 2–20	21,5±1,4	9,0±2,8	12,6±2,8	4,64±0,62	16,86±0,83	41,63±12,48	58,37±12,48*
A_2 , 20–30	19,5±1,6	7,8±2,2	11,7±3,5	3,80±0,61	15,70±0,96	40,76±14,15	59,24±14,15
B_1 , 30–50	24,2±2,3	16,4±4,6	7,8±3,4	5,90±1,15	18,30±1,11	67,07±16,08	32,93±16,08
B_{2t} , 60–80	25,4±3,2	17,4±3,1	8,0±1,6	6,55±1,63	18,85±1,58	68,22±6,38	31,78±6,38
B_3C , 85–105	23,5±4,3	13,0±2,4	10,5±3,1	5,69±2,22	17,81±2,14	55,87±7,75	44,13±7,75
Окультуренные почвы (n = 62)							
A_n , 5–25	22,2±1,7	8,2±2,5	14,0±2,3	4,96±0,76	17,24±0,96	36,57±10,32	63,43±10,31*
A_2 , 30–40	20,3±2,3	7,6±1,6	12,7±2,2	4,19±0,93	16,15±1,39	37,23±6,64	62,27±7,56
A_2B_1 , 45–55	22,4±2,3	10,9±3,5	11,5±2,3	5,08±1,06	17,34±1,26	48,02±12,11	51,98±12,11
B_{2t} , 60–85	25,4±3,2	16,2±3,8	9,1±2,1	6,56±1,63	18,85±1,63	63,22±9,94	36,87±9,87
B_3C , 95–110	23,0±4,7	13,7±3,6	9,3±2,5	5,51±2,40	17,50±2,31	59,52±9,52	40,60±9,34

Продолжение таблицы

Горизонт, глубина отбора образца, см	Константы динамического равновесия $K_{a,b}$	Гумус		Насыщенность физической глины гумусом, %
		в почве, %	в физической глине, %	
		U_{Γ}	X_p	
Почвы под лесом				
$A_1(A_2)$, 2–20	2,94±0,43	3,02±1,32	8,77±4,01	40,48±18,01
A_2 , 20–30	3,31±0,42	0,65±0,23	2,19±0,88	11,31±4,71
B_1 , 30–50	2,95±0,41	0,35±0,07	1,04±0,25	4,38±1,19
B_{2t} , 60–80	2,72±0,38	0,30±0,10	0,81±0,28	3,27±1,28
B_3C , 85–105	2,51±0,60	0,25±0,06	0,62±0,21	2,78±1,11
Окультуренные почвы				
A_n , 5–25	2,92±0,56	2,37±0,70	6,89±2,32	31,67±12,58
A_2 , 30–40	3,11±0,50	0,71±0,44	2,06±1,16	10,28±5,86
A_2B_1 , 45–55	2,72±0,41	0,37±0,13	1,01±0,43	4,56±2,02
B_{2t} , 60–85	2,61±0,32	0,37±0,16	0,98±0,46	4,02±2,39
B_3C , 95–110	2,81±0,65	0,23±0,09	0,66±0,30	3,14±1,80

*Примечание. 50,0–54,9 % – слабая степень насыщенности физической глины илом или пылью в зависимости от преобладающей фракции; 55,0–64,9 % – средняя; 65,0–74,9 % – сильная; > 75,0 % – очень сильная степень насыщенности

В пахотном, элювиальном и элювиально-иллювиальном горизонтах окультуренных почв наблюдается превышение $b_{\text{ф}}$ по сравнению с $a_{\text{ф}}$ и a_{dt} , поэтому физическая глина насыщена пылью. Так, показатели $V_{\text{б}}$ снижаются с максимального значения 63,43 % в горизонте $A_{\text{п}}$ до 51,98 % в горизонте A_2B_1 , а показатели $V_{\text{а}}$ возрастают в этом же направлении с 36,57 до 48,02 %. И наоборот, в иллювиальном текстурном и переходном горизонтах наблюдается превышение $a_{\text{ф}}$ по сравнению с $b_{\text{ф}}$ и a_{dt} , поэтому физическая глина насыщена илом. Показатели $V_{\text{а}}$ снижаются с 63,22 % в горизонте $B_{2\text{т}}$ до 59,52 % в B_3C , а показатели $V_{\text{б}}$ возрастают в этом же направлении с 36,87 % до 40,60 %.

Содержание гумуса в физической глине значительно превышает его содержание в почве, поскольку для исследуемых почв константы динамического равновесия ($K_{\text{а,б}}$) $> 1,0$, что свидетельствует об избытке ила/пыли в физической глине (в зависимости от преобладающей фракции) относительно a_{dt} . Термин «константа» введен в связи с тем, что данный показатель состояния почвы всегда зависит от базового значения ила, которое для каждого содержания физической глины является величиной постоянной. Константы динамического равновесия сводятся к тому, чтобы привести к единому масштабу показатели содержания гумуса в почве, и сопоставить друг с другом, так как они приводятся к общему знаменателю, т.е. константа выполняет функцию универсального коэффициента пропорциональности между гранулометрическим составом, гумусностью почв и ее физической глиной.

Как видно из таблицы, в естественных почвах под лесом в горизонте $A_1(A_2)$ содержание гумуса в почве составляет 3,02 %, а в физической глине – 8,77 % (т.е. в 2,94 раза больше). В горизонте A_2 на глубине 20–30 см константа достигает наибольшего значения 3,31, а содержание гумуса в почве и в физической глине – 0,65 и 2,19 % соответственно. Далее вниз по профилю константы динамического равновесия (K), содержание гумуса в почве ($y_{\text{г}}$) и в физической глине ($x_{\text{г}}$) снижаются, достигая наименьших значений в горизонте B_3C – 2,51, 0,25 % и 0,62 % соответственно.

В пахотном горизонте окультуренных почв содержание гумуса в физической глине в 2,92 раза превышает его содержание в почве – 6,89 против 2,37 % соответственно. Содержание большего количества гумуса в естественной почве по сравнению с окультуренными аналогами для легкосуглинистых почв подтверждаются и исследованиями Н. И. Туренкова. В элювиальном горизонте A_2 константа достигает максимального значения – 3,11, а содержание гумуса в физической глине – 2,06 против 0,71 % в почве. С увеличением глубины константа снижается до 2,61 в горизонте $B_{2\text{т}}$ и несколько возрастает в горизонте B_3C до 2,81, показатели содержания гумуса в почве и в физической глине снижаются, достигая наименьших значений в горизонте B_3C – 0,23 % и 0,66 % соответственно. Эти параметры гумусового состояния «очищены» теперь от индивидуальных переменных величин и абсолютно сопоставимы друг с другом, так как приведены к общему знаменателю.

Важное теоретическое и практическое значение имеет степень насыщенности физической глины гумусом (W). Этот показатель совокупно выражает общий принцип связи гранулометрического состава и гумусности почв, учитывая все многообразие отношений гранулометрических фракций во взаимосвязи с гумусностью физической глины (x_p) и содержанием гумуса почвы (y_r). Значения W являются довольно объективными параметрами для оценки почвенного плодородия. Согласно полученным данным, насыщенность физической глины гумусом снижается в почвах под лесом с 40,48 % в гумусовом (элювиальном) горизонте $A_1(A_2)$ до 2,78 % в переходном горизонте B_3C . В окультуренных почвах показатель снижается с 31,67 % в пахотном горизонте A_{II} до 3,14 % в переходном горизонте B_3C . Причем эти показатели в горизонтах $A_1(A_2)$ и A_2 лесных почв выше (40,48 и 11,31 %) по сравнению с горизонтами A_{II} и A_2 окультуренных почв (31,67 и 10,28 %), а в горизонтах B_1 , B_{2t} и B_3C ниже (4,38, 3,27 и 2,785) по сравнению с горизонтами A_2B_1 , B_{2t} и B_3C окультуренных почв (4,56, 4,02 и 3,145), т.е. показатели содержания гумуса в почве (y_r), в физической глине (x_p) и насыщенность физической глины гумусом (W) имеют тенденцию к снижению вниз по профилю в исследуемых почвах.

Таким образом, исследование гумус-гранулометрических отношений является новым подходом к интерпретации гранулометрического состава почв. Результаты исследования позволили установить, что в гумусово-элювиальных горизонтах $A_1(A_2)$ лесных почв и в пахотных горизонтах A_{II} окультуренных аналогов физическая глина по преобладающей фракции пылеватая (фактическое содержание пыли превышает фактическое содержание ила) и характеризуется средней степенью насыщенности пылью (фактическое содержание пыли превышает базовое содержание ила), причем в пахотных почвах содержание пыли возрастает, а ила снижается по сравнению с лесными. Показатели содержания гумуса в почве, в физической глине и насыщенности физической глины гумусом в аналогичных горизонтах лесных выше по сравнению с пахотными аналогами. Это связано как с разным содержанием в почвах физического песка и физической глины, так и с разным соотношением ила и пыли в самой физической глине, что предопределяет варьирование гумусности почв.

ПРИМЕНЕНИЕ КОНТУРНО-МЕЛИОРАТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Зарудная Т. Я.

Курский ФАНЦ, г. Курск, Россия

В Курской области широко распространена водная эрозия почв, это связано с рельефом территории, расчлененной густой речной и балочной сетью. В области насчитывается 900 рек общей протяженностью 7800 км. Под балками занята площадь около 300 тыс. га, под оврагами – 12 тыс. га. Площадь земель крутизной более 1 градуса (уклон, при котором начинается заметная эрозия) составляет 57 % всех сельскохозяйственных угодий [1, 2].

В последние годы в Курской обл. внедряется почвозащитная система земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории, которая должна решить задачи получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, защиты почв от водной эрозии, охраны рек, ручьев, прудов и других водоемов от загрязнения биогенными веществами [3, 4].

Один из важнейших элементов почвозащитной системы земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории – стокорегулирующие лесные полосы. Они создают каркас, на который как бы нанизываются другие элементы: земляные гидротехнические сооружения, направления обработки почвы и движения сельскохозяйственной техники при уходе за культурами, их уборке, внесении удобрений.

Лесные полосы создают на склонах по контуру с таким расчетом, чтобы при минимальном отчуждении пашни был обеспечен необходимый полезный и противоэрозионный эффект: равномерное распределение снежного покрова, снижение скорости ветра, уменьшение стока воды и смыва почвы,

Для повышения водопоглотительной способности стокорегулирующих лесных полос было предложено усиливать их земляными гидротехническими устройствами. В нижнем междурядье создают прерывистые канавы с валом на опушке. Благодаря этому гидрологическое и противоэрозионное влияние лесных полос возрастает в 3–4 раза.

Валы-канавы задерживают большую часть стока талых и дождевых вод. Ниже полос смыв почвы практически прекращен [5, 6, 7].

В системе контурно-мелиоративного земледелия важное место отводится противоэрозионным гидротехническим сооружениям типа валов-террас исследования показали, что валы-террасы-долговременные гидротехнические противоэрозионные сооружения, которые существенно влияют на накопление снежного покрова, максимальное задержание на склонах поверхностного стока талых и ливневых вод, прекращение смыва и размыва почв, увеличение их влагообеспеченности, повышение урожайности сельскохозяйственных культур.

По данным ученых на темно-серых лесных почвах с валами-террасами урожайность повышалась на – 6–9 ц/га, на черноземах наибольшее повышение было в засушливые годы. На террасированных склонах твердый сток практически отсутствует, а с жидким стоком выносятся лишь 0,2–0,8 кг азота и 0,1–0,2 кг фосфора с 1 га. В опытном хозяйстве ФГБНУ «Курский аграрный центр» заложен стационарный опыт по почвозащитной системе земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории.

Опытный участок 275 га состоит из пяти ложинно-балочных водосборов размером 40–90 га. Почвы-черноземы типичные и выщелоченные среднеспособные тяжелосуглинистые. Длина склонов колеблется от 300 до 800 м, крутизна – от 0 до 7 градусов. На склонах круче одного градуса (уклон, при котором начинается заметный смыв и размыв почвы) размещено 79–87 % пашни. Эродированной пашни достигает 28 %. До начала противоэрозионных мероприятий на опытном участке наблюдались процессы водной эрозии. Талый сток 10 %-й обеспеченности с зяби составлял 730–780 м³/га. Средний смыв почвы был равен 8–17 т/га.

На опытном участке проведен комплекс лесомелиоративных и гидротехнических противоэрозионных мероприятий. Задержание весеннего стока на рисунках 1 и 2.



Рис. 1. Работа лесной полосы с валом-канавой



Рис. 2. Задержание весеннего стока на валах-террасах

Лесные полосы и гидротехнические сооружения во всех вариантах размещают контурно-параллельно. Остаточный сток талых и дождевых вод, который не может быть задержан лесными полосами и гидросооружениями на водосборах, по залуженным водотокам шириной 10–16 м сбрасывается на дно балок.

Проводятся исследования почвоводоохранной роли лесогидромелиоративных мероприятий, влияния лесных полос с валами-канавами через 216 м и лесных полос, усиленных валами-террасами через 54 м в межполосном пространстве на снегораспределение, сток и смыв почвы, вынос биогенных веществ.

Получены следующие результаты: высота снежного покрова увеличилась в среднем на 20,9–25,7 % по сравнению с контролем, сток талых вод снижен на 56,5–63,8 %, смыв почвы доведен до допустимых пределов. Вынос биогенных веществ снижен на 39–42 %, что способствовало поступлению в пруды более чистой воды и улучшению охраны земельных угодий; комплекс гидромелиоративных мероприятий, обеспечивая впитывание в почву и грунты большого количества воды, способствует подъему грунтовых вод; оценка этого комплекса показала, что затраты на капвложения окупаются за – 2–4 года в зависимости от возделываемых культур.

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют о целесообразности внедрения агроландшафтной системы земледелия агролесомелиоративных комплексов, которые способствуют регулированию почвенно-гидрологических процессов, снижают экологическую напряженность в создаваемых агроландшафтах.

Список литературы

1. Каштанов, А. Н. Методика разработки систем земледелия на ландшафтной основе / А. Н. Каштанов [и др.] – Курск: КГСХА, 1996. – 132 с.
2. Система земледелия Курской области. – Курск: Курская правда. – 1982. – 204 с.
3. Черкасов, Г. Н. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области / Г. Н. Черкасов [и др.]. – Курск: ТОП+, 2017. – 188 с.
4. Кочетов, И. С. Агролесомелиоративное адаптивно-ландшафтное обустройство водосборов / И. С. Кочетов [и др.]. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. – 84 с.
5. Роль лесогидромелиоративного комплекса в снижении эрозионно-гидрологических процессов и повышении продуктивности пашни / И. В. Подлесных, Т. Я. Зарудная // Агроэкология, мелиорация и защитное лесоразведение: материалы международной научно-практической конференции, Волгоград, 18–20 октября 2018. – С. 414–417.
6. Контурная организация территории как пример адаптивно-ландшафтной системы земледелия / И. В. Подлесных, Т. Я. Зарудная // Современные тенденции развития аграрного комплекса: материалы международной научно-практической конференции. – Соленое Займище: ФГБНУ ПНИИАЗ, 2016. – С. 371–376.
7. Научное обоснование инновационного проекта агролесомелиоративного адаптивно-ландшафтного обустройства балочных водосборов / А. Т. Барабанов, А. В. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. Сельскохозяйственные науки. – 2017. – № 2 (46). – С. 1–7.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ ПРИАРАЛЬЯ

Исмонов А. Ж., Каландаров Н. Н., Мамажанова У. Х., Каттаева Г. Н.

НИИ почвоведения и агрохимии, г. Ташкент, Узбекистан

Жизнь производит почву. Почва производит новую жизнь. Жизнь и почва были партнерами до тех пор, пока современные методы земледелия не поменяли правила игры [1]. Под влиянием антропогенных факторов древние и старые поверхности дельты давно вышли из-под влияния паводковых затоплений и на определенном этапе своего развития – еще до их ирригационного освоения – прошли стадии обсыхания и опустынивания. Молодые поверхности дельты, лишь в 1960-е годы, вышедшие из-под влияния паводковых затоплений, сейчас подвергаются интенсивному опустыниванию. Обсыхание и опустынивание охватило и обсохшее дно Аральского моря [2]. Территория Республики Каракалпакстан охватывает древние, старые и частично относительно молодые поверхности дельты Амударьи, а также частично Кызылкумы, плато Устюрт и акваторию Аральского моря.

В условиях большого разнообразия природно-геоморфологических условий сформировались как типично пустынные автоморфные почвы, так и азональные гидроморфные. Среди них – серо-бурые, пустынные песчаные и такырные почвы и такыры, остаточно-гидроморфные луговые и болотно-луговые почвы, а также континентальные и приморские солончаки [3].

Земли, используемые в поливном земледелии, в результате проведения ирригационно-мелиоративных работ и длительного орошения выравниваются под оптимальные уклоны, удобные для проведения вегетационных и промывных поливов. Литологический профиль почвообразующих пород сформирован аллювиальными наносами Амударьи и имеет очень слоистое сложение. Вся аллювиальная толща характеризуется частой и резкой сменой механического состава, как в разрезе, так и в пространстве.

Гидрогеологические и мелиоративные условия региона неблагоприятные, что обусловлено крайне затрудненным общим подземным водным стоком. Этому способствуют слабые уклоны дельты, состав почвообразующих пород, отличающийся высокой пылеватостью, и строение почвогрунтовой толщи, характеризующейся отсутствием сплошных дренирующих слоев. Поэтому глубина залегания и режим уровня грунтовых вод здесь определяются соотношениями их прихода и расхода.

Уровень залегания грунтовых вод в различных частях дельты Амударьи различен и зависит от степени освоенности, обводненности и дренированности территории. На орошаемых массивах и расположенных среди них целинно-залежных земель он колеблется в пределах 1–2,5 м. Наиболее высокое их стояние приходится на периоды проведения промывных и ве-

гетационных поливов. На периферии оазисов в Чимбайском, Бозатауском, Кунградском, Тахтакупырском, Шуманайском и Караузьякском районах грунтовые воды залегают на глубине от 2,5–4 м.

Почти застойный характер грунтовых вод, когда расход их идет в основном на испарение и транспирацию растительностью, определяет пестроту их по степени минерализации, которая колеблется от слабосоленоватых до рассолов (на целине).

По климатическим условиям Каракалпакия располагается в северной части субтропической и в южной части суббореальной подзоне пустынной зоны. В целом климат благоприятен для выращивания районированных видов и сортов сельскохозяйственных культур в условиях орошения.

Почвы, используемые в орошаемом земледелии, располагаются в пределах аллювиально-дельтовых равнин. В результате генетических эволюционных преобразований в поливной зоне Каракалпакстана сформировались следующие орошаемые почвы: лугово-такырные, такырно-луговые и луговые. Редко встречаются мелкими участками болотно-луговые.

Орошаемые лугово-такырные почвы формируются в условиях слабого грунтового увлажнения. Они распространены мелкими участками среди целинных земель, которые являются достаточно эффективным «сухим дренажем», удерживающим грунтовые воды под орошаемыми участками на глубине 3–5 м. Недавнее освоение этих почв и еще слабое воздействие на них культуры земледелия обусловили строение профиля, близкое к целинному их состоянию.

Пахотный горизонт мощностью 25–30 см по механическому составу средне- и легкосуглинистый. Ниже идет продолжение буровато-серого или темно-серого гумусового горизонта (до 40–45 см). Нижележащие горизонты представлены слоистым комплексом с различным чередованием слоев из глин, суглинков, супесей и песков. Здесь отмечается наличие остатков корневищ камыша и признаков недавнего гидроморфизма – ржавых и сизых пятен.

Содержание гумуса в пахотном горизонте около 1,0 %, азота 0,04–0,05 %. С глубиной содержание органического вещества уменьшается до 0,6–0,7 %. Карбонатность почв, несмотря на их слоистость по механическому составу, довольно равномерная – 7,0–8,0 %. Гипса в профиле этих почве мало (0,1–0,8 %), но иногда его количество возрастает в очень сильнозасоленных горизонтах (до 1,5–4,6 %). По всему профилю встречаются прожилки и кристаллики воднорастворимых солей. Почвы являются средне- и слабозасоленными [4].

Орошаемые такырно-луговые почвы располагаются на периферии оазисов в Кунградском, Чимбайском, Тахтакупырском и Конликольском районах на старых поверхностях дельты Амударьи, переживших в прошлом опустынивание. Грунтовые воды залегают на глубине 2,5–4 м и создают полугидроморфный режим увлажнения почвогрунтов. В связи с тем, что предшествующие такырные почвы в прошлом своем эволюционном развитии прошли гидроморфную стадию и в них еще сохранились оста-

точные признаки гидроморфизма, теперешний их эволюционный возврат в гидроморфную стадию происходит довольно быстро. В нижней части профиля активизируются окислительно-восстановительные процессы.

Почвы отличаются резкой слоистостью и неоднородностью профиля по механическому составу: от тяжелосуглинистых и глинистых до супесчаных (рис. 1). Пахотный горизонт мощностью 27–30 см преимущественно тяжело- и среднесуглинистый, реже легкосуглинистый и супесчаный. В почвах тяжелосуглинистого механического состава образуется уплотненный подпахотный горизонт мощностью 8–10 см. В почвах более легкого механического состава такой горизонт не образуется. В нижней части профиля имеются признаки бывшего и нарастающего гидроморфизма в виде ржаво-буроватых пятен. В пахотном горизонте тяжелосуглинистых почв содержится больше органического вещества (0,7–0,8 %), чем в легкосуглинисто-песчаных (0,3–0,4 %). В нижележащих горизонтах содержание гумуса уменьшается до 0,2–0,5 %. Азота в этих почвах от 0,03 до 0,07 %. Карбонатность профиля колеблется в пределах 6,6–8,0 % CO_2 карбонатов. В составе карбонатов преобладает карбонат кальция. Почвы засолены в слабой и средней степени [5] (рис. 2).



Рис. 1. Характеристика орошаемых почв по механическому составу, %

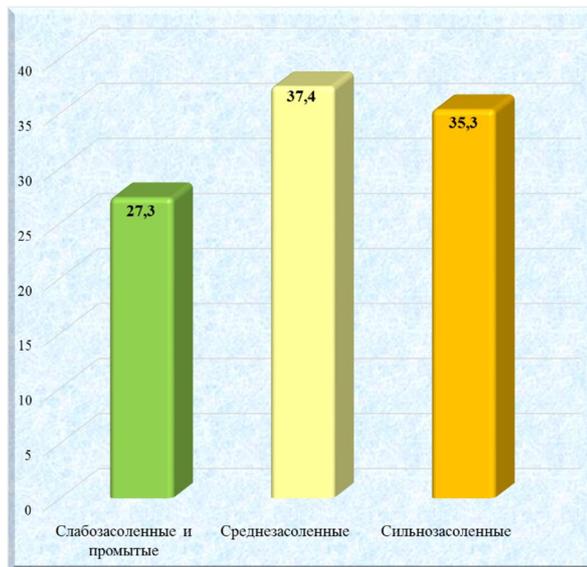


Рис. 2. Характеристика орошаемых почв по засолению, %

Орошаемые луговые аллювиальные почвы формируются как в подзоне суббореальных, так и в подзоне субтропических пустынь. Распространены они во всех районах Каракалпакии. Луговые почвы имеют давнее происхождение, но на части территории они образовались в последние десятилетия вследствие эволюционного преобразования такырных и такырно-луговых почв. Грунтовые воды залегают на глубине 1–2,5 м. Наиболее высокое их стояние отмечается в период проведения промывных и вегетационных поливов.

Близкое залегание минерализованных грунтовых вод создает предпосылки для развития вторичного засоления почв. При освоении и экс-

плуатации эти почвы должны быть в достаточной степени обеспечены хорошо работающей коллекторно-дренажной сетью.

Орошаемые луговые почвы являются наиболее распространенными почвами в орошаемом земельном фонде республики. В морфологическом профиле этих почв выделяется пахотный горизонт мощностью 28–32 см. По механическому составу он бывает разным – от тяжелых суглинков до супесей. Подпахотный горизонт образуется только в староорошаемых почвах, иногда в новоорошаемых тяжелого механического состава (рис. 1). Мощность этого горизонта 8–10 см. Отличается он более высокой плотностью и грубой комковатой структурой. Часто в староорошаемых почвах вскрывается агроирригационный горизонт, но он обычно небольшой мощности. Гумусово-аккумулятивный горизонт иногда совпадает с агроирригационным, но чаще опускается ниже него и достигает глубины 50–60 см. В новоорошаемых почвах мощность его ограничивается 40–45 см. Ниже этих горизонтов залегают аллювиальные отложения, слабо затронутые почвообразованием. Они имеют резкослоистый характер по механическому составу. В этой части профиля имеются признаки современного оглеения в виде ржавых и сизоватых пятен.

Содержание гумуса в пахотном горизонте варьирует от 0,5–0,8 до 1,1–1,5 %. С глубиной его содержание уменьшается до 0,2–0,5 %, но в погребенных горизонтах иногда достигает 1,5–2,1 %. Содержание валового азота в пахотном горизонте колеблется от 0,01 до 0,09 %. Соотношение углерода к азоту в слабозасоленных и промытых почвах находится в пределах 4–8, в сильнозасоленных достигает 11–15, что свидетельствует о слабой минерализации органического вещества. Содержание карбонатов по профилю варьирует от 6,3 до 8,3 %. В составе карбонатов преобладает карбонат кальция. Гипса в почве мало (0,1–0,5 %). Орошаемые луговые почвы аллювиальные почвы подвержены процессам засоления. Среди них встречаются, кроме незасоленных (промытых), слабо-, средне- и сильнозасоленные почвы.

Список литературы

1. Монтгомери, Д. Р. Почва. Эрозия цивилизаций / Д. Р. Монтгомери. – Анкара: ФАО, 2015. – С. 410.
2. Кузиев, Р. К. Почвы Узбекистана / Р. К. Кузиев, В. Е. Сектименко. – Ташкент: Extremum Press, 2009. – 351 с.
3. Кузиев, Р. К. Атлас почвенного пок рова Республики Узбекистан / Р. К. Кузиев, В. Е. Сектименко, А. Ж. Исмонов. – Ташкент, 2010. – 48 с.
4. Исмонов, А. Ж. Характеристика засоленных почв низовий р. Амударья: сб. науч. статей / А. Ж. Исмонов // Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию Прикаспийского НИИ аридного земледелия «Современные тенденции развития аграрного комплекса», 11–13 мая 2016 г. – Астрахань: ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия», 2016. – С. 344–348.
5. Рамазонов, Б. Р. Природные условия почвообразования и повышение продуктивности почв Приаралья (на примере Кунградского района). Фундаментальные и прикладные исследования: от теории к практике: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., приуроченной ко Дню Российской науки. 24 апреля 2018 / Б. Р. Рамазонов, А. Ж. Исмонов. – Воронеж, 2018. – Т. 4. – С. 235–240.

О ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СВОЙСТВ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА (НА ПРИМЕРЕ ПОЛЕВЫХ ОПЫТОВ)

Клебанович¹ Н. В., Киндеев¹ А. Л., Богатырева² Е. Н.

¹БГУ, г. Минск, Беларусь

²Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск, Беларусь

Почвенный покров является весьма гетерогенным образованием, отдельные параметры свойств почв могут меняться в пространстве и непрерывно, и дискретно. При моделировании почвенных свойств в неисследованном месте возможно прогнозирование с неизбежной погрешностью, что является предметной областью педометрики, которая призвана количественно измерить эту неопределенность, геостатистически обработать и оценить. Педометрика дополняет традиционные исследовательские подходы и особенно актуальна в точном земледелии. Педометрика развивается во всех развитых странах и регионах, например, для разработки сетей пробоотбора при оценке запасов гумуса [1], для разработки информационных моделей свойств песчаных почв [2] и других целей. В настоящее время актуальна идея об объединении математического и факторного почвенного картографирования [3], что позволяет использовать методы педометрики для оценки степени варьирования агрохимических показателей.

Подобные подходы могут оказаться полезными для выбора участков при проведении полевых опытов, и у фермеров при детальном картографировании почвенных свойств. Хороший информационный базис для геостатистических исследований дают данные полевых опытов, так как в них образцы отбираются на довольно строгом расстоянии друг от друга. Расстояние между центрами (геокодами) соседних делянок обычно не превышает 10, реже до 20, метров, что позволяет довольно детально оценить статистически неоднородность почвенного покрова по изучаемым свойствам. Нами оценены отдельные участки полевых опытов лаборатории органических удобрений РУП «Институт почвоведения и агрохимии» как достаточно однородные, принадлежащие обычно к одним элементарным почвенным ареалам участки, с позиций вариации и пространственного распределения почвенных свойств на микромасштабном уровне. В основу исследования был положен метод «ключей», который зарекомендовал себя в Беларуси при типизации пахотных земель на основе геосистемного подхода [4], и за рубежом [5]. Этот метод предложили Beckett и Webster [6], которые вывели также положение, что как минимум половина вариаций почвенных свойств, измеренных по отдельно отобраным образцам, может быть обнаружена на площади в 1 м². Иными словами, показатели варьирования почвенных свойств на ключевых участках могут характеризовать изменчивость свойств во всем элементарном почвенном ареале.

Опыт 1 в КСУП «им. Суворова» Узденского района на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почв (код 027.4.01), имел площадь 0,87 га, сеть пробоотбора 18×4 м с защитными полосами между блоками 10 м и между рядами 3 м. Опыт 2 на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (код 028.4.04.21) в ОАО «Щомыслица» площадью 0,57 га имел сеть 7×8 м с защитной полосой в 2 м. Опыт 3 в ОАО «Гастелловское» имеет почву с кодом 037.3.06.08 (дерново-подзолистая легкосуглинистая слабо-эродированная), площадь 0,8 га, сеть пробоотбора 13×7 м. С каждого из участков было проанализировано по 96 образцов почвы, отобранных перед закладкой опыта, что можно расценивать как достаточное количество, близкое к оптимальному. Обработка данных проводилась в Excel для получения гистограмм и корреляционных матриц, а геостатистический анализ – в программном продукте ArcGIS ArcMap с использованием модуля Geostatistic Analyst. Главный принцип решения – сопоставление дисперсии, откладываемой по оси У и расстояния, которому соответствует ось Х на вариограмме.

Начальное представление об распределении данных дают гистограммы, представленные на рисунке.

Для всех участков доверительный интервал асимметрии составил $\pm 0,39$ со значениями эксцесса $\pm 0,64$. По первому участку незначительное правостороннее отклонение можно наблюдать у значений кислотности и гумуса (коэффициент асимметрии составляет 0,45 и 0,53 соответственно). Вторым участком характеризуется большей степенью варьирования между показателями – рН, гумус и Са можно отнести к неварьирующим значениям (менее 20 %), калий, фосфор и магний можно отнести к группе слабого варьирования (20–40 %). В свою очередь, рН и гумус имеют выраженную левостороннюю асимметрию, калий и фосфор – правостороннюю.

Последний участок выделяется наибольшей степенью варьирования всех показателей и отклонением от нормального распределения данных. Только у распределения значений кислотности коэффициент асимметрии не выходит за доверительный интервал и тяготеет к 0. Значительное правостороннее отклонение наблюдается у кальция и калия (1,70 и 2,13 соответственно), чуть меньше – у фосфора, гумуса и магния. При подборе вариограмм для любых свойств, имеющих значения коэффициента асимметрии и эксцесса, близкие к пороговым, осуществлялось логарифмирование для приведения их к нормальному распределению. Подбором и анализом полиномов проводилось вычленение детерминированной компоненты $m(r)$. Детерминированные тренды на участке 1 КСУП «им. Суворова» отсутствуют только у гумуса и K_2O , общая направленность распределения – с запада на восток. На участке ОАО «Щомыслица» все показатели имеют выраженный тренд второго порядка. У гумуса, K_2O и P_2O_5 распределение данных выделяется наличием общего тренда от центра участка к краям. Остальные показатели характеризуются увеличением с юга на север и северо-запад. Отличительной чертой участка ОАО «Гастелловское» является однородность тренда макромасштабной компоненты – все показатели имеют простран-

ственное распределение с юга на север, описываемое полиномом третьего порядка. Описание мезо- и микромасштабной компоненты проводится в соответствии со значением наггета (C_0) – количественно выражает силу микромасштабных изменений свойств в пространстве; и порога ($C_0 + C$) – характеризующий общую вариацию явления (табл.).

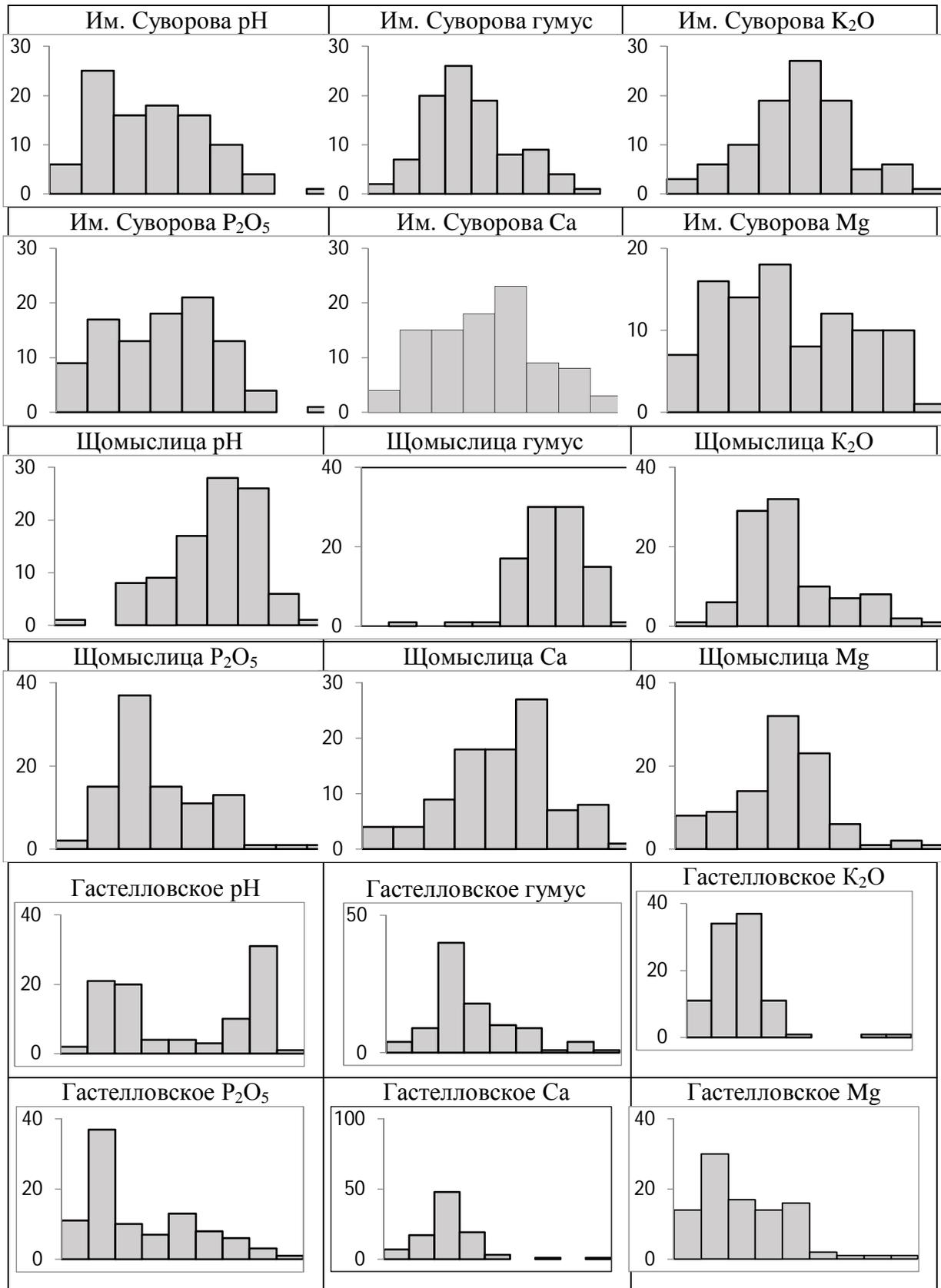


Рис. Гистограммы распределения агрохимических показателей участков

Показатели вариограмм исследуемых свойств

Показатели	Им. Суворова					
	pH	гумус	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ca	Mg
Лag 10 м						
Наггет (C ₀)	0,001	0,16	0,70	0,00	0,00	0,00
Порог (C ₀ + C)	0,97	0,97	1,05	0,86/0,15	0,82/0,18	0,15/0,68
Ранг (м)	8/120	7,9/41,9	54	7,96/60,5	7,96/7,96	16,2/7,97
Ост. дисперс. C ₀ /(C ₀ + C), %	0,10	16,4	66,6	0,00	0,00	0,00
Лag 8 м						
Наггет (C ₀)	0,00	0,58	0,48	0,00	0,00	0,00
Порог (C ₀ + C)	0,82	1,03	1,05	1,2	0,77	5,08
Ранг (м)	17,0/60,7	14,1/45	14,1/14,1	18/52/96	14,1/96	14,1/96
Ост. дисперс. C ₀ /(C ₀ + C), %	0,00	56,3	45,7	0,00	0,00	0,00
Лag 12,4 м						
Наггет (C ₀)	0,17	0,00	0,61	0,00	0,57	0,00
Порог (C ₀ + C)	1,13	1,01	1,23	0,94	1,11	1,29
Ранг (м)	10,7	12,1	10,1	10,21/36,03	14,1/18,8	10,1/26,6
Ост. дисперс. C ₀ /(C ₀ + C), %	15,0	0,00	51,2	0,00	51,4	0,00

Обобщая результаты исследования, можно сказать, что было сведено к минимуму влияние микрокомпоненты, отраженную через нулевые значения остаточной дисперсии. Исходя из этого, при составлении карт-заданий для дифференцированного внесения удобрений на рабочих участках, соответствующих изученным ЭПА, оптимальным вариантом может являться сочетание вариограммы J-Бесселя для малых расстояний с более простой – для более значительных.

Предполагаем, что довольно однородный подбор вариограмм (J-Бесселя) обусловлен ячеистой структурой пробоотбора, которой соответствует волнообразная форма вариограммы, определяющей автокорреляцию на малых расстояниях. Вторая модель, описывая изменчивость на больших расстояниях, игнорирует микроразличия, а сочетание этих двух вариограмм позволяет с минимальной ошибкой картографировать пространственное распределение исследуемых свойств.

В ходе настоящего исследования нами было установлено, что степень неоднородности почвенных свойств на трех заложенных участках может быть интерпретирована для всего элементарного почвенного ареала (ЭПА), и полученные показатели могут быть использованы для исследований в масштабах элементарных участках, находящимся в границах ЭПА. Также считаем, что исследованные опытные поля по большинству свойств могут быть использованы в исследованиях по изучению эффективности средств химизации в связи с их сильной пространственной корреляцией, однако стоит обратить внимание на факторы, определяющие распределение гумуса и кальция, имеющих высокую долю микрокомпоненты, которая может привносить погрешность в последующие исследования на этих участках.

Список литературы

1. Zhang, Y. Larry Sampling designs for soil organic carbon stock assessment of soil profiles / Y. Zhang, A. E. Hartemink // *Geoderma*, 2019. – Vol. 307 – P. 220–230.
2. Bockheim, J. G. Distribution and properties of sandy soils in the conterminous USA—A conceptual thickness model, and taxonomic analysis / J.G. Bockheim, A.E. Hartemink, J. Huang // *Catena*, 2020. – Vol. 195. – P. 1–14.
3. Разнообразие и пространственная организация почвенного покрова в разных картографических масштабах / Красильников П. В. [и др.] // *Почвоведение*. 2020. – № 8. – С. 913–920.
4. Червань, А. Н. Геосистемный подход к организации природопользования в переувлажненных агроландшафтах (на примере СПК «Ловжанский» Витебской области Беларуси) / А. Н. Червань [и др.] // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки*. – 2016. – № 25(239) – Вып. 37. – С. 143–155.
5. Soil testing methods. Global Soil Doctors Programme a farmer-to-farmer training programme. Rome, 2020. – 100 p.
6. Beckett, P.H.T. Soil variability: a review / P.H.T. Beckett, R. Webster // *Soils Fertl*, 1971. – Vol. 34. – P. 1–15.

УДК 631.46

ЛИГНИН В ПОЧВАХ КАК ОСНОВА ИХ ПЛОДОРОДИЯ*

Ковалев И. В., Ковалева Н. О.

МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Введение. Лигнин считается главным источником образования, обновления и воспроизводства почвенного органического вещества. Недостаточная изученность лигнина как одного из самого распространенного в биосфере биополимера, поступающего в почву с надземной и подземной биомассой растений, была обусловлена трудностью его биохимической диагностики в почвах. Неуклонное развитие методов тонкой биохимии почв в почвенных исследованиях дают возможность взглянуть по-новому на устоявшиеся научные парадигмы, в том числе на теорию гумусообразования и способы управления почвенным плодородием. При этом вопросы о географических закономерностях распространения лигнинов в почвах, о содержании и механизмах трансформации и путях стабилизации лигниновых фенолов в различных почвенных типах почв и агроэкосистемах до сих пор остаются открытыми. Принято считать, что в основном лигнин в почвах представлен за счет древесных растений. Но какова роль лигнина подземной биомассы травянистых растений в процессе гумусообразования почв?

*Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РНФ № 17-14-01120п, в рамках госзаданий МГУ: №117031410017-4 и «Физические основы экологических функций почв: технологии мониторинга, прогноза и управления».

Объекты исследования: южнотаежные березо-осиновые леса и агро-экосистемы, в том числе и осушенные, Коломенского ополья Московской области; дубово-липовые широколиственные леса («Тульские засеки») на серых лесных почвах; березовые колки лесостепи и агроэкосистемы Брянской области на агросерых почвах; типичный чернозем (Курский биосферный заповедник, Кисловодская котловина) [3]. Методы исследования. Поскольку результаты, получаемые общепринятыми методами выделения лигнина (классон-лигнин, «остаточный лигнин»), слишком грубы даже для растительных материалов и чрезвычайно завышены для образцов подстилки и почвы, мы пользовались методикой И. Хеджеса и И. Ертеля [4] в приведенной ниже модификации [1]. Определение лигнина в почвах включало щелочное окисление образца оксидом меди при 170° под давлением в азотной среде; осаждение гуминовых кислот; концентрацию фенольных продуктов под давлением на компактных одноразовых колонках С18. Колонки, после того как через них пропустили образец, высушивались, а лигнин растворялся в этилацетате. Процедура эвапорирования этилацетата на ротаторном эвапораторе позволила выделить собственно препараты лигнина. Составляющие лигнин фенолы разделялись на газо-жидкостном хроматографе после предварительной дериватизации и превращения их в триметилсилиловые эфиры. На газовом хроматографе с масс-спектрометром Heweled-Packard Palo Alto CA USA они разделялись на пламенно-ионизационном детекторе, оборудованном капиллярной колонкой. Щелочное окисление исследуемых образцов оксидом меди дало 11 фенолов, которые сгруппированы по их химической природе в 4 структурных семейства: ванилиновые (V), сирингиловые или сиреневые (S), п-кумаровые (C) и феруловые фенолы (F). Сумма продуктов окисления (VSC) отражает общее содержание лигнина в образце. Апробированная методика является наиболее перспективной для анализа содержания и состава лигнина не только в тканях растений [2, 3], но и в дневных и погребенных почвах, включая минеральные малогумусные горизонты, в конкреционных новообразованиях [1] агрегатах, гранулометрических фракциях почв, препаратах гуминовых кислот [2, 3].

Результаты и обсуждение. Установлено, что наибольшее содержание лигниновых фенолов свойственно не надземным, а подземным тканям растений [2]. Однако наибольший вклад корневого лигнина присущ луговым и степным экосистемам, где отношение надземных органов к подземным достигает 20. Коэффициент корреляции содержания лигнина в почве и биомассы корней – 0,92–0,99 ($P = 0,95$). Наименьшая роль корней в круговороте лигнина обнаружена в агроантропогенных экосистемах с равными долями надземной и подземной биомассы (рис. 1).

Эти факты могут быть свидетельством более значительной, чем мы привыкли думать, роли корневой биомассы в формировании гумуса почв, причем, по всей глубине почвенного профиля, особенно в степных сообществах. Соотношения лигниновых фенолов в корневой биомассе повторяют закономерности, свойственные надземным органам.

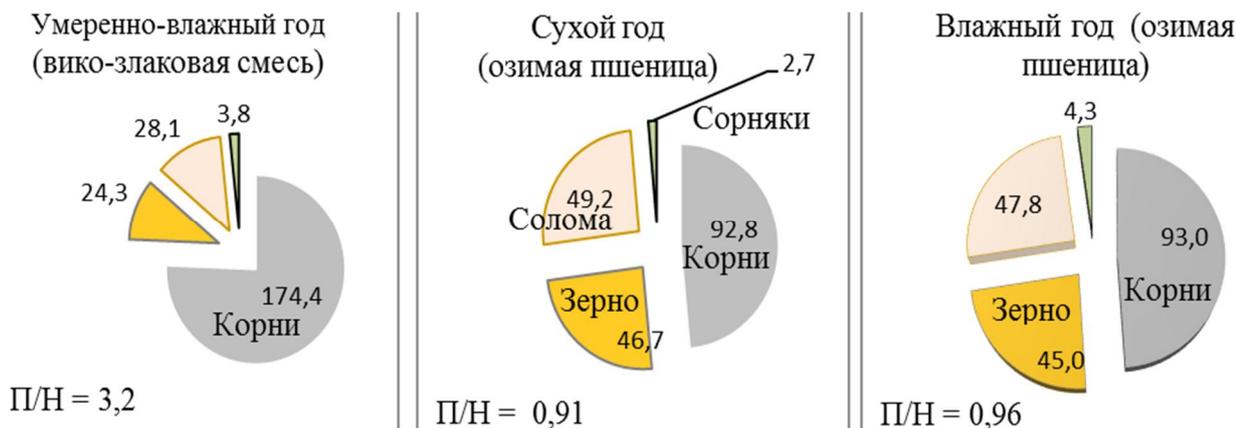


Рис. 1. Структура биомассы растительных сообществ ($r = 0,96-0,97$; $P = 0,95$) агроантропогенной экосистемы

Выделение продуктов окисления лигнина из подстилок разных типов растительных ассоциаций показало, что различия лигниновых параметров в них менее контрастны, чем в тканях растений, а содержание лигнина значительно ниже по сравнению с живыми растительными тканями. Композиционно подстилки повторяют характерные для живых тканей закономерности: подстилки хвойных пород характеризуются накоплением ванилиновых (гваяциловых) фенолов и сохраняют тенденцию к меньшему содержанию сиригиловых и кумариловых структур [2, 3]. Подстилки лиственных пород имеют примерно равные соотношения ванилиновых и сиригиловых фенолов и меньшее по сравнению с кумаровыми количество феруловых кислот. Лигнин травянистых растений, которым присуще наибольшее количество циннамиловых структурных единиц (V:S:C – 2:1:1): их содержание в степных и луговых злаках и разнотравья (слои войлока и ветоши) возрастает до 20–30 мг/г Сорг., что в 4–6 раз больше, чем у древесных растений. Феруловые кислоты ассоциированы, главным образом, с гемицеллюлозами в клеточных стенках волокон злаков и достигают 20–40 мг/г Сорг. в надземной фитомассе.

Дальнейшие превращения полимера в почвах определяются гидротермическими условиями среды и физико-химическими свойствами почв, активностью микробиоты, способной продуцировать основные ферменты: лигнин-пероксидаза, LiP (EC 1.11.1.14); Mn-зависимая пероксидаза (EC 1.11.1.14); лакказы (EC 1.10.3.2); тирозиназа (фенолоксидаза). Наибольшее суммарное количество продуктов окисления лигнина (VSC) в рассматриваемом горизонтальном ряду почв приурочено к почвам естественных биогеоценозов с наивысшей биопродуктивностью: серая лесная почва Тульских засек, чернозёмы Курского заповедника. В условиях антропогенного использования количество лигнина уменьшается по сравнению с естественными аналогами, например, в чернозёмах с 14–16 до 6–8 мг/г Сорг. Расщепление и разрушение боковых цепей происходит в первую очередь во время трансформации лигнина. Образующиеся промежуточные нестабильные радикалы добавляют доступный кислород или воду. Дальнейшее добавление карбоксильных и гидроксильных групп облегчает участие полимера в хелатировании и гумификации.

При этом циннамиловые фенолы степных и луговых растений наиболее яркий тому пример. В подпахотном горизонте чернозёма (Курская область), где влажность почвы выше, чем в пахотном горизонте кумариловые и феруловые фенолы подвержены биотрансформации в большей степени, чем наиболее доступные микроорганизмам полисахариды. В условиях же повышенного гидроморфизма почв лигнин (особенно ванилиновые фенолы) вносит свою долю в пул органических кислот, формирующих подзолистые и глеевые горизонты.

Для характеристики интенсивности разложения и трансформации лигнина в почвах используется отношение кислоты/альдегиды в единицах ванилина или сирингила как меры степени окисленности молекулы. Это отношение используется в расчете степени измененности боковых цепочек по отношению к растительным тканям [1]. На основании многочисленных данных о содержании лигнина и его трансформации в почвах широтной зональности показана линейная зависимость увеличения степени измененности боковых цепочек лигниновых структур в ряду: от светло-серых почв к чернозёмам. Так в почвах южной тайги она составляет 5–8 %, в лесостепи – 9–10 %, в чернозёмах – 10–12 %, то есть фактически следует за величиной периода биологической активности.

В целом, гуминовые кислоты по содержанию продуктов окисления лигнина и лигниновым параметрам похожи на образцы почв и наследуют характерные свойства растительных тканей, но демонстрируют большую упорядоченность структурных фрагментов лигнина.

Пропорции ванилиновых, сирингиловых и циннамиловых фенолов в них оказались одинаковыми для разных типов травянистых экосистем: 1:1:1 – от степи (чернозёмы) до субальпийского луга (черноземно-луговые почвы) и характеризуют ткани травянистых растений. Полученные данные демонстрируют, что с увеличением степени трансформации лигнина в ряду «ткани растений – подстилка – почва – гуминовые кислоты» увеличивается количество ароматических кислот по отношению к альдегидам во всех типах объектов независимо от общего количества лигнина в них и достигает максимума в препаратах гуминовых кислот из погребенных горизонтов горных чернозёмов [3] (рис. 2 и 3).

Тем самым, наши результаты подтверждают положение о нарастающем карбоксилировании лигниновых остатков как о главном процессе их трансформации в гумус. С помощью количественного анализа лигниновых фенолов и ^{13}C -ЯМР-спектроскопии также доказывается, что лигнин высших растений принимает участие в формировании специфических соединений гумуса почв, входя структурными фрагментами в алифатическую часть молекулы (пики при 56 ppm), так и в ароматическую часть молекул гуминовых кислот (пики при 147 ppm). Коэффициент корреляции между содержанием лигнина (VSC) в гумусовых горизонтах почв гумидных ландшафтов и площадью пика лигнинового происхождения в алифатической части ^{13}C -ЯМР-спектра при 56 ppm – 0,94 ($P = 0,95$). В гуминовых кислотах серых почв лесостепи, сформированных на лёссе и в чернозёмах вклад ароматических лиг-

ниновых фрагментов в 2 раза больше в ядерной, чем в периферийной части молекулы (рис. 2). Коэффициент корреляции между содержанием лигнина (VSC) в гумусовых горизонтах почв семиаридных ландшафтов и площадью пика лигнинового происхождения в ароматической части ^{13}C -ЯМР-спектра при 147 ppm – -0.93 (рис. 3).

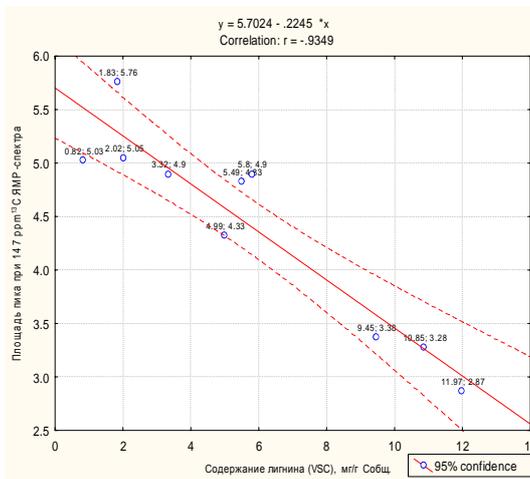


Рис. 2. Коэффициент корреляции между содержанием лигнина (VSC) и % от площади ^{13}C -ЯМР-спектра при 147 ppm.

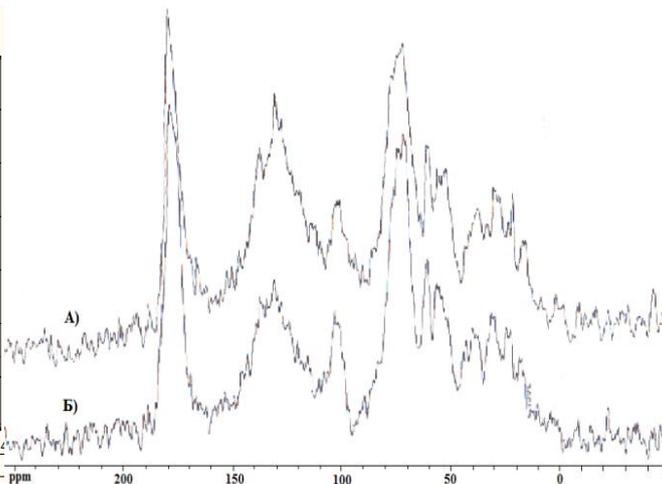


Рис. 3. ^{13}C ЯМР-спектры в препаратах гуминовых кислот почв семиаридных ландшафтов: А) – чернозем, гор. А 8–27 см; Б) – черноземно-луговая почва, гор. А 10–25 см

Сравнение ^{13}C -ЯМР-спектров нативных препаратов лигнина, выделенных из разных пород древесных и травянистых растений со спектром молекулы гуминовой кислоты, позволило впервые обнаружить, что, во-первых, количество пиков, наследуемых гуминовой кислотой от растительной ткани значительно больше. Отчетливо диагностируется при 102, 115, 119, 131, 152, 160 ppm [2].

Во-вторых, набор пиков разнороден в спектрах разных растений и, соответственно в молекулах гуминовых кислот разных почв он тоже должен быть разным. В-третьих, лигнин древесных растений южной тайги становится источником более пространственно вытянутых с развитой алифатической частью молекулы гуминовой кислоты (мощные хорошо вытянутые пики) [2], а феруловые и кумариловые фенолы степных травянистых растений формируют пространственно компактные структуры гуминовых кислот черноземов (рис. 3).

Таким образом, композиционный состав лигниновых фенолов оказывает влияние на строение молекулы гуминовой кислоты почв.

Результаты исследований оригинальны и могут быть использованы при:

- разработке технологий применения органических удобрений. В зависимости от содержания и композиционного состава лигнина растений в органическом удобрении корректируется его норма внесения в почву;
- производстве гуминовых препаратов, их идентификации и сертификации. Допускается, что именно благодаря лигнину в почве образуются

гуминовые вещества, придающие почвенному органическому веществу и его стабильной части – гумусу, особые свойства и функции;

- биоконверсии отходов гидролизной, деревообрабатывающей промышленности, имеющей сырьевым источником лигниносодержащие соединения как ценное сырье для сельского хозяйства (биопрепараты и удобрения);

- анализе устойчивости почв к агрогенному воздействию. Агроантропогенное использование (распашка, осушение) вызывает ускоренную деструкцию макромолекулы лигнина при сохранении неизменными главных лигниновых структур. В результате в почвах с контрастным окислительно-восстановительным режимом складываются благоприятные условия для стабилизации лигниновых фенолов в составе глинистых минералов, на поверхности и внутри агрегата, в составе металлорганических комплексов, гуминовых кислотах;

- оценке современных приемов обработки почвы и приемов биологизации земледелия. Наблюдается усиление микробиологической активности почв, что делает возможным участие лигниновых фенолов в реакциях хелато- и гумусообразования, формируется агрономически ценная структура. Проявление аллелопатических свойств лигниновых фенолов при длительном использовании приемов биологического земледелия (технология No-till) вызывает резкое снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

Список литературы

1. Ковалев, И. В. Биохимия лигнина в почвах периодического переувлажнения (на примере агросерых почв ополей Русской равнины) / И. В. Ковалев, Н. О. Ковалева // Почвоведение. – 2008. – № 10. – С. 1205–1216.

2. Ковалев, И. В. Пул лигниновых фенолов в почвах лесных экосистем / И. В. Ковалев, Н. О. Ковалева // Лесоведение. – 2016. – № 2. – С. 148–160.

3. Ковалева, Н.О. Биотрансформация лигнина в дневных и погребенных почвах разных экосистем / Н. О. Ковалева, И. В. Ковалев // Почвоведение. – 2009. – № 11. – С. 84–96.

4. Ertel, J.R. The lignin component of humic substances: Distribution among the soil and sedimentary humic, fulvic and base-insoluble fractions / J.R. Ertel, J. I. Hedges // Geochim: Cosmochim. Acta. – 1984. – V. 48.

ОБЩИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПОЧВ СЫРДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Курвантаев¹ Р., Ботиров² Ш. А.

¹НИИ почвоведения и агрохимии, г. Ташкент, Узбекистан

²Гулистанский государственный университет, г. Гулистан, Узбекистан

Введение. В связи с различными почвенно-мелиоративными условиями Сырдарьинской области необходим дифференцированный подход к проведению агротехнических и мелиоративных мероприятий. В староорошаемой зоне, отличающейся сложными гидрогеологическими условиями, до сего времени слабо разработаны приемы регулирования водно-солевого и физического режима почв. Поэтому в связи с подъемом уровня минерализованных грунтовых вод и засолением возникает необходимость в совершенствовании методов оптимизации агрофизических, солевых процессов и водного режима почв с учетом особенностей почво-грунтов и интенсивности дренирования территории.

Эти разработки крайне важны и актуальны для будущих поколений, поэтому охрана природных ресурсов, в том числе и почвенных, вынесла из рамки чисто государственной и стала межгосударственной проблемой. От принципиальных подходов к решению тех или иных вопросов, от которой зависит существование цивилизации. Это и определяет актуальность проблемы, изменения основных свойств почв Сырдарьинской области под влиянием орошения [1–7].

Целью исследований является установление влияния орошения на изменение основных свойств почв, познание современного агрофизического состояния деградированных почв Сырдарьинской области с учётом геоморфологических, гидрологических и мелиоративных условий местности прогнозирование, направление почвообразовательного процесса.

Результаты исследований. Природные условия поливной территории Сырдарьинской области характеризуются высокой интенсивностью биологических процессов. Это приводят к быстрому уменьшению запасов питательных элементов в почве, утрате структуры почвы, ухудшению физических свойств.

Для решения ряда вопросов, связанных с мелиорацией, обработкой и орошением почвы, большое значение приобретает знание её физических свойств (прочности структуры, удельной и объёмной массы, физической спелости).

Удельная масса (УМ) наиболее постоянная величина, зависит от химического и в значительной степени от минералогического состава почвообразующих пород. УМ староорошаемых и новоорошаемых легкосуглинистых, среднесуглинистых и тяжелосуглинистых луговых, серозёмно-луговых почв Сырдарьинской области колеблется от 2,60 до 2,70 г/см³

(не отмытых образцах), что характерно для почв серозёмного пояса. В верхних наиболее гумусированных горизонтах почв величина её наименьшая, с глубиной значение УМ увеличивается (табл.).

Таблица

Общие физические свойства деградированных почв Сырдарьинской области

№	Глубина горизонта, см	По генетическим горизонтам			Глубина слоя, см	По слоям		
		УМ, г/см ³	1,51	ОП, %		УМ, г/см ³	ОМ, г/см ³	ОП, %
38	0–30	2,65	1,39	44	0–30	2,65	1,51	44
	30–49	2,64	1,39	48	30–50	2,64	1,43	47
	49–70	2,68	1,53	49	50–100	2,67	1,41	48
	70–100	2,67	1,44	43	100–200	2,69	1,50	45
	100–125	2,70	1,51	47				
	125–150	2,70	1,31	45				
88	0–36	2,67	1,35	51	0–30	2,67	1,31	51
	36–59	2,66	1,31	50	30–50	2,66	1,33	50
	59–107	2,67	1,41	51	50–100	2,67	1,34	50
	107–146	2,68	1,56	48	100–200	2,65	–	–
	146–186	2,68	1,48	42				
	186–225	2,67	1,52	45				
13	0–35	2,67	1,44	42	0–30	2,62	1,52	42
	35–55	2,63	1,45	47	30–50	2,66	1,46	46
	55–93	2,65	1,55	53	50–100	2,67	1,46	46
	93–130	2,65	1,45	49	100–200	2,65	1,49	44
	130–150	2,66	1,25	48				
63	0–30	2,63	1,37	45	0–30	2,63	1,26	53
	30–53	2,64	1,40	44	30–50	2,65	1,38	48
	53–83	2,67	1,43	48	50–100	2,67	1,44	47
	83–119	2,67	1,42	47	100–200	2,68	1,51	44
	119–159	2,68	1,49	47				
	159–193	2,68	1,51	45				
	193–220	2,69	1,24	44				
28	0–30	2,57	1,54	54	0–30	2,67	1,24	54
	30–58	2,61	1,34	43	30–50	2,66	1,54	43
	58–85	2,63	1,40	50	50–100	2,68	1,39	48
	85–120	2,61	1,34	48	100–200	2,67	1,38	49
	120–157	2,68	–	50				
	157–163	2,61	1,36	–				
87	0–28	2,65	1,45	49	0–30	2,66	1,36	49
	28–45	2,66	1,44	46	30–50	2,65	1,44	46
	45–77	2,63	1,41	46	50–100	2,66	1,42	46
	77–114	2,65	1,38	47	100–200	2,64	1,39	48
	114–132	2,66	1,65	49				
	132–165	–	1,37	39				
62	0–38	2,7	1,60	49	0–30	2,66	1,37	49
	38–50	2,65	1,50	40	30–50	2,65	1,50	44
	50–88	2,69	1,42	44	50–100	2,67	1,48	45
	88–130	2,61	1,57	47	100–200	2,67	1,45	46
	130–165	2,63	1,47	54				
	165–207	2,65	1,47	43				

За годы исследований значение удельной массы на выбранных нами ключевых участках независимо от механического состава в основном по слоям варьирует от 2,62 до 2,68 г/см³.

Отсутствие различий в УМ материнских пород подтверждает однородный минералогический состав последних. Относительно невысокая величина удельной массы почв Сырдарьинской области, обусловлена преобладанием в их составе минералов лёгкой фракции с удельной массой < 2,75 г/см².

Так, по данным М. У. Умарова и нашими [2, 3, 4, 7], главным компонентом минералогического состава материнских пород северо-западной части Сырдарьинской области являются минералы лёгкой фракции, которая представлена кварцем, вторичными глинистыми минералами, гидрослюдами и полевыми шпатами. Минералов тяжелой фракции с удельной массой >2,75 содержится мало. В её формировании участвуют рудные минералы, роговые обманки, эпидот, циозит, слюда и минералы, содержащие титан, фосфор и др., из которых апатит встречается во всех исследованных породах.

Объёмная масса, или плотность сложения (ОМ) определяет водный, воздушный, тепловой и питательный режим, микробиологическую деятельность и развитие корневой системы растений. ОМ характеризует степень уплотнения отдельных генетических горизонтов и пород, величины которого в нижних слоях возрастают. Это обстоятельство обусловлено, как отмечает Н. А. Качинский [1], «уменьшением гумуса в нижних горизонтах; процессом иллювирования, в силу которого в нижних горизонтах почвы в порах накапливаются вымытые вещества, увеличивая плотность этих горизонтов; многовековым давлением вышележащих горизонтов нижние». Величина ОМ в исследованных почвах изменяется в широких пределах (1,26–1,62 г/см³), наименьшие показатели её в пахотном горизонте орошаемых луговых и серозёмно-луговых почвах за исключением разреза 13. Так как на площади где заложен разрез 13 была интенсивная обработка почвы колесными тракторами марки «Кейс» в результате верхний пахотный слой уплотнился до плотности 1,52 г/см³, а в остальных разрезах Сырдарьинской области наблюдается наибольшая плотность сложения в нижних слоях грунта. Под влиянием орошения обработки и сельскохозяйственных культур происходит большие изменения морфологических, химических и физических свойств почв, особенно плотности сложения. В процессе иллювирования, дезагрегация, полива и промывки засоления в нижних горизонтах увеличивалась плотность сложения до 1,5–1,6 г/см³ (табл.). В пределах верхних горизонтов наибольшим уплотнением отличаются подпахотный горизонт точнее нижняя часть подпахотного горизонта. К низу происходит уплотнение почвы. Следовательно, рассматриваемые почвы имеют более рыхлое сложение не только в верхней части почвенного профиля, но и в почвообразующей породе. Величина ОМ в исследованных почвах за годы исследований в основном изменился в пахотном слое почв. Это изменение

зависит от обработки, вегетационных поливов и остальных участках плотность сложения выше оптимальной величины.

Таким образом, почти во всех исследуемых ключевых участках проводится интенсивная обработка почвы на староорошаемом сероземно-луговой почве преимущественно выявлено образование подпахотные подошвы, который плотность сложения достигается до $1,50 \text{ г/см}^3$.

В луговых и серозёмно-луговых почвах Сырдарьинской области пахотный горизонт характеризуется хорошей и удовлетворительной общей порозностью с колебаниями от 42 до 54 % (табл.). В большинстве рассматриваемых почв, отмечается увеличение плотности сложения в нижних горизонтах. В соответствии с этим в них сильно снижается до удовлетворительной и неудовлетворительной степени общей порозности 39–41 %. Во всех исследованных почвах ключевых участках верхнем 0–30 см слое наблюдается наибольший общая порозность (49–56 %) за исключением разреза 38. Здесь величины общей порозности немного меньше (43–44 %). За годы исследований в нижних слоях общей порозности почти не изменилось за исключением верхнего 0–30 см слоя.

Выводы. Почвы, имеющие более уплотнённое сложение, значительное количество солей и гипсированные, промачиваются медленнее. Это явление отрицательно влияет на промывку засоленных земель. Для того чтобы на таких землях повысить эффективность промывки, рекомендуется улучшить агрегатное состояние почв, проводить глубокую дифференцированную пахоту, снизить уровень залегания грунтовых вод, периодически осуществлять глубокое рыхление для механического воздействия и предотвращения силитизации, создать более проветриваемые, аэробные условия, ввести правильный зерново-хлопково-люцерновый севооборот.

Список литературы

1. Качинский, Н. А. Физика почвы / Н. А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. – С. 22–318
2. Курвантаев Р. Оптимизация и регулирование агрофизического состояния орошаемых почв пустынной зоны Узбекистана: автореф. дис. на соиск. учен. степени док. с/х наук / Р. Курвантаев. – Ташкент, 2000. – 45 с.
3. Курвантаев, Р. Водно-физические свойства луговой и сероземно-луговой почвы / Р. Курвантаев, М. Тургунов // Аграрная наука – сельскому хозяйству. VII Международная научно-практическая конференция: сборник статей. – Барнаул, 2012. – Книга 2. – С. 168–170.
4. Умаров, М. У. Физические свойства почв районов нового и перспективного орошения Уз ССР / М. У. Умаров. – Фан, 1974. – 260 с.
5. Агрофизическая характеристика орошаемых почв Мирзачульского оазиса / Уразбаев И. [и др.] // Почвоведение продовольственной и экологической безопасности страны VII съезд общества почвоведов им. В. В. Докучаева: материалы докладов. – Москва-Белгород, 2016. – Ч. 1. – С.384–385.
6. Kurvantaev, R. Current state of water-physical properties in soils of Mirzachul oasis. / R. Kurvantaev, A. A. Musurmanov, M. M. Turgunov // The proceedings of the international Congress on «Soil Science in International Year of Soils» – Sochi, 2015. – P. 235–239.
7. Nazarova S. M. Granulometric composition irrigated soils of Bukhara region / Rakhmon Journal of critical reviews. Scopos ISSN- 2394-5125 VOL 7, ISSUE 17, 2020. – P. 69–72.

ПОЧВЫ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ДОЛИНЫ ЗЕРАФШАНА

Курвантаев^{1,2} Р., Хакимова³ Н. Х.

¹НИИ почвоведения и агрохимии, г. Ташкент, Узбекистан

²Гулистанский государственный университет, г. Гулистан, Узбекистан

³Бухарский государственный университет, г. Бухара, Узбекистан

Введение. Почвенно-оценочные исследования, проводимые в последние десятилетия в различных природно-климатических и геоморфологических условиях Зарафшанской долины, показывают, что в результате длительного антропогенного воздействия стали появляться неблагоприятные земли с убывающим плодородием. Широкое распространение получили такие негативные процессы как засоление почв, дегумификация и опустынивание. Эффективность таких земель в сельскохозяйственном производстве постепенно снижается [2, 3, 4, 7, 8].

Целью исследований являлось изучение эволюции орошаемых почв. Сопоставление полученных материалов по современному состоянию почв с материалами прежних почвенных исследований позволило проследить за эволюцией почв во времени, установить глубину их морфогенетических и мелиоративных преобразований под влиянием антропогенных факторов.

Основные результаты. Зарафшанская долина, располагаясь в контакте с хребтами Памиро-Алая и пустыней Кызылкум, имеет весьма разнообразное строение поверхности. Почвообразующими породами служат аллювиальные отложения р. Зарафшан, преимущественно тяжелосуглинистые и среднесуглинистые, местами с прослойками песчанистого и гравийно-песчанистого состава, подстилаемыми галечником с глубины 2–4 м.

На территории I и II террас Зарафшана [6], кроме староорошаемых луговых аллювиальных почв, были выявлены ново-освоенные. Они занимали сравнительно небольшие площади, в том числе и на территории ключевого хозяйства им. Навои Нарпайского района. В морфологическом профиле новоосвоенных почв появляется совершенно новый, не присущий естественным почвам пахотный горизонт. Он поглощает дернину, которая в целинных луговых аллювиальных почвах достигала 15–20 см, и переходный горизонт. Переходный горизонт достигал мощности до 70 см и имел серо-бурую окраску. С полуметровой глубины по профилю встречались ржавые и сизоватые пятна оглеения.

Содержание гумуса в пахотном горизонте в зависимости от его механического состава варьирует в весьма широких пределах. При этом среднее его содержание составляет 2,1 %, азота – 0,06–0,3 %. Подвижными формами фосфора в пахотном горизонте почвы недостаточно обеспечены (13–31 мг/кг), калия – низкообеспеченные (100–114 мг/кг почвы).

Карбонатные образования представлены в виде белесых мергелистых горизонтов, а иногда в виде шоха. Анализ показывает, что на большей части аллювиальной равнины наблюдается концентрация карбоната магния в верхней и средней части почвенного профиля в количествах, превышающих предел токсичности (до 18 % от суммы карбонатов). Характерное распределение этой соли по профилю указывает на вторичный характер процессов засоления и на явно луговой характер почвообразования. Карбонатно-магниевое засоление луговых почв имеет солончакую природу и выражается в резком ухудшении физико-химических свойств почв. Очень редко встречается гипс, в нижней части профиля и только в засоленных почвах. Механический состав почв очень пестрый – от тяжелых суглинков до супесей и песков.

Новоосвоенные луговые аллювиальные почвы, судя по почвенной карте [1, 5, 6] были засолены водно-растворимыми солями в средней степени. В настоящее время преобладают почвы со слабым засолением, реже встречаются промытые и средnezасоленные почвы. Засоление почв в целом уменьшилось

Наши исследования и других авторов [2,3,9] показали, что за прошедшие почти 70 лет новоосвоенные луговые аллювиальные почвы трансформировались в новоорошаемые. Трансформация новоосвоенных почв в новоорошаемые сопровождалась значительной потерей гумуса в пахотном горизонте с 2,1 до 0,8 %. Содержание гумуса современных луговых почв в корнеобитаемом слое колеблется от 0,4 до 0,6 %. Азота в почвах от 0,06 до 0,09 %. Содержание подвижных форм фосфора также уменьшилось с 13–31 до 6–7,3 мг/кг, содержание подвижного калия немного увеличилось с 100–114 до 100–200 мг/кг.

Таким образом, эволюция новоосвоенных луговых почв не затронула их генетической принадлежности. Изменение почв происходило только на видовом уровне. Схема эволюции почв выглядит в следующем виде: НосЛал-2 → НорЛал-1(0,2)

Старорошаемые луговые аллювиальные почвы, по нашим данным [2, 8, 9] в зависимости от мощности агроирригационного горизонта подразделяются на мощные, среднемошчные и маломощные. По цвету пахотный горизонт серый или темно-серый, ниже профиль приобретает буроватый оттенок. Гумусовый горизонт среднемошчных и мощных почвах староорошаемых луговых почвах достигает 40–80 см. Мощных почвах содержание гумуса в пахотном горизонте составляет 1,1–1,8 %, в среднемошчных и маломощных – 1,1–1,6 %, азота – 0,07–0,14 и 0,08–0,3 %. Не велико, содержание подвижного фосфора, в пределах 13–40 мг/кг (в мощных почвах) и 10–37 мг/кг почвы (в среднемошчных).

Старорошаемые луговые почвы, как мощные, так и среднемошчные, в целом не засолены – содержание плотного остатка в пахотном слое колебалось от 0,076 до 0,116 %, но среди незасоленных почв встречались пятна различно засоленных. Содержание солей на них достигало 1,5 %. Содержание CO_2 карбонатов в пахотном и подпахотном горизонтах со-

ставляло 6–9 % в нижних до 13 %. Староорошаемые луговые почвы в пахотном горизонте обладали низкой емкостью поглощения от 7 до 10 мг-экв на 100 г почвы. Среди поглощенных оснований преобладал кальций (60–70 % от суммы). В глубоких горизонтах (50–100 см) значительная роль принадлежит поглощенному магнию (46–49 % от суммы).

За последние 70 лет изменения староорошаемых луговых аллювиальных почв произошли также в основном на видовом уровне. За истекший период значительно возросло засоление почв.

Содержание гумуса при этом уменьшилось на мощных почвах до 0,8–1,5 %, а на среднемощных – до 1,1–1,2 %. Соответственно уменьшилось и количество валового азота до 0,06–0,10 %. Уменьшилось в почвах также содержание подвижных форм фосфора: в пахотном горизонте староорошаемых луговых мощных почв до 13–22 мг/кг, а в среднемощных – до 5–16 мг/кг почвы. При этом иногда в подпахотных, а также более глубоких горизонтах количество подвижного фосфора превышает пределы, обнаруженные в пахотном слое.

Схема эволюции староорошаемых луговых аллювиальных почв за обозримый промежуток времени на второй надпойменной террасе Зарафшана выглядит следующим образом: СорЛ-0 → СорЛ-1(0,2)

Исследования 2018 г. показали, что лугово-сероземные почвы сохранились до наших дней. По механическому составу, как выявлено более детальными исследованиями, они средне- и тяжелосуглинистые. Содержание гумуса в них в пахотном слое осталось в таких же параметрах, что и семьдесят лет назад (0,9–1,1 %), азота – 0,06–0,07 %. Подвижных форм фосфора – 6–9 мг/кг, калия – 175–250 мг/кг. Карбонатов – 6–7 %. В мелиоративном отношении состояние почв стало хуже. Более 60 % староорошаемых лугово-сероземных почв теперь засолено в слабой степени.

Эволюция староорошаемых лугово-сероземных почв, формирующихся на второй надпойменной террасе р. Зарафшан, за обозримый период времени проходила на видовом уровне: СорЛС-0 → СорЛ-1(0).

Анализируя эволюцию орошаемых почв на второй надпойменной террасе Зарафшана, необходимо, прежде всего, отметить увеличение степени засоления во всех почвах. Эта тенденция при сохранении современных условий почвообразования продлится и на перспективу.

Заключение. Расширение площади орошаемых земель на подгорных равнинах и высоких террасах среднего течения р. Зарафшан сопровождается постепенным подъемом грунтовых вод. Изменение гидрогеологических условий часто вызывает генетическую эволюцию почв, трансформацию типа автоморфных почв в подтип полугидроморфных, а затем в тип гидроморфных. В почвах при этом происходят кардинальные морфологические изменения, а также активизируются процессы миграции химических элементов, среди которых значительную негативную роль играют агрессивные растворимые соли, вызывающие засоление грунтовых вод и почвенно-грунтовой толщи. Эти изменения, происходящие на родовом и видовом уровне, значительно понижают плодородие почв, а при

отсутствии профилактических мелиоративных мероприятий на фоне дренажа – приводят к выпадению их из сельскохозяйственного производства.

Список литературы

1. Кузиев, Р. К. Атлас почвенного покрова республики Узбекистан / Р. К. Кузиев, Е. В. Сектименков, А. Исмонов. – Ташкент, 2010.
2. Курвантаев, Р. Агрофизическая характеристика орошаемых луговых почв Бухарского оазиса. Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса: коллективная монография. / Р. Курвантаев, С. М. Назарова; редкол.: Л. И Ильин [и др.]; отв. за вып. В. В. Огорков. – Иваново, 2019 – С. 91–95.
3. Назарова, С. М. Основные факторы формирования почв и их эволюции в Зерафшанской долине / С. М. Назарова // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий. Сборник научных трудов. – Вып. 7. – Рязань. – 2016. – С. 60–66.
4. Парпиев, Г. Т. Особенности структурного состава оазисных почв регионов Узбекистана / Г. Т. Парпиев, Р. К. Кузиев, Р. К. Курвантаев // Научное обозрение. – 2019. – № 2. – С. 20–24.
5. Почвенная карта Бухарской области. Масштаб 1:200000 (100000). – Узгипрозема. – 1967.
6. Почвы Самаркандской области. ФЗК института «Узгипрозем». – Ташкент. – 1974.
7. Почвы Узбекистана (Бухарская и Навоийская области) / И. Н. Фелициант [и др.]. – Ташкент: Фан, 1984. – С. 22–101.
8. Sevara Nazarova. Evolution and the forecast of development of the irrigated soils of Bukhara region. / Sevara Nazarova, Raxmon Kurvantoev // Proceeding of the III Tashkent international innovation forum t-2017. Forum Innovative Ideas to Innovative Economy. – Tashkent, 2017. – P. 210–216.
9. Hakimova, N. Evolution of reflux soils of the midrange of the valley Zerafshan / N. Hakimova, R. Kurvantayev // Annali d'Italia. – 2020. – №4. – P. 68–71.

УДК 631.459.2(478) + 631.453(478)

RESEARCH METHODS OF SOILS WATER EROSION AND POLLUTION IN REPUBLIC OF MOLDOVA

Kuharuk¹ E. S., Kuharuk¹ R. A., Crivova² O. N.

¹*Institute of Pedology, Agrochemistry and Soils Protection “Nicolae Dimo”, Chisinau*

²*Institute of Ecology and Geography, Academy of Sciences, Chisinau*

Water erosion is one of the main factors of soils degradation in Republic of Moldova, while climatic particularities and fragmented relief, among other factors, also contribute to it.

Depending on the task, different methods of erosion studies are used:

- comparative geographical;
- comparative analytical;

- stationary method (method of runoff plots);
- modelling on the object of study;
- determining the soil losses by the measuring of the level of soil cover's changes;
- method of erosion pins;
- rainfall simulators method;
- estimation of erosion's intensity by the content of Cs-137 in the soil.

The first two methods are used for comparative analysis and for the study of the changes in the proportion of eroded soils over a certain period of time. For example, judging by the increase in the area of eroded soils according to the Land Cadastre of the Republic of Moldova, it can be concluded that the erosion processes of the soil cover are developing on the territory of Moldova. Comparative analysis showed that over the past 50 years, the total eroded soils in 1965 were 28 %, and in 2015 there were 38 % of eroded soils. Such an increase in eroded soils is an alarming fact, which confirms the need to comply with support practices. Slightly eroded soils account for 22 % against 14 % in previous years [1]. Over time, slightly eroded soils pass into the category of moderately and strongly eroded soils, which means the loss of agricultural products, which in its turn leads to further impoverishment of consumers, and the soil cover degrading into infertile soils category [2]. Therefore, it is easier to stop erosion at an early stage than to restore heavily eroded land. The figures showing the increase in the share of all eroded soils over a 50-year period show how deeply the erosion processes of the soil cover develop on the territory of Moldova.

The stationary method serves as the basis for the design of anti-erosion measures, which is a quantitative assessment of the erosion hazard of lands. This is the potential washout (t / ha per year), calculated taking into account the influence of climate, relief, soils, vegetation for slopes, gullies, or the entire study area. Depending on the magnitude of the erosion hazard of lands, the structure of land and sown areas is specified, a crop rotation system, fields and other elements of the system of anti-erosion organization of the territory are designed. The criterion for evaluating the effectiveness of work, both of individual methods and of the entire complex, should be the permissible washout, that is, the amount of washed off soil that can be restored by the soil-forming process [3]. To determine the amount of soil lost during heavy rainfall, the universal equation of soil loss RUSLE 2015 [3], which is used in European countries, is used.

The new map of soil loss due to water erosion in Europe uses a modified version of the RUSLE model (RUSLE2015, according to the method of Renard et al., 1997), which calculates the average annual soil loss rates from surface and linear erosion according to the following equation:

$$E = R \cdot K \cdot C \cdot LS \cdot P,$$

where E – average annual soil loss (t ha⁻¹ year⁻¹);

R – coefficient of erosion potential of rainfall (MJ mm ha⁻¹ hour⁻¹ year⁻¹);

K – coefficient of soil erodibility (t ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ mm⁻¹);

C – cover management factor (dimensionless) Apart from vegetation cover, soil loss is influenced by several other land use and management factors such as crop type, tillage practices, etc. The impact of land use and management is often referred to as cover management factor;

LS – coefficient of slope length and slope steepness (dimensionless);

P – Coefficient of erosion control measures (dimensionless).

The RUSLE2015 model makes some improvements to each of the soil loss factors, adapting them to the latest current data currently available on a European scale.

Losses of soils in the territory of our runoff plots stationary, where the coefficient of soil erodibility was calculated depending on the granulometric composition, humus content, structure and permeability of the soil. The data obtained are shown in table 1.

Table 1

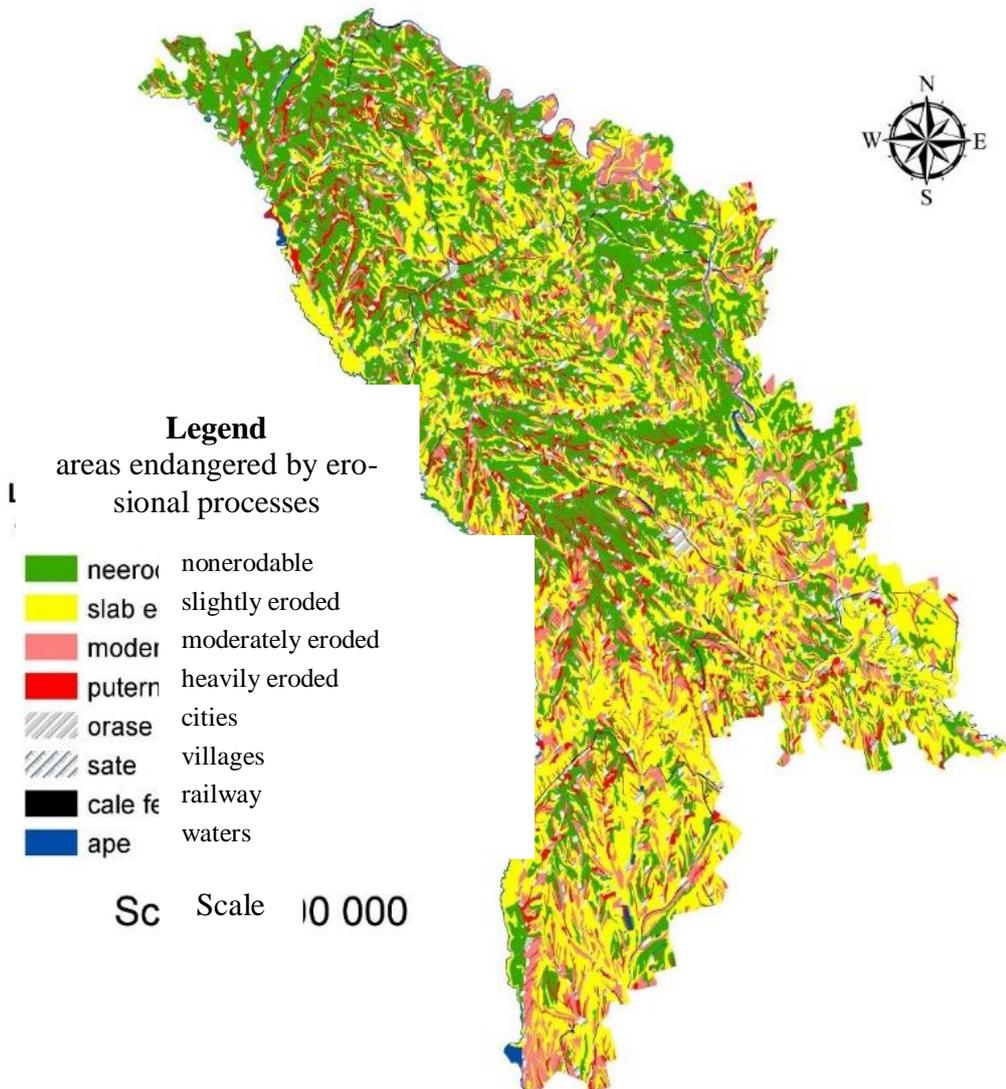
Amount of soil washout from natural rains (carbonate heavy loamy chernozem)

Field studies				Calculated data			
by Sobolev's method				by RUSLE			
Erosion degree	Slope, degree	Precipitations sum, mm	Washout volume, t/ha	R	LS	K	Washout volume, t/ha
Slight	3°	35	7,4	5,1	1,39	0,32	5,1
Heavy	6°	35	14,1	5,1	4,99	0,35	19,9
Slight	2°	55,6	2,8	3,96	0,78	0,32	2,2
Medium	5°	55,6	7,2	3,96	3,1	0,35	9,6
Heavy	4°	55,6	5,4	3,96	2,2	0,35	6,9

The method of rainfall simulators complements the method of runoff sites, which is the main one in studying the effectiveness of anti-deflationary measures. They belong to the group of physical modeling methods. The method of rainfall simulators is used not only for the purposes of modeling rainfall, but also in the study of irrigation erosion.

With the use of gis technologies, the use of drones in field research, space images when mapping eroded soils – this all facilitates the work for compiling cartographic material. The scale of soil – erosion maps depends on the purpose of mapping [5]. We carried out work on compiling an electronic map with the identification of soil complexes of different degrees of erosion. (fig. 1)

Such cartographic material is used for practical purposes of preparing recommendations for support practices (anti-erosion measures) in the regions of the republic. Aerial photographs taken at different times indicate the growth rate of ravines. The growth of the ravine is determined by measuring the distance between the position of the top of the ravine during the first and subsequent aerial photography. By dividing the growth of the ravine by the time between shots, we get the growth rate of the ravine. Thus, the variety of methods used in the study of erosion processes is significant. But their application depends on the goals and objectives set. Soil pollution in the republic is an important issue that is currently not being resolved.



Elaborated: Ciorba Andrei, Kuharuk Ecaterina
 Certificate of registration of the objects of copyright and related rights
 Series HP Nr. 3447 from 06.08.2012

Fig. 1. The map of eroded soils of Republic of Moldova

There are many unauthorized garbage dumps in rural areas (chemical, biological waste and so on) that pollute the environment as a human habitat. Waste recycling issues have not been resolved for many years. The financial deficit, as a result of the coronavirus pandemic, will postpone this decision to recycle waste indefinitely. Insufficient budgetary funding of many scientific areas has reduced the development of fundamental research.

Assessment of the intensity of erosion by the content of Cs-137 in the soil. This isotope is gamma-emitting and easy to detect, has a half-life of 30 years, and is well retained by various soil components. Cs-137 is used as an indicator of erosion and to assess its intensity. The proposed method is most appropriate for a large-scale study of erosion processes, as well as for recommendations on the soil and water support practices and protection measures.

This article is published with the financial support of the international project BSB963 “Protecting streams for a clean Black Sea by reducing sediment and litter

pollution with joint innovative monitoring and control tools and nature-based practices Protect-Streams-4-Sea”, carried out in the public organization “Eco –Tiras”.

Bibliography

1. Кухарук, Е. Улучшение плодородия эродированных почв в бассейне реки Днестр для развития органического сельского хозяйства / Е. Кухарук [и др.] // Европейский Союз, Программа развития Организации Объединенных Наций в Республике Молдова, UNDP. – Кишинев, 2017. – С. 1–104.
2. Kuharuk E. Lands affected by erosion – a main component of ecological monitoring and soil management. / E. Kuharuk // Sakharov Readings «Environmental problems of the XXI century». – Minsk, 2012. – P. 331–332.
3. Panagos, P. European Soil Data Centre: Response to European policy support and public data requirements / P. Panagos [etc.]. – Land Use Policy, 2012, P. 329–338. doi:10.1016 /j.landusepol.2011.07.003
4. Kuharuk, E. The State of Soil Erosion in the Republic of Moldova and the Need for Monitoring. / E. Kuharuk, O. Crivova // In: Dent D. (eds) Soil as World Heritage. Springer, Dordrecht. 2014, pp. 17–20 [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://doi.org/10.1007/978-94-007-6187-2_3
5. Кузнецов, М. С. Эрозия и охрана почв: учебник / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов. – Москва: Юрайт, 2019. – с. 191.
6. Кухарук, Е. Почвы и процессы радиоактивного загрязнения окружающей среды / Е. Кухарук. – Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – С. 105–111.

УДК 631.15

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ ДОСТИЖЕНИЯ НЕЙТРАЛЬНОГО УРОВНЯ ДЕГРАДАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Кучер^{1,2} А. В., Кучер³ Л. Ю.

¹Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина,

²Институт почвоведения и агрохимии им. О. Н. Соколовского,

³Харьковский национальный аграрный университет им. В. В. Докучаева,
г. Харьков, Украина

В мире проблема достижения нейтрального уровня деградации земель приобрела глобальный характер. Устойчивое использование и охрана земель является одним из важнейших компонентов, прямо или косвенно связанных с большинством целей устойчивого развития (ЦУР). Однако решающим является достижение ЦУР 15 «Защита, восстановление и устойчивое использование наземных экосистем, устойчивое управление лесами, борьба с опустыниванием, прекращение и предотвращение обратного деградации земель, прекращение потерь биоразнообразия», а особенно – ее задача 15.3 «К 2030 году бороться с опустыниванием, восстанавливать деградированные земли и почвы, включая земли, пораженные вследствие опустынивания, засух и наводнений, и стремиться достичь нейтрального уровня деградации земель в мире» [1].

В Украине Министерством защиты окружающей среды и природных ресурсов было организовано консультативный процесс с участием органов исполнительной власти, учреждений Национальной академии аграрных наук Украины (НААН) и Национальной академии наук Украины (НАНУ), неправительственных и международных организаций и экспертов, по результатам которого отработаны возможные направления установления добровольных национальных задач по достижению нейтрального уровня деградации земель (НУДЗ). Предложения относительно путей (добровольных национальных задач) по достижению НУДЗ были представлены НААН на заседании Координационного совета по борьбе с деградацией земель и опустыниванием (образованном в соответствии с постановлением Кабинета Министров Украины от 18.01.2017 № 20), которое состоялось 04.05.2018, и одобрены Координационным советом [1].

Как известно, «НУДЗ – это состояние, когда количество и качество земельных ресурсов, необходимых для поддержания экосистемных функций и услуг и повышения продовольственной безопасности, остается постоянным или увеличивается в определенных временных и пространственных рамках и экосистемах» [2].

В Украине установлены следующие добровольные национальные задачи достижения НУДЗ [3]:

1. Стабилизация содержания органического углерода в почвах сельскохозяйственных угодий;
2. Формирование, разработка и внедрение мероприятий по восстановлению и устойчивому использованию торфяников;
3. Восстановление площадей, модернизация орошения и улучшение эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель, предупреждение деградационных процессов.

Каждую из указанных задач, на наш взгляд, можно рассматривать как национальный проект, а в совокупности они могут сформировать национальную программу достижения НУДЗ. Поэтому для их эффективной и результативной реализации следует применять методологию управления проектами. Напомним, что проект – это заверченный цикл инновационной деятельности, управления проектами – это комплекс мер и действий, направленных на достижение поставленной цели и задач проекта за определенный период времени в условиях ограниченных ресурсов.

Поскольку реализация проектов достижения НУДЗ имеет целью минимизацию текущей деградации земель, предотвращение ее в будущем и восстановление деградированных земель, то целью управления этими проектами есть подготовка, принятие, исполнение и контроль решений по результативному достижению цели указанных проектов. Задачами управления проектам достижения НУДЗ, по нашему мнению, являются следующие: разработка собственно самих проектов; оценки экономической, экологической и социальной эффективности проектов; поиск источников финансирования проектов; обоснование и принятие решений по

почвенно-агрохимических, технико-технологических и организационно-экономических аспектах реализации проектов.

Однако следует иметь в виду, что в каждом конкретном случае как цель, так и задачи проекта, а соответственно и цель управления им могут отличаться. В целом же сверхзадачей (миссией) всех этих проектов независимо от иерархического уровня (национального, регионального или локального) будет обеспечение продовольственной и экологической безопасности государства.

Таким образом, чтобы достичь НУДЗ необходимо разработать и реализовать на практике национальную программу достижения НУДЗ в Украине, которая будет включать, по крайней мере, три национальных (суб)проекты, направленные на внедрение практик устойчивого управления земельными ресурсами, а именно (сформировано на основе [3]):

1. Национальный проект «Поддержание содержания органического вещества в почвах». Цель проекта – до 2030 г. увеличить содержание органического вещества в почве не менее чем на 0,1 %, в т.ч. в разрезе зон: Полесье – на 0,10–0,16 %; Лесостепь и Степь – на 0,08–0,10 % по сравнению с аналогичными показателями 2010 г.

2. Национальный проект «Восстановление и устойчивое использование торфяников». Цель проекта – до 2030 г. обеспечить реализацию пилотных проектов на площади (i) ренатурализованных осушенных торфяников не менее 1000 га/год; (ii) рекультивированных отработанных торфяников не менее 1000 га/год; (iii) площади реабилитированных торфяников не менее 1000 га/год.

3. Восстановление орошения и улучшение эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель.

Цель проекта – до 2030 г. обеспечить реализацию пилотных проектов по (i) реконструкции и восстановлению оросительных и дренажных систем на площади не менее 5 тыс. га/год; (ii) строительства новых оросительных систем на площади не менее 5 тыс. га/год; (iii) достижение хорошего эколого-мелиоративного состояния земель и повышение плодородия почв.

Наглядно проектную структуру национальной программы достижения НУДЗ в Украине представлено на рисунке 1. Итак, на локальном (самом нижнем) иерархическом уровне разрабатывают и реализуют монопроекты достижения НУДЗ; на региональном уровне – в основном мультипроекты (региональные проекты), включающие монопроекты; на национальном уровне – мегапроекты (национальные проекты или программы), в состав которых входят мульти- и монопроекты.

Учитывая изменения климата в направлении потепления, есть основания прогнозировать, что в перспективе наиболее будет внедрено проектов восстановления, модернизации и строительства новых мелиоративных систем, что будет способствовать доведению в 2030 г. фактических площадей использования орошения до 1,5 млн га, как это предусмотрено в работе [3]. Учитывая это, одним из соавторов разработана

концептуальная модель управления оросительными аграрными проектами в контексте изменений климата, в основу которой положены следующие концептуальные идеи: направленность на адаптацию к изменениям климата путем климатически разумного устойчивого земледелия (climate-smart agriculture); смещение приоритетов в направлении индустрии 4.0 (industry 4.0) [4]. Практическое применение указанной модели будет способствовать эффективному достижению определенных в проектах результатов по стоимости, времени, качеству и удовлетворению стейкхолдеров проекта.



Рис. 1. Проектная структура национальной программы достижения НУДЗ в Украине

Достижению НУДЗ будет способствовать внедрение разработанной в ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени О. Н. Соколовского» Концепции достижения нейтрального уровня деградации земель (почв) Украины, которая включает в том числе обоснование основных направлений достижения их нейтрального уровня и совершенствования информационного и институционального обеспечения выполнения соответствующих добровольных национальных задач [4]. Предложенные в Концепции основные направления достижения нейтрального уровня деградации земель, по сути, являются стратегическими приоритетами развития низкоуглеродистого сельскохозяйственного землепользования. Таким образом, внедрение соответствующих мероприятий на сельскохозяйственных землях будет способствовать не только приостановлению основных видов почвенной деградации и достижению простого воспроизводства плодородия почв, но и прогнозируемому уменьшению выбросов CO₂екв.

Таким образом, следует разработать и внедрить на практике национальную программу достижения НУДЗ в Украине, которая будет включать предложенные национальные (суб)проекты, направленные на имплементацию практик устойчивого управления земельными ресурсами.

Список литературы

1. Довідкова інформація стосовно встановлення добровільних національних завдань щодо досягнення нейтрального рівня деградації земель в контексті міжнародних процесів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/news/32478.html>.
2. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E.
3. Пропозиції Національної академії аграрних наук України щодо встановлення та реалізації в Україні добровільних національних завдань досягнення нейтрального рівня деградації земель (НРДЗ). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/news/32332.html>
4. Кучер, Л. Еколого-економічна ефективність зрошувальних проєктів у контексті змін клімату / Л. Кучер, С. Дрокін, Є. Улько // Agricultural and Resource Economics. – 2020. – Vol. 6. – No. 2. – С. 57–77. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doi.org/10.51599/are.2020.06.02.04>.
5. Концепція досягнення нейтрального рівня деградації земель (грунтів) України; за наук. ред. С. А. Балюка, В. В. Медведєва, М. М. Мірошніченка. – Харків: ФОП Бровін О. В., 2018. – 32 с.

УДК 631.471

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Лапа В. В., Матыченков Д. В.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Разработка информационных систем 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. 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 [1, 2]. Направление «Цифровое землепользование» – интеллектуальная система, осуществляющая в автоматизированном режиме сбор, анализ, обновление информации о состоянии почвенных и земельных ресурсов, разрабатывающая рекомендации по оптимальному размещению посевов сельскохозяйственных культур, нарезке полей, размещению севооборотов, технологи-

ям возделывания культур, автоматизированную оценку земельных участков (в том числе кадастровую), контроль и мониторинг систем землепользования и адаптивно-ландшафтного земледелия, их воздействия на окружающую среду и сельский социум. Направление «Умное поле» – обеспечение стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции растениеводства за счет внедрения цифровых технологий сбора, обработки и использования массива данных о состоянии почв, растений и окружающей среды.

В Украине выделено три основных приоритета инновационного развития сельского хозяйства: первый – точное земледелие. Популярность объясняется в первую очередь внятным экономическим эффектом: применение технологии позволяет сэкономить в среднем 15 % удобрений, топлива и средств защиты растений, оптимизировать управление полем. Второй приоритет – инновации в учет и анализ полей. Третье направление – системы интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами управления компанией, которые позволяют контролировать разрозненные земельные массивы по всей территории страны и управлять большим количеством людей [3].

Пять стран Центральной Азии также добились хороших успехов в переходе на цифровые технологии в своих секторах сельского хозяйства, включая использование точного земледелия, систем мониторинга в растениеводстве и животноводстве и цифровое картирование почв. Однако, чтобы реализовать весь потенциал этих усилий, необходимы последовательные стратегии развития цифрового сельского хозяйства.

В Республике Беларусь 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 также включены в приоритетные направления научной деятельности [4].

Сельскохозяйственные информационные системы должны обеспечивать оптимальное распределение и использование ресурсов, максимально быстрое распространение информации о современных технологических приемах и средствах интенсификации производства. Для активного распространения цифровых технологий в сельском хозяйстве необходимы новые подходы, методы, платформенные решения для управления земледелием и землепользованием, агропромышленным производством, в основе которых должны лежать научные заделы в области моделирования процессов, определяющих плодородие почв, использования данных о почвенном покрове, а также геоинформационные технологии. Они должны послужить основой для разработки информационно-ресурсной цифровой платформы интеллектуального управления системами земледелия и землепользования на разных уровнях – от одного поля до страны [5].

Интеллектуальная информационная система должна осуществлять сбор, анализ, обновление информации о состоянии почвенных и земель-

ных ресурсов территории, а также давать рекомендации по оптимальному размещению посевов сельскохозяйственных культур, нарезке полей, размещению севооборотов, агротехнологиям возделывания культур. Цифровизация почвоведения затрагивает не только такие традиционные для нее области как создание цифровых почвенных карт, баз данных, информации об агрохимическом состоянии почв, но и создание интеллектуальных систем, которые в автоматизированном виде могли бы давать рекомендации по оптимальному размещению посевов сельскохозяйственных культур, размещению севооборотов, агротехнологиям возделывания культур. Наиболее актуальными разработками в данной области являются: информационно-справочные системы по почвенно-ресурсному потенциалу; методики получения заданного количества и качества растениеводческой продукции соответственно специализации хозяйств посредством программирования продуктивности севооборотов; методики проектирования севооборотов и оптимальной структуры посевных площадей; разработки по прогнозированию и планированию заданной урожайности сельскохозяйственных культур; научное обеспечение мероприятий по повышению плодородия земель; внедрение научно обоснованных ресурсосберегающих и природоохранных технологий в сельскохозяйственном производстве.

Разработанные ранее в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» системы информационного обеспечения рационального использования почвенных ресурсов отдельных землепользований подтвердили возможность и необходимость создания подобной системы для Республики Беларусь [6]. На основе цифровых почвенных карт слоя «Почвы» ЗИС института «Белгипрозем» и материалов различных туров агрохимического обследования создается интеллектуальная информационная система сельскохозяйственного производства землепользований для целей планирования оптимального использования земельных ресурсов, которая позволит решить следующие задачи:

- создание информационно-справочных системы по почвенно-ресурсному потенциалу;
- выявление лимитирующих урожай факторов по анализу почвенных и агрохимических условий для каждой возделываемой культуры;
- проведение многоцелевой оценки пригодности почвенного покрова для возделывания сельскохозяйственных культур с учетом его потенциального плодородия;
- планирование размещения сельскохозяйственных культур посредством наиболее пригодных севооборотов для каждого рабочего участка;
- разработка необходимых мероприятий для ввода наиболее пригодных севооборотов с учетом существующего распределения посевных площадей и уровнем агротехники;
- прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур с учетом существующих и запланированных свойств почвенного покрова и агротехнологических мероприятий;

– разработка комплекса агротехнических мероприятий для заданного максимально возможного уровня урожайности при существующих материальных ресурсах;

– создание необходимой картографической, табличной и описательной выходной информации для практического использования, в удобном и понятном для широкого круга пользователей виде.

Поставленные перед разрабатываемой интеллектуальной информационной системой сельскохозяйственного производства для целей планирования оптимального использования земельных ресурсов задачи можно решить с использованием цифровых и геоинформационных технологий агропочвоведения. Данная система должна стать научным и информационным обеспечением эффективного и экологически безопасного землепользования в республике. Объективно отражая агроэкологическое состояние почв Беларуси, используя актуальные знания об использовании удобрений, пригодность почв как под сельскохозяйственные культуры, так и севообороты, разрабатываемая система предоставит выбор наиболее оптимальных севооборотов для всех рабочих участков землепользования, предложит необходимые агротехнологические мероприятия для достижения заданных параметров урожая сельскохозяйственных культур при имеющихся в наличии ресурсах и при различных моделях сельскохозяйственного использования земель.

Список литературы

1. Цифровая экономика Российской Федерации: Программа, утв. распоряжением Правительства Российской Федерации № 1632-р от 28 июля 2019 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>

2. Развитие цифровой экономики России. Программа до 2035 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/2332179/>.

3. Інноваційна Україна / [за ред. В. М. Гейцята ін.] // Національна доповідь, 2020. – К.: НАН України, 2015. – 336 с.

4. Указ Президента Республики Беларусь 7 мая 2020 г. № 156 «О приоритетных направлениях научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/P32000156_1588885200.pdf

5. Почвенно-информационные системы в агропочвоведении / В. В. Лапа [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2018. – №2 (117). – С. 9–12.

6. Информационная система учета динамики и прогноза свойств почвенного покрова / В. В. Лапа, Д. В. Матыченков, Т. Н. Азаренок // Современные проблемы изучения почвенных и земельных ресурсов: сборник докладов Третьей Всероссийской открытой конференции. Москва, 9–11 декабря 2019 г., – М.: Почвенный ин-т им. В. В. Докучаева, 2019. – С. 255–260.

ВЛИЯНИЕ ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ КУЛЬТУР НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПОЧВ К ВОДНОЙ ЭРОЗИИ

Логачёв И. А.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Интенсификация земледелия без соответствующего учета природно-ландшафтных условий приводит к усилению процессов деградации почвенного покрова, снижению продуктивности пахотных земель. В Беларуси одним из распространенных видов деградации почв является водная эрозия. Эродированные и эрозионноопасные земли занимают в республике более 2,0 млн. га, в том числе подверженные эрозии около 10 %, эрозионноопасные – около 40 %. Одним из наиболее доступных приемов улучшения противоэрозионной устойчивости и структурного состояния пахотного горизонта является насыщение севооборота культурами с высоким почвозащитным коэффициентом. В ходе исследований был определен ряд показателей противоэрозионной устойчивости почв, сформированных на лессовидных (табл. 1) и моренных легких суглинках (табл. 2).

Значения показателя водоустойчивости менее 30 % под всеми культурами и на всех степенях эродированности, что свидетельствует о низкой противоэрозионной стойкости почв, сформированных на лессовидных почвообразующих породах. Следует отметить, что величина данного показателя несколько выше на эродированных почвах, занятых люцерной и горохоовсяной смесью (ГОС), что указывает на положительное влияние возделывания многолетних трав зернобобовых смесей на формирование противоэрозионной стойкости почв.

Коэффициент водопрочности наиболее сильно подчеркивает низкую природную стойкость лессовидных суглинков к процессам эрозии. Его величины не превышают 0,1.

Полученные в ходе структурно-агрегатного анализа данные о средне-взвешенном диаметре водопрочных агрегатов позволили установить размывающую скорость водного потока под различными сельскохозяйственными культурами. Данный показатель хорошо иллюстрирует влияние растений на интенсивность эрозионной деградации. Скорость необходимая для разрушения пахотного горизонта под травами выше, чем под рапсом, овсом и яровой пшеницей, особенно на эродированных почвенных разновидностях, где она может быть выше более, чем в два раза. При этом под зерновыми и яровым рапсом противоэрозионную стойкость можно охарактеризовать как низкую, а под горохоовсяной смесью и люцерной как среднюю и высокую.

Почвы стационара «Браслав» характеризуются более высокой естественной противоэрозионной стойкостью, что обусловлено генезисом почвообразующих пород.

Таблица 1

**Показатели противоэрозионной устойчивости дерново-подзолистых почв
разной степени эродированности, сформированных на лессовидных
суглинках, под различными сельскохозяйственными культурами
(стационар «Стоковые площадки», СПК «Щомыслица» Минского района)**

Агрофон		Эродированность почвы		
севооборот	культура	неэродиро-ванная	среднеэроди- рованная	сильноэро- дированная
Средневзвешенный диаметр агрегатов при мокром просеивании, мм				
Травяно-зерновой (Кз-0,83)	ГОС	0,2	0,2	0,4
	Люцерна 1 г. п.	0,2	0,3	0,4
	Люцерна 2 г. п.	0,3	0,4	0,2
Зерновой (Кз-0,57)	Овес	0,4	0,2	0,2
	Яровой рапс	0,2	0,2	0,3
	Яровая пшеница	0,3	0,4	0,3
Содержание водопрочных агрегатов крупнее 0,5 мм, в %				
Травяно-зерновой (Кз-0,83)	ГОС	6,0	4,0	7,6
	Люцерна 1 г. п.	5,1	8,5	10,4
	Люцерна 2 г. п.	8,9	11,2	3,4
Зерновой (Кз-0,57)	Овес	8,4	3,6	3,3
	Яровой рапс	4,1	3,7	6,5
	Яровая пшеница	8,7	9,3	6,4
Водоустойчивость, %				
Травяно-зерновой (Кз-0,83)	ГОС	17,0	14,8	13,5
	Люцерна 1 г. п.	16,4	15,8	17,3
	Люцерна 2 г. п.	18,3	16,4	8,3
Зерновой (Кз-0,57)	Овес	18,2	9,7	8,3
	Яровой рапс	11,6	9,6	9,7
	Яровая пшеница	19,0	15,1	13,4
Коэффициент водопрочности				
Травяно-зерновой (Кз-0,83)	ГОС	0,1	<0,1	0,1
	Люцерна 1 г. п.	<0,1	0,1	0,1
	Люцерна 2 г. п.	0,1	0,1	<0,1
Зерновой (Кз- 0,57)	Овес	0,1	< 0,1	< 0,1
	Яровой рапс	0,1	< 0,1	0,1
	Яровая пшеница	0,1	0,1	0,1
Размывающая скорость водного потока, см/с				
Травяно-зерновой (Кз-0,83)	ГОС	27,7	28,1	39,9
	Люцерна 1 г. п.	27,7	34,4	39,9
	Люцерна 2 г. п.	35,0	40,4	28,6
Зерновой (Кз-0,57)	Овес	23,0	16,4	16,5
	Яровой рапс	16,2	16,4	20,3
	Яровая пшеница	20,5	20,5	23,7

Таблица 2

Показатели противоэрозионной устойчивости дерново-подзолистых почв разной степени эродированности, сформированных на моренных суглинках, под различными сельскохозяйственными культурами (стационар «Браслав», ОАО «Межаны» Браславского района)

Агрофон		Эродированность почвы			
		неэродированная	слабоэродированная	среднеэродированная	сильноэродированная
севооборот	культура				
Средневзвешенный диаметр агрегатов при мокром просеивании, мм					
Травяно-зерновой (Кз-0,72)	Яровая пшеница (подсев люцерны)	0,7	0,5	0,6	0,4
	Люцерна 1 г. п.	0,5	0,4	0,5	0,5
	Люцерна 2 г. п.	1,0	0,8	0,5	0,9
Зерно-травяной (Кз-0,47)	ГОС	0,4	0,4	0,5	0,4
	Озимая тритикале	0,4	0,4	0,5	0,3
Содержание водопрочных агрегатов крупнее 0,5 мм, %					
Травяно-зерновой (Кз-0,72)	Яровая пшеница (подсев люцерны)	23,6	18,3	13,2	19,3
	Люцерна 1 г. п.	17,3	13,9	20,1	16,5
	Люцерна 2 г. п.	32,3	24,1	20,6	26,3
Зерно-травяной (Кз-0,47)	ГОС	17,7	17,9	16,9	14,7
	Озимая тритикале	12,0	14,7	14,5	9,9
Водоустойчивость, %					
Травяно-зерновой (Кз-0,72)	Яровая пшеница (подсев люцерны)	48,7	43,1	42,2	35,1
	Люцерна 1 г. п.	40,8	39,7	41,2	37,7
	Люцерна 2 г. п.	51,8	42,6	43,5	40,9
Зерно-травяной (Кз-0,47)	ГОС	51,3	42,0	39,2	36,4
	Озимая тритикале	51,4	34,7	38,0	31,9
Коэффициент водопрочности					
Травяно-зерновой (Кз-0,72)	Яровая пшеница (подсев люцерны)	0,3	0,2	0,2	0,2
	Люцерна 1 г. п.	0,2	0,2	0,2	0,2
	Люцерна 2 г. п.	0,4	0,3	0,2	0,3
Зерно-травяной (Кз-0,47)	ГОС	0,2	0,2	0,2	0,2
	Озимая тритикале	0,1	0,2	0,2	0,1
Размывающая скорость водного потока, см/с					
Травяно-зерновой (Кз-0,72)	Яровая пшеница (подсев люцерны)	43,0	36,6	40,6	32,9
	Люцерна 1 г. п.	44,4	39,9	44,9	45,2
	Люцерна 2 г. п.	63,9	57,2	45,2	50,6
Зерно-травяной (Кз-0,47)	ГОС	39,7	39,9	44,9	40,4
	Озимая тритикале	23,2	23,4	26,3	20,5

Коэффициент водопрочности в два и более раз выше, чем на почвах стационара «Стоковые площадки». Водоустойчивость неэродированных почвенных разновидностей в независимости от возделываемой культуры находится в хороших диапазонах. С увеличением интенсивности процессов эрозионной деградации проявляются различия, которые объясняются влиянием сельскохозяйственных культур. Если под посевами люцерны и горохоовсяной смеси величины водоустойчивости практически целиком находятся в диапазонах хороших (за исключением сильноэродированных разновидностей), под пшеницей с подсевом люцерны такие же тенденции, то под посевами озимого тритикале значения данного показателя на эродированных почвах соответствуют диапазонам удовлетворительных параметров.

Высокая природная устойчивость к водно-эрозионным процессам почв, сформированных на моренных генетических породах, отражается в больших абсолютных величинах средневзвешенного диаметра водопрочных агрегатов, которые в два и более раз выше, чем на лессовидных, что и определяет необходимые скорости водного потока для деградации пахотного горизонта. Так, согласно классификации М. С. Кузнецова, противоэрозионная стойкость почвенного покрова под горохоовсяной смесью и люцерной высокая на всех степенях эродированности, такая же тенденция характерна и для яровой пшеницы с подсевом люцерны [1, 2]. Скорости необходимые для критической интенсификации деградации под озимой тритикале существенно ниже и соответствуют средней противоэрозионной стойкости.

Таким образом, одну из ключевых ролей в снижении интенсивности протекания процессов эрозионной деградации играет рациональное использование почвенного покрова склоновых земель, что отражается в величинах размывающих скоростей под различными сельскохозяйственными культурами. Скорость необходимая для разрушения пахотного горизонта под травами выше, чем под зерновыми и яровым рапсом, особенно на эродированных дерново-подзолистых почвах, сформированных на легких лессовидных суглинках, где она может быть выше более, чем в два раза.

Изменение сельскохозяйственной культуры приводит к существенному изменению потенциальной активности эрозионных процессов, что отражено в варианте, где горохоовсяную смесь сменяет озимое тритикале, из-за чего значения скоростей необходимых для разрушение плодородного горизонта почвы снизились практически в 2 раза.

Список литературы

1. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Карчагина; изд. 3-е перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
2. Кузнецов, М. С. Об оценке противоэрозионной стойкости почв второй очереди освоения Каршинской степи / М. С. Кузнецов, В. Я. Григорьев // Науч. докл. высш. шк. биол. науки. – 1976. – № 7. – С. 133–138.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВ ПАХОТНЫХ И ЦЕЛИННЫХ СЕРЫХ ПОЧВ СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ МОЛДОВЫ

Лях Т. Г., Чербарь В. В.

*Институт почвоведения, агрохимии и охраны почв им. Н. Димо,
г. Кишинев, Молдова*

Серые почвы умеренно теплого полувлажного района Северной Молдовы занимают Северо-Молдавское Плато. Этот географический район представляет собой первичную денудационную поверхность, сформировавшуюся в плиоцене. Для него характерны пологие формы рельефа, что вызывает слабое проявление эрозионных процессов [3].

Абсолютные доминирующие высоты – 250–300 м. Климатические условия северного плато: годовая сумма активных температур воздуха $>10^{\circ}=2700–2900^{\circ}$; годовое количество осадков – 540–560 мм; коэффициент влажности, $K = 0,70–0,80$. Годовое количество осадков в центральной и южной части плато меньше, а сумма активных температур выше, чем в его северо-западной части [4, 7].

Естественные серые почвы, образовавшиеся под лесом в разные исторические периоды, использовались в пахотных целях в результате вырубки лесов. Самые большие лесные массивы были расчищены и переданы в сельскохозяйственные угодья в период 1800–1900 гг., когда резко возросло население и возникла потребность в новых пахотных землях [1].

Материнские породы представлены преимущественно четвертичными лёссовыми отложениями тяжелосуглинистыми эолового происхождения (мощность пласта 1–1,5 м), под которыми располагаются плиоценовые супесчаные отложения с крупными обломками известняковых пород [3].

Для определения изменения качественного состояния пахотных серых почв в центральной и южной части Северного плато Молдовы по сравнению с таковыми в северо-западной части плато, на горизонтальной поверхности широкой гряды были размещены 2 профиля:

- в лесу (Р. 25);
- на пашне (Р. 24).

Естественные серые почвы (р. 25). Профиль почвы заложен на горизонтальной поверхности широкой вершины Северо-Молдавского плато в девственном лесу, в 100 м к югу от северной границы пашни (р.24). Абсолютная высота местности – 239 м, координаты основного профиля почвы: широта – $48^{\circ}08,283'$; долгота – $27^{\circ}17,566'$.

Климатические условия, рельеф, поверхностные и подстилающие породы аналогичны для обоих профилей. Почвенный покров представлен целинными серыми лесными почвами, гумусными, с глубоким

среднеумеренным гумусовым профилем, суглинистые 0–26 см и тяжелоуглинистые 26–120 см.

Серая лесная почва характеризуется профилем типа: *AhE_t–AEh–BEhtw–Bhtw–Btw–BCtw–ICRk*. Вскипание – с глубины 120 см. Ниже глубины 120 см появляются карбонаты в виде псевдомицелиев и тонких нитей, а также мелких и средних обломков песчаника.

Процессы, которые привели к кардинальному изменению содержания глины в слое *Btw* исследуемой почвы, являются: вымывание глины из слоя 0–26 см и выщелоченный процесс изменения "*in situ*" исходного материнского материала данного горизонта [2, 5].

Среднестатистические данные главных характеристиках серых лесных почв представлены в таблицах 1, 2, 5.

Таблица 1

Текстура целинных серых почв (р. 25)

Горизонт и глубина, см	Размеры фракций (мм); содержание (%)						
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
AhE _t 0–9	1,1	23,3	32,9	11,0	12,4	19,3	42,7
AEh 9–26	0,7	22,9	32,8	10,8	12,0	20,8	43,6
BEhtw 26–37	0,9	22,4	30,2	10,2	11,3	25,0	46,5
Bhtw 37–54	1,0	22,7	28,9	9,9	10,0	27,5	47,4
Btw 54–72	0,8	22,8	27,4	9,9	10,9	28,2	49,0
BCtw 72–100	1,1	28,1	23,7	9,5	9,9	27,7	47,1
BCtw 100–120	2,4	31,3	20,7	9,1	8,9	27,6	45,6
ICRk 120–140	1,5	55,2	18,5	5,7	6,3	12,8	24,8

Таблица 2

Среднестатистические параметры ($\bar{X} \pm s$) по генетическим горизонтам структурного состава для целинных серых почв (р. 25)

Горизонт и глубина, см	Диаметр структурных элементов (мм); содержание (%)				Качество структуры	Водно-прочность структуры
	>10	< 0,25	$\Sigma 10-0,25$	$\Sigma >10+< 0,25$		
AhE _t 0–9	7,2±1,1	9,3±1,8	83,5±2,0	16,5±2,0	отличное	оч. высокое
	-	26,1±1,6	73,9±1,6	26,1±1,6		
AEh 9–24	9,5±2,4	5,2±1,8	85,2±2,2	14,7±2,2	отличное	оч. высокое
	-	17,8±1,5	82,2±1,5	17,8±1,5		
BEhtw 24–35	31,0±2,6	3,6±0,6	65,4±2,1	34,6±2,1	хорошее	высокое
	-	23,7±3,2	70,2±12,3	23,7±3,2		
Bhtw 35–53	46,1±11,4	4,7±3,3	49,2±11,8	50,8±11,8	среднее	высокое
	-	33,5±2,3	66,5±3,5	33,5±2,3		

Примечание. Числитель – данные сухого просеивания; знаменатель – данные мокрого просеивания.

Пахотные серые почвы (р. 24). Профиль почвы был заложен на горизонтальной поверхности широкой гряды Северо-Молдавского плато. Абсолютная высота – 234 м, координаты основного профиля почвы: широта – 48,141950°; долгота – 27,297600°. Почвенный покров пашни представлен серыми пахотными почвами умеренно гумусными с полуглубо-

ким гумусным профилем, суглинистыми 0–35 см и тяжелосуглинистыми 35–100 см. Исследуемая почва используется под пашню около 70 лет.

Естественными факторами деградации являются элювиально-иллювиальный процесс текстурной дифференциации почвы и чрезмерное уплотнение нижележащего иллювиального слоя. Антропогенными факторами деградации почв являются: дегумификация и деструктуризация пахотного слоя, и вторичное уплотнение подпахотного слоя почв в результате сельскохозяйственной эксплуатации [5, 6].

Пахотные серые почвы характеризуются профилем типа: *Ahp1–Ahp2–Bhtw–Btw–BCtw–ICRk*. Глубина профиля – 120 см. На глубине 100 см появляется подстиляющая порода, образованная рыхлым желтым супесчаным материалом с крупными обломками песчаника.

В результате вырубki лесов и использование земель под пашней, изменился гидротермальный режим и биологический круговорот веществ, следовательно, элювиальный – иллювиальный процесс в профиле этих почв прекратился. Среднестатистические данные главных характеристиках пахотных серых почв представлены в таблицах 3, 4, 5.

Таблица 3

Текстура пахотных серых почв (р. 24)

Горизонт и глубина, см	Размеры фракций (мм); содержание (%)						
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
Ahp1 0–24	2,2	23,6	31,2	9,6	13,2	20,2	43,0
Ahp2 24–35	2,4	23,4	31,1	9,2	13,9	20,0	43,1
Bhtw 35–53	2,1	21,7	28,3	8,2	12,5	27,2	47,9
Btw 53–71	1,6	21,5	27,8	8,7	10,8	29,6	49,1
BCtw 71–80	2,4	22,2	26,3	8,4	10,9	29,8	49,1
BCtw 80–100	2,8	26,4	23,0	9,7	10,1	28,0	47,8
ICRk 100–120	9,7	63,7	9,2	5,1	5,3	7,0	17,4

Таблица 4

Среднестатистические параметры ($\bar{X} \pm s$) по генетическим горизонтам структурного состава для пахотных серых почв (р. 24)

Горизонт и глубина, см	Диаметр структурных элементов (мм); содержание (%)				Качество структуры	Водно-прочность структуры
	>10	< 0,25	$\Sigma 10-0,25$	$\Sigma >10 < 0,25$		
Ahp1 0–12	$\frac{23,8 \pm 8,0}{-}$	$\frac{8,5 \pm 5,6}{64,6 \pm 3,5}$	$\frac{67,7 \pm 3,9}{35,4 \pm 3,5}$	$\frac{32,3 \pm 3,9}{64,6 \pm 3,5}$	хорошее	низкое
Ahp1 12–25	$\frac{39,6 \pm 1,6}{-}$	$\frac{4,3 \pm 0,7}{64,1 \pm 3,3}$	$\frac{56,2 \pm 2,0}{35,9 \pm 3,3}$	$\frac{43,9 \pm 2,0}{64,1 \pm 3,3}$	удовлетворительное	низкое
Ahp2 25–35	$\frac{34,5 \pm 6,1}{-}$	$\frac{3,5 \pm 2,2}{69,4 \pm 4,7}$	$\frac{62,3 \pm 7,5}{30,6 \pm 4,7}$	$\frac{38,0 \pm 7,5}{69,4 \pm 4,7}$	хорошее	низкое
Bhtw 35–53	$\frac{22,3 \pm 5,3}{-}$	$\frac{2,9 \pm 0,8}{64,9 \pm 2,8}$	$\frac{74,9 \pm 4,6}{35,1 \pm 2,8}$	$\frac{25,2 \pm 4,6}{64,9 \pm 2,8}$	хорошее	низкое

Примечание. Числитель – данные сухого просеивания; знаменатель – данные мокрого просеивания.

Сравнительная характеристика значений параметров пахотных и целинных (естественных) серых почв по стандартным глубинам представлена в таблице 5. Данные подтверждают, что состав пахотных и целинных почв практически аналогичен – суглинистые в верхней части профиля и тяжелосуглинистые в иллювиальных или выщелоченных горизонтах. Суглинистый состав пахотных серых почв коррелирует с качественным состоянием структуры, которое можно оценить, как хорошее с точки зрения почвенных обработок. За счет суглинистой текстуры пахотный слой относительно легко обрабатывается, вспашка менее комковатая, чем в случае мелкозернистых почв. Суглинистая текстура иллювиальных горизонтов Bhtw и Btw и массивная структура привели к чрезмерному уплотнению этих горизонтов и формированию в них неблагоприятного физического качественного состояния.

Таблица 5.

Средневзвешенные статистические параметры основных свойств целинных и пахотных серых почв по стандартным глубинам

Стандартные глубины, см	Ил <0,001 мм	Физ. глина <0,01 мм	СН*	D	DA	PT	GT	H	CaCO ₃ , %	pH	АН
	%										
Р.24. Серые почвы, среднегумусовые с полуглубоким гумусовым профилем, суглинистые 0–35 см и тяжелосуглинистые 35–100 см, пахотные											
0–30	20,2	43,0	5,2	2,60	1,40	46,2	8	2,23	0	6,4	3,5
30–50	25,4	46,7	4,7	2,65	1,59	40,0	21	1,60	0	6,4	2,6
0–50	22,3	44,5	5,0	2,62	1,48	43,5	13	1,98	0	6,4	3,2
50–100	28,9	48,5	4,8	2,68	1,61	39,9	22	0,61	0	7,0	–
0–100	25,6	46,5	4,9	2,65	1,55	41,5	17	1,30	0	6,7	–
Р.25. Серые почвы, умеренно-гумусовые с полугумусовым профилем, глинистые 0–26 см и тяжелосуглинистые 26–100 см, целинные (лес)											
0–30	21,2	43,9	5,6	2,58	1,28	50,4	-1	3,84	0	5,8	5,0
30–50	26,9	47,3	5,5	2,66	1,58	40,6	20	1,47	0	5,6	4,3
0–50	23,5	45,3	5,6	2,61	1,40	46,3	8	2,89	0	5,7	4,7
50–100	27,9	47,8	6,5	2,69	1,66	38,3	24	0,57	0	5,6	–
0–100	25,7	46,6	6,1	2,65	1,53	42,3	16	1,73	0	5,7	–

Примечание:

*СН – коэффициент гигроскопичности, %;

D – плотность твердой фазы, г/см³;

DA – плотность сложения, г/см³;

PT – общая пористость, %;

GT – степень уплотнения, %;

H – гумус, %;

pH – единицы;

АН – гидrolитическая кислотность, мэ/100 г почвы.

Структура пахотного слоя серых почв среднего качества, водопрочность агрегатов низкая (табл. 5). Благоприятное состояние физического качества этого слоя может быть создано только периодической обработкой почвы в течение всего вегетационного периода сельскохозяйственных культур.

Верхние горизонты естественной серой почвы Ah_t, AEh, BEhtw характеризуются очень хорошей структурой, образованной водопрочными агрегатами (табл. 2). Использование серых почв в земледелии привело к разрушению изначально благоприятной структуры естественных серых почв. Деструктуризация значительно снизила сопротивление к уплотнению подпахотного слоя. К концу вегетационного периода плотность сложения пахотного слоя достигает значений 1,4–1,5 г/см³, а нижележащего почвенного слоя – выше 1,5 г/см³, что создает неблагоприятные условия для роста растений.

Иллювиальные горизонты Bhtw и Btw пахотных и целинных серых почв аналогичны и характеризуются практически массивной структурой, плотностью (1,61–1,66 г/см³) и очень высокой степенью уплотненности (20–24) (табл. 5). Улучшить состояние физического качества иллювиального горизонта можно только выполнением подпочвенной обработкой на глубине 40–70 см.

Содержание гумуса в слое 0–30 см пахотных почв (2,23 %) по сравнению с содержанием гумуса в том же слое целинных почв (3,84 %), т.е. снизилось на 1,6 %. Пахотные почвы потеряли до 42 % исходного содержания гумуса. Дегумификация и обработка почвы, в свою очередь, вызвали вторичную деструктуризацию и уплотнение пахотных серых почв и ухудшение их физического качества. Целинные серые почвы характеризуются значительным накоплением биофильных элементов (NPK) в поверхностных горизонтах, а пахотные – со значительным снижением их содержания в пахотном слое [6].

Реакция естественных серых почв кислая (pH = 5–6, гидролитическая кислотность – 4–6 me), а пахотных серых почв – слабокислая (pH = 6–7, гидролитическая кислотность – 2–3 me/100 г почвы), что привело к остановке процесса элювиально-иллювиального процесса в этих почвах.

Выводы. Необходимые для пахотных серых почв педомелиоративные и агротехнические мероприятия являются: увеличение содержания органических веществ в пахотном слое за счет внесения органических удобрений; соблюдение правил введения зональных севооборотов; внесение химических удобрений в умеренных дозах; усовершенствование системы обработки почвы (вспашка один раз в 3–4 года на глубину 35 см, для измельчения сильно уплотненного подпахотного слоя; периодическая обработка чизелем на глубину 40–50 см для частичного разрыхления чрезвычайно уплотненного естественного иллювиального слоя.

Подтверждение. Исследования проведены в рамках проекта 20.80009.7007.17. Этап на 2020: Изучение генетических особенностей бурых и серых почв в естественном и пахотном режимах для совершенствования системы их классификации.

Список литературы

1. Bejan, Iu. Dinamica structurii fondului funciar pe teritoriul Republicii Moldova. / Iu. Bejan // Revista Economica. ASEM. – Chişinău, 2006, nr.4. – P. 44–49.

2. Cerbari, V. Particularitățile genetice ale solurilor virgine și arabile formate sub vegetația de pădure din partea colinară a Codrilor Moldovei. / V. Cerbari, M. Lungu, M. Stahi // Cercetarea și gestionarea resurselor de sol: Materialele conferinței științifice cu participare internațională a SNMȘS. – Chișinău: CEP, USM, 2017. – P. 195–206.

3. Александровский, А. Л. Эволюция почв Восточной Европы на границе между лесом и степью / А. Л. Александровский // Естественная и антропогенная эволюция почв. Сб. научных трудов. – Пущино: Ин-т почвов. и фотосинтеза, 1988. – С. 82–93.

4. Грати, В. П. Лесные почвы Молдавии и их рациональное использование / В. П. Грати. – Кишинев: Штиинца, 1977. – 136 с.

5. Лунгу, М. Диагностические признаки серых лесных целинных и распаханых почв Центральной Молдовы. / М. Лунгу // Науковий вісник Чернівецького університету. – 2008. – Вып. 403–404: Биология. – С. 115–120.

6. Лях, Т. Г. Мониторинг качества зональных почв: серые лесные почвы северной зоны Молдовы. / Т. Г. Лях // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: ИПТС. – 2017. – Вып. 8(28). – С. 118–123.

7. Рябинина, Л. Н. Серые лесные почвы Центральной Молдовы: автореф. дис. ...канд. геогр. наук / Л. Н. Рябинина. – Кишинев, 1968. – 20 с.

УДК 631.42

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОЦЕНКИ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ РЕГИОНОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ

**Макаров О. А., Цветнов Е. В., Строков А. С., Абдулханова Д. Р.,
Крючков Н. Р., Марахова Н. А.**

МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

*Российская академия народного хозяйства и государственной службы
при Президенте РФ, г. Москва, Россия*

1. Состояние вопроса.

К настоящему времени сложились основные концепции экономической оценки деградированных земель – оценка ущерба/вреда от деградации почв и земель [1–3], определение нейтрального баланса деградации земель – НБДЗ [4] и экономика деградации земель – ЭДЗ [5, 6]. Принимая во внимание существенное почвенно-географическое и природно-сельскохозяйственное многообразие Российской Федерации, сложность её административно-хозяйственного устройства, особенно актуальны исследования по экономической оценке деградации земель на различных уровнях этого устройства – уровне отдельного участка/хозяйства, муниципального района, региона (субъекта Федерации), Федерального округа. При этом необходимо отметить, что потенциал управления природоохранными мероприятиями с целью создания системы устойчивого природопользования (включая – землепользование) особенно высок именно на уровне административного региона [7].

Целью проведенных исследований явилась апробация различных методов эколого-экономической оценки деградации почв и земель ряда

регионов (субъектов) Российской Федерации – Московской, Тульской, Белгородской, Липецкой и Волгоградской областей.

2. Характеристика объектов исследования.

Московская, Тульская, Белгородская, Липецкая и Волгоградская области являются крупными промышленными и аграрными регионами, расположенными в различных почвенно-биоклиматических зонах Русской равнины. В Московской области доминируют различные варианты дерново-подзолистых, в Тульской – серых лесных и чернозёмных, в Белгородской и Липецкой – чернозёмных, в Волгоградской – чернозёмных и каштановых почв. Суммарно население этих регионов на 01.01.2021 г. составило чуть более 14,30 млн. человек с долей сельского населения в среднем 26,44 %. В регионах широко развиты такие процессы деградации почв, как эрозия, дегумификация и потеря питательных веществ (агроистощение), подкисление. Кроме того, отдельные участки Тульской, Белгородской и Липецкой областей характеризуются загрязнением цезием –137 в результате аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г.

3. Методы исследования.

Оценка деградации земель всех регионов включала в себя определение типов, степени и необратимости деградации земель по районам (муниципальным образованиям), входящим в состав региона. Источником информации для оценки деградированности земель являлись результаты собственных исследований по хозяйствам/участкам (в меньшей степени) и анализа фондовых и статистических материалов (в большей степени).

Эколого-экономическая оценка деградации земель регионов включала в себя использование трех групп методов:

1) определение величины ущерба от деградации почв и земель регионов с использованием федеральных методик [1, 8] – расчеты выполнялись для Московской, Тульской, Белгородской и Волгоградской областей;

2) расчет показателя нейтрального баланса деградации земель регионов по стандартной методике (применение модуля «Trends.Earth» с базовыми настройками) – расчеты выполнялись для Белгородской и Волгоградской областей;

3) оценка деградации земель регионов, основанная на сравнении экономических показателей сельскохозяйственного производства при устойчивом управлении земельными ресурсами и при «традиционном» землепользовании» (методология экономики деградации земель, методика «оценки действия/бездействия») – расчеты выполнялись для Московской, Тульской, Белгородской, Липецкой и Волгоградской областей.

Определение величины ущерба/вреда от деградации через сравнение деградированных и эталонных почв является самой распространенной разновидностью эколого-экономической оценки земель в Российской Федерации. Разработаны шкалы деградации и загрязнения почв и земель, опирающиеся на представления об устойчивости экосистем к внешней нагрузке.

Методология нейтрального баланса деградации земель позволяет проследить динамику состояния земель, определить тенденции их дегра-

дации. Оценка проводится по трем основным индикаторам: наземному покрову, продуктивности земель и запасам почвенного органического углерода.

Методология экономики деградации земель, направленная, в первую очередь, на оптимизацию землепользования и успешно примененная в различных странах и регионах мира, представляет значительный интерес для адаптации в Российской Федерации. Теоретические основы экономики деградации земель разрабатываются Международным институтом по исследованию продовольственной политики (IFPRI) и Университетом Бонна, создана методика Й. фон Брауна – методика «оценки действия/бездействия».

4. Результаты эколого-экономической оценки деградации почв и земель и их обсуждение.

4.1. Оценка ущерба/вреда от деградации почв и земель.

Московская область. Общая величина ущерба от деградации почв и земель Московской области составила 999 445 240 642,16 руб. (225 206,80 руб./га). При этом наибольший вклад в указанную величину вносят – загрязнение почв цинком (32,57 %), свинцом (27,39 %), а также деградация, вызванная антропогенной освоенностью (23,13 %). Далее следует ущерб, нанесенный почвам и землям в ходе деградации от уменьшения содержания обменного калия (8,70 %). Суммарный вклад в ущерб от уменьшения запасов гумуса, содержания подвижного фосфора, эродированности и загрязнения радиоактивным цезием-137 составляет 7,66 %. И лишь 0,54 % приходится на ущерб, вызванный загрязнением почв и земель медью.

Тульская область. Для выделенных контуров деградации Тульской области рассчитывался ущерб по «Методике определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (1994), составивший 23 341 256 590 руб. (9082 руб./га), из них ущерб от эрозии – 1 189 948 479 рублей (463 руб./га), ущерб от запыленности – 870 612 913 руб. (339 руб./га), ущерб для биоценозов – 20 404 979 360 руб. (7940 руб./га), ущерб от радиационного загрязнения – 875 715 838 руб. (341 руб./га).

Белгородская область. Суммарный удельный ущерб от деградации земель Белгородской области по изучаемым показателям (агроистощение и эрозия почв) составляет 294,6 тыс. руб./га. Максимальная величина удельного ущерба от деградации земель Белгородской области связана с эрозией почв (177,6 тыс. руб./га), величина ущерба от уменьшения содержания гумуса составляет 86,5 тыс. руб./га, – от уменьшения содержания подвижного фосфора – 1,4 тыс./га, – от изменения показателя кислотности почв – 29,0 тыс. руб./га.

4.1.4. Волгоградская область. На примере сельскохозяйственных угодий Волгоградской области был оценен ущерб от проявления деградационных процессов, связанных с агроистощением и осолонцеванием. Проведенные расчеты показали значительную вариабельность величины ущерба от деградации для различных муниципальных районов области (от 41 руб./га для Палассовского района до 38018 руб./га для Новонико-

лаевского района), обусловленную как различной степенью выраженности деградационных процессов, так и различной величиной нормативной стоимости земель.

4.2. Расчет показателя нейтрального баланса деградации земель.

4.2.1. Белгородская область. На основании базовых установок, заложенных в платформу «Trends.Earth» и рекомендуемых КБО ООН (Конвенция Организации Объединённых Наций по борьбе с опустыниванием) для расчета нейтрального баланса деградации земель, доля «улучшенных земель» в Белгородской области в период 2001–2015 гг. составила 49,72 %, «деградированных» – 34,53 %, соответственно, показатель НДБЗ является положительным (+ 15,19 %).

4.2.2. Волгоградская область. Показатель НДБЗ для Волгоградской области отрицателен и составляет «-46,79 %» (за 15 лет с 2000 по 2015 г. деградировало 60,44 % территории области при улучшении всего 10,66 %). Таким образом, землепользование в Волгоградской области неустойчиво. Отрицательные значения НДБЗ зафиксированы для всех муниципальных районов области.

4.3. Оценка «действия/бездействия») – применение методики экономики деградации земель (Й. фон Брауна).

4.3.1. Московская область. Установлено, что на исследуемом промежутке времени (2001–2009 гг.) площадь деградированных земель в Московской области больше площади «улучшенных» земель (за счет падения общего уровня продуктивности растительности – снижение индекса NDVI). При этом, результаты расчетов показывают, что стоимость «бездействия» в Подмосковье выше стоимости «действия» против деградации (и на 6-летнем горизонте планирования, и на 30-летнем горизонте планирования). Это означает, что восстановление (улучшение) продуктивности земель и поддержка экосистемных услуг экономически оправданы.

4.3.2. Тульская область. Показано увеличение стоимости экосистемных услуг за счет возросшей площади лесов. В тоже время установлено, что площадь деградированных земель в Тульской области в период 2001–2009 гг. увеличивается, а улучшения качества земель не происходит. Таким образом, как и в случае с Московской областью, стоимость «бездействия» выше стоимости «действия» против деградации (на 6-летнем и на 30-летнем горизонтах планирования), что свидетельствует об экономической целесообразности вложений в восстановление продуктивности земель и поддержку экосистемных услуг.

4.3.3. Липецкая область. Стоимость «бездействия» в Липецкой области выше стоимости «действия» против деградации на обоих горизонтах планирования (6 и 30 лет), что также, как и в случае с Московской и Тульской областями, означает, экономическую оправданность продуктивности земель и поддержки экосистемных услуг. Это заключение подтверждается результатами практической деятельности в регионе. Так, в последние годы наметилась положительная тенденция роста продуктивности пахотных земель Липецкой области, которая тесно связана с уве-

личением использования минеральных и органических удобрений, химических мелиорантов

4.3.4. Белгородская область. Из-за падения общего уровня продуктивности растительности, которое выразилось в снижении индекса NDVI на исследуемом промежутке времени, площадь деградированных земель (428635 га) в Белгородской области больше, чем «улучшенных» (4182 га). Проведенные расчеты показывают, что стоимость «бездействия» в Белгородской области выше стоимости «действия» против деградации: в 2,43 раза для горизонта планирования 6 лет и 5,20 раза для горизонта планирования 20 лет. Это означает, что восстановление продуктивности земель и поддержка экосистемных услуг экономически оправданы.

4.3.5. Волгоградская область. Для этого региона соотношение цены «бездействия» к цене «действия» больше единицы, что также свидетельствует о том, что восстановление (улучшение) продуктивности земель и поддержка экосистемных услуг экономически оправданы.

5. Заключение

Отличительная особенность всех примененных методов и подходов заключается в их междисциплинарном характере, который проявляется прежде всего в необходимости экономической (часто, - монетарной) интерпретации изменений состояния почв и почвенного покрова. По сути, исследования проводятся на стыке экономики сельского хозяйства и экономики природопользования, с одной стороны, и почвоведения, и агрохимии, с другой стороны. Показатель стоимости восстановления ЭДЗ по Й. фон Брауну для всех исследуемых регионов рентабелен (соотношение цены «бездействия» к цене «действия» больше единицы даже при высоком уровне ущерба от деградации почв и земель. Показатель НБДЗ региона может входить в противоречие с величиной ущерба от деградации. Так, определен высокий уровень ущерба почв и земель для Белгородской области при благоприятной картине анализа деградационных процессов методом НБДЗ. Указанное несоответствие может быть связано с методическими особенностями каждого из подходов: показатель НБДЗ определяется для достаточно длительного временного интервала (в данном случае, 2000–2015 гг., а величина ущерба от деградации рассчитывается для определенного момента времени.

Благодарность. Работа поддержана грантом РФФИ № 19-29-05021 мк.

Список литературы

1. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель. – М., 1994. [Утверждена приказом Роскомзема и Минприроды России от 17 июля 1994 г].
2. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель // Сборник нормативных актов «Охрана почв». – М.: Изд-во РЭФИА, 1996. С. 174–196.
3. Эколого-экономическая оценка деградации земель: Монография / А. С. Яковлев [и др.]; под ред. А. С. Яковлева [и др.]. – М.: МАКС пресс, 2016. – 256 с.
4. Kust, G. Land degradation neutrality: Concept development, practical applications and assessment / G. Kust, O. Andreeva, A. Cowie // Journal of Environmental Management. – 2017. – Vol. 195, no. 1. – P. 16–24.

5. Von Braun, J. The economics of land and soil degradation – toward an assessment of the costs of inaction / J. von Braun, N. Gerber // *Recarbonization of the Biosphere*. – Netherlands: Springer, 2012. – P. 493–516.

6. *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development* / E. Nkonya, A. Mirzabaev, J. von Braun (ed.). – Netherlands: Springer, 2016. – 686 p.

7. Чепурных, Н. В. Инвестиционное проектирование в региональном природопользовании / Н. В. Чепурных, А. Л. Новоселов. – М.: Наука, 1997. – 253 с.

8. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами [утв. приказом Роскомзема 10.11.1993 г. и Минприроды РФ от 18.11.1993 г.]

УДК 630*114:631.436:630(571.15)

ВЛИЯНИЕ БЕСКОНТРОЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕМЛЯНИКИ

Макарычев С. В., Патрушев В. Ю.

Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

Введение

Землянику можно выращивать на почвах разного генезиса. Лучше всего на дерново-подзолистых среднесуглинистых или супесчаных почвах с высоким содержанием гумуса и реакцией среды с рН = 5,3–5,6. Участок для земляники желательно выровнять и защитить от ветра, обеспечив формирование снежного покрова. Такая мелиорация дает возможность сохранить влагу в начале вегетации [1].

Корневая система земляники разветвленная и мочковатая. В ее состав входит корневище и многочисленные придаточные корни. Основная масса корней находится в гумусовом горизонте почвы на глубине 20–25 см. Здесь сосредоточено 90–92 % всей корневой системы ягодной культуры, основная масса которых представлена мелкими активными корнями. Только отдельные вертикальные корни в дерново-слабоподзолистых окультуренных почвах через год после посадки земляники отмечаются на глубине до 40 см. В результате клубника во время засушливого периода страдает из-за дефицита влаги. Для предотвращения этой опасности почву содержат в рыхлом и влажном состоянии. Вода особенно нужна клубнике ранней весной и после плодоношения, когда новые корни ускоренно развиваются. Зачастую она требует систематического орошения в течение всей вегетации.

Для анализа этих процессов нами в 2019 году было проведено морфологическое описание почвенного профиля и определение общеземельных и гидрологических показателей дерново-подзолистой почвы [2] под посадками земляники второго года. А в 2020 году изучено формирование водного и теплового режима в почве при использовании капельного орошения на территории НИИСС им. М. А. Лисавенко.

Объекты и методы

Объектами исследований явились дерново-подзолистая орошаемая почва и насаждения клубники сорта Первоклассница. Цель работы – изучение водного режима почвы при возделывании ягодной культуры в условиях капельного орошения. Для достижения цели было организовано экспериментальное изучение динамики влагосодержания взвешиванием [3] и расчетными методами [4].

Результаты исследований

Такая ягодная культура, как земляника влаголюбива, поэтому требует орошения. При этом поверхностный, хотя и частый полив, при котором промачивается почвенный слой на 5–10 см, не приносит пользы. Землянике нужен 5–6-кратный полив за вегетацию. Один раз перед цветением, 2–4 раза при плодоношении и 1–2 раза после. Полив особенно нужен в начальную фазу при отрастании листовой поверхности и массового цветения. Дефицит влаги в этот период препятствует завязыванию ягод. Потребность во влаге достигает максимума в фазу налива и созревания ягод. Поливают землянику в течение плодоношения по бороздам, не смачивая листья и ягоды. По его окончании поливать землянику нужно осторожно малыми поливными нормами для нормального формирования цветочных почек. Осенью желательны обильные поливы, которые увеличивают будущий урожай.

Ряд авторов полагают, что поливная норма должна составлять 20–60 л/м². Это обеспечивает промачивание почвы до 15–20 см. Предпочтительнее полив по бороздам, а наилучшим вариантом является капельное подпочвенное орошение, при котором оросительная вода подается непосредственно к корням растений. В результате отсутствует потеря воды на испарение и фильтрацию. Это позволяет также использовать минеральные удобрения для корневой подкормки.

В связи с этим нами были организованы исследования возможностей капельного орошения при возделывании садовой земляники сорта Первоклассница в 2019–2020 гг. на дерново-подзолистой орошаемой почве супесчаного гранулометрического состава.

Почвенный профиль представлен рядом генетических горизонтов. Гумусово-аккумулятивный (Ап + А) темно-серого цвета. В верхней части (Ап) он рыхлый, а в нижней (А) уплотненный с содержанием органического вещества, равным 3,8–4,2 %. Четкого деления на горизонты по цвету нет, поскольку почва находится в состоянии длительного орошения. Иллювиальный горизонт (В) более плотный серого цвета, а почвообразующая порода в большей степени представлена песком, окрашенным затеками гумуса до светло-серого, а ниже белесого оттенка. Вскипание от соляной кислоты отсутствует.

Используемая дерново-подзолистая почва характеризуется супесчаным гранулометрическим составом с преобладанием среднего и мелкого песка, составляющего 75–80 %. Крупной пыли содержится около 10–12 %, мелкой 2,5–3,5 %. Илистая фракция представлена 6–7 %, а глинистая 10–13 %.

В таблице 1 показаны значения плотности сложения (ρ), плотности скелета почвы (d), влажности завядания (ВЗ), наименьшей (НВ) и полной (ПВ) влагоемкости почвы, а также ее гумусированности (Γ).

Таблица 1

Общезфизические и гидрологические свойства дерново-подзолистой почвы

Горизонт	h, см	ρ , г/см ³	d, г/см ³	ВЗ, %/мм	НВ, %/мм	ПВ, %	Γ , %
Ап	0–20	1,13	2,53	6,8/15,4	14,2/32,1	55,3	4,2
А	20–40	1,24	2,61	5,5/13,6	11,9/29,5	52,5	3,8
В	40–65	1,37	2,67	5,4/18,5	11,3/38,7	48,7	2,5
С	>65	1,52	2,73	4,2/22,3	9,1/48,4	44,3	0,9

Анализируя данные таблицы 1, следует отметить, что плотность сложения дерново-подзолистой почвы с переходом от горизонта Ап к почвообразующей породе возрастает с 1,13 до 1,52 г/см³, т. е. на 35 %. В то же время плотность твердой фазы почвы изменяется незначительно. Влажность завядания снижается при этом от 6,8 до 4,2 % от массы сухой почвы, что в мм соответствует 15,4 в горизонте Ап и 18,5 мм в иллювиальном. Последние цифры определяются как влагосодержанием, так и толщиной почвенного слоя. Наименьшая влагоемкость варьирует в пределах 15–19 %, или 32–43 мм.

Рассмотренные показатели естественным образом определяют влагосодержание в генетических горизонтах, которое положено в основу определения (расчета) дефицита почвенного увлажнения или его избытка в течение вегетационного периода летом 2020 года (табл. 2).

Таблица 2

Влажность (% от веса почвы) профиля дерново-подзолистой почвы летом 2020 года (числитель – в первый день наблюдения, знаменатель – через сутки)

Глубина, см	Срок наблюдений							
	<u>05.06</u> 06.06	<u>11.06</u> 12.06	<u>18.06</u> 19.06	<u>24.06</u> 25.06	<u>03.07</u> 04.07	<u>10.07</u> 11.07	<u>14.07</u> 15.07	<u>25.07</u> 26.07
0–10	<u>29,5</u> 28,1	<u>32,8</u> 27,9	<u>43,1</u> 39,2	<u>39,8</u> 32,9	<u>34,3</u> 31,6	<u>24,2</u> 18,2	<u>28,6</u> 27,5	<u>40,7</u> 28,4
10–20	<u>28,3</u> 23,8	<u>33,3</u> 27,5	<u>42,9</u> 31,1	<u>40,6</u> 35,8	<u>36,4</u> 27,7	<u>24,6</u> 24,2	<u>27,3</u> 26,3	<u>38,5</u> 32,8
20–30	<u>27,4</u> 23,2	<u>33,9</u> 25,0	<u>42,1</u> 26,7	<u>41,4</u> 36,2	<u>34,7</u> 27,7	<u>23,4</u> 22,7	<u>28,1</u> 26,1	<u>39,3</u> 37,7
30–40	<u>25,9</u> 23,4	<u>38,5</u> 32,3	<u>44,4</u> 38,0	<u>42,9</u> 36,7	<u>36,5</u> 32,7	<u>26,3</u> 22,4	<u>27,3</u> 25,9	<u>36,6</u> 35,4
40–50	<u>36,2</u> 25,9	<u>45,6</u> 34,7	<u>52,4</u> 39,1	<u>44,1</u> 39,5	<u>43,8</u> 35,0	<u>33,3</u> 22,1	<u>32,7</u> 28,7	<u>44,6</u> 36,9

Проанализируем данные таблицы 2. Для этого рассмотрим изменения влажности влагосодержания в верхней 10-ти см толще дерново-подзолистой почвы. Прежде всего, нужно отметить, что наблюдения проводились сразу после полива, а затем через сутки. При этом участки с посадками клубники поливались произвольно без расчета поливных норм и определения предполивной влажности. Известно, что орошение следует производить при влажности почвы равной 0,7–0,8 НВ. При этом поливная норма должна компенсировать дефицит влаги, который определяется

разностью влагосодержания при НВ и естественной увлажненностью. Хотя НВ для данного слоя 14,2 %, но тем не менее после полива увлажнение в отдельные сроки составляло более 40 % от веса сухой почвы, т. е. поливное количество воды превышало НВ почти в три раза, приближаясь к полной влагоемкости.

Таким образом, с начала вегетации до конца плодоношения клубника находилась в состоянии переувлажнения, которое негативно сказалось на воздухообмене. Так 18 июня в верхнем 10-ти см слое доля воздушной фазы (аэрация) составляла не более 6 %, а в нижележащем на глубине 50 см только 3 %. За сутки после полива влагонасыщение снижалось на 8–10 %, оставаясь выше наименьшей влагоемкости в 2 раза. Процессы десукции и транспирации постепенно уменьшали степень почвенного увлажнения, и через 10–15 дней в зависимости от погоды наступало время очередного полива.

Максимальное падение влажности почвы наблюдалось с 25 на 26 июля при дневной температуре, близкой к 30⁰С. При этом количество влаги после полива в слое 0–10 см составляло 46 мм, а через сутки 32 мм от веса почвы, снизившись на 30 %.

Проанализируем динамику почвенного увлажнения в нижележащем слое почвы на глубине 40–50 см, поскольку в промежуточных горизонтах его колебания слабо выражены. В этом случае нужно подчеркнуть, что падение влажности в самом верхнем слое обусловлено испарением влаги из почвы и дыханием растений. В то же время на глубине 40–50 см преобладают другие процессы и, прежде всего, фильтрация воды вниз по профилю к почвообразующей породе в силу ее меньшей дисперсности и гумусированности. При этом снижение влагосодержания здесь идет более быстрыми темпами по сравнению с верхним слоем почвы. Например, с пятого на шестое июня за сутки влажность рассматриваемого слоя уменьшается на 28 %, а в верхнем 10-см слое только на 7 %. Таким образом, процессы фильтрации в супесчаной почве преобладают над испарением с ее поверхности. Аналогичные явления наблюдаются и в другие сроки наблюдений.

В таблице 3 представлены результаты измерения влагосодержания в гумусово-аккумулятивных горизонтах в те же сроки наблюдений. При этом рассмотрены слои одинаковой мощности (по 20 см).

Таблица 3

**Влагосодержание (мм) гумусовых горизонтов дерново-подзолистой почвы
летом 2020 года**

Глубина	<u>05,06</u> 06,06	<u>11,06</u> 12,06	<u>18,06</u> 19,06	<u>24,06</u> 25,06	<u>03,07</u> 04,07	<u>10,07</u> 11,07	<u>14,07</u> 15,07	<u>25,07</u> 26,07
0–20	<u>65,3</u> 58,8	<u>77,8</u> 62,6	<u>97,2</u> 79,6	<u>90,9</u> 77,7	<u>80,0</u> 67,1	<u>55,1</u> 48,1	<u>63,3</u> 60,8	<u>89,5</u> 69,2
Свыше НВ	<u>51,1</u> 44,6	<u>63,6</u> 49,4	<u>83,0</u> 68,8	<u>76,7</u> 62,5	<u>65,8</u> 51,6	<u>40,9</u> 26,7	<u>49,1</u> 34,9	<u>75,3</u> 61,1
20–40	<u>66,2</u> 57,8	<u>89,8</u> 71,2	<u>107,3</u> 80,4	<u>104,7</u> 90,5	<u>88,3</u> 68,7	<u>58,0</u> 55,8	<u>68,7</u> 64,5	<u>94,2</u> 90,8

Примечание. Числитель – в первый день наблюдения, знаменатель – через сутки.

Данные таблицы 3 показывают, что количество воды, содержащееся в верхнем 20-ти см слое почвы после полива, в отдельные сроки вегетации составляло 90, 9 мм (24.06) и более (18.06). Через сутки оно снижалось на 5–17 мм в зависимости от срока наблюдения, оставаясь много выше НВ. Ранее было отмечено, что изменение влагосодержания в почве обусловлено физическим испарением и транспирацией. Избыток влаги, превышающий наименьшую влагоемкость, показан во второй строке таблицы 4. Поскольку НВ в супесчаной дерново-подзолистой почве не превышает 14 % от веса сухой почвы, то переувлажнение может достигать при нерегулируемом поливе 83 мм, что наблюдалось 18 июня 2020 года. Через сутки избыток влаги в почве, как правило, уменьшался на 25–29 %, оставаясь очень высоким.

Аналогичное, но более значительное переувлажнение имело место на глубине 20–40 см в середине июня, хотя фильтрация воды из этого горизонта в нижележащие слои почвы снижала избыток влаги. Характерной особенностью поведения влаги здесь являлось замедление скорости фильтрации в июле, которая колебалась в пределах 5 %, тогда как ранее достигала 20 % и более.

Подводя итоги, следует отметить, что произвольное нерегулируемое орошение, не основанное на естественном увлажнении почвенного профиля, без учета предполивной влажности и расчета поливных норм приводило к переувлажнению почвенных горизонтов, значительному снижению их аэрации, заплыванию и, тем самым, к падению урожайности и качества ягодной культуры.

Выводы

1. После полива увлажнение в отдельные сроки составляло более 40 % от веса сухой почвы, т. е. почти в три раза выше НВ (14,2 %), приближаясь к полной влагоемкости (ПВ). Таким образом, с начала вегетации до конца плодоношения клубника находилась в состоянии переувлажнения, которое негативно сказывалось на почвенном воздухообмене. За сутки после полива влагонасыщение снижалось на 8–10 %, оставаясь выше наименьшей влагоемкости.

2. На глубине 40–50 см превалировала фильтрация воды вниз по профилю к почвообразующей породе в силу ее меньшей дисперсности и гумусированности. При этом снижение влагосодержания здесь шло более быстрыми темпами по сравнению с верхним слоем почвы. В результате процессы фильтрации в супесчаной почве преобладали над испарением с ее поверхности. Переувлажнение здесь при нерегулируемом поливе достигало 80 мм. Через сутки избыток влаги в почве, как правило, уменьшался на 25–29 %.

3. Таким образом, произвольное нерегулируемое орошение без учета предполивной влажности и расчета поливных норм приводило к переувлажнению почвенных горизонтов, значительному снижению их аэрации, а также к падению урожайности и качества ягодной культуры.

Список литературы

1. Говорова, Г. Ф. Земляника / Г. Ф. Говорова, Д. Н. Говоров. – М.: Изд. Дом МСП, 2003. – 160 с.
2. Макарычев, С. В. Теплофизические основы мелиорации почв: учеб. пособие / С. В. Макарычев, М. А. Мазиров. – М.: ВлНИИСХ, 2004. – 278 с.
3. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
4. Макарычев, С. В. Физические основы экологии: учебное пособие / С. В. Макарычев, М. А. Мазиров. – Владимир; Изд-во НИИСХ, 2000. – 242 с.

УДК 574

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ УЗБЕКИСТАНА (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО ПРИАРАЛЬЯ)

Мамбетуллаева¹ С. М., Отенова² Ф. Т.

¹Каракалпакский НИИ естественных наук, г. Нукус, Каракалпакстан

²Нукусский государственный педагогический институт,
г. Нукус, Каракалпакстан

Засоление почвы является одним из серьёзных признаков деградации земель во всем мире. По данным Международного института окружающей среды и развития (International Institute for Environment and Development) и Института мировых ресурсов (World Resources Institute), около 10 % поверхности континентов покрыто засоленными почвами [3]. Проблема засоления земель имеется во многих странах мира. Урожайность растений, особенно технических культур, резко снижается в засоленных почвах, а это требует соответствующих мелиоративных воздействий на почву [5].

В связи с ростом антропогенных нагрузок, деградация почв является одной из самых актуальных и требующих незамедлительного вмешательства проблем нашего времени. Засоление почв выделено, как один из наиболее существенных типов деградации почв с учетом реальной встречаемости и природно-хозяйственной значимости последствий. Засоление почв приводит к физической деградации земель и дальнейшему выводу их из сельскохозяйственного использования [1]. В свою очередь физическая деградация почв служит пусковым механизмом для большого количества природных катастроф. Повсеместное увеличение площадей засоленных почв и сокращение вследствие этого пахотных угодий вызывает необходимость экологической оценки засоленных почв с точки зрения их экологического состояния [2, 3]. С этой точки зрения охрана плодородия почв и его увеличение является одной из основных экологических проблем. При использовании почвы, влияющие на нее некоторые антропогенные процессы способствуют, снижению ее плодородия, в связи, с чем необходимо проводить мероприятия, направленные на их устранение.

Исследования проводились в аридной зоне Республики Каракалпакстан, занятым орошаемыми почвами. В фермерских хозяйствах Чимбайского и Кегейлийского районов, которые расположены в центральной части региона Южного Приаралья. Климат территории резко континентальный с сухим и жарким летом. Почвенные образцы для определения степени засоления отбирались конвертным методом с каждого участка с верхнего 0–30 см слоя. Во время вегетации сорго образцы почвы отбирались по делянкам эксперимента в день сева и следующие фазы развития культуры: всходы, кущение, цветение, созревание зерен. В отобранных и подготовленных к химическому анализу почвенных образцах определялось содержание воднорастворимых солей. Степень засоления почвогрунтов и минерализация грунтовых вод оценивали по содержанию водорастворимых солей (ионов) по методу Панкова В. [4].

Регион Южного Приаралья из-за существующих экологических проблем, таких как дефицит водных ресурсов, засоление почв, загрязнение вод, неудовлетворительное снабжения населения качественной питьевой водой, деградация пастбищ и пахотных земель, гибель тугайных и саксауловых лесов признан официально зоной экологического бедствия [4, 6]. Одной из главных экологических проблем региона является вторичное засоление земель, которое происходит вследствие повышения минерализации грунтовых вод.

Процесс засоления почв является одним из ведущих деградационных процессов на орошаемых землях Южного Приаралья. Нынешнее состояние почв в Приаральском регионе является критическим. Содержание гумуса за последние 40–50 лет снизилось на 30–40 %, а около 60 % посевных площадей содержат менее 1 % гумуса. В связи с этим, первоочередной проблемой земледелия Приаралья является мелиорация засоленных почв и возврат их в сельскохозяйственный оборот. Комплекс экологических опасностей и проблем играет важную роль в определении основных стратегических направлений обеспечения экологической безопасности, предотвращения и устранения экологических угроз [5].

К засоленным почвам относятся почвы, содержащие в своем составе легкорастворимые соли в количествах, токсичных для сельскохозяйственных растений. Они оказывают прямое отрицательное воздействие на растения в результате повышения осмотического давления почвенных растворов и токсичного действия отдельных ионов, а также косвенное влияние через изменение физико-химических, биологических и других свойств под их влиянием [5, 6]. Наибольший токсический эффект проявляют сода, затем хлорид, далее бикарбонаты натрия и магния и затем сульфаты натрия и магния. Гипс, как и карбонат кальция (в отличие от токсичного карбоната магния), не ядовит, однако, присутствие его в больших количествах (гипсовые коры) приводит к понижению плодородия почвы [2, 3].

По глубине залегания верхней границы солевого горизонта засоленные почвы разделяются на солончаковые – соли в слое 0–30 см, солончаковатые – 30–80 см, глубоко солончаковатые – 80–100 см и глубокозасо-

ленные – глубже 150 см. Содержание солей выражается в % и в мг-экв на 100 г почвы. В первом приближении, засоленными считаются почвы, содержащие водорастворимых солей более 0,25 % от веса почвы, а солончаками – более 1, 2, 3 % в зависимости от типа засоления. При более точной экологической оценке засоления почв учитывают характер засоления (преобладающий химический состав катионов и анионов), а при еще более детальной оценке – сумму токсичных солей [3, 4].

Проведенный анализ орошаемых земель Южного Приаралья по почвенно-мелиоративным областям показал, что основную долю почв составляют серо-бурые почв – 55,6 %, далее следуют пустынно-песчаные – 15,7 %, наименьшей долей обладают болотно-луговые, которые составили всего 0,10 %. (рис.1).



Рис. 1. Распределение орошаемых земель Южного Приаралья по почвенно-мелиоративным областям

Проведенный анализ водной вытяжки почв (в %) показал, что в основном тип засоления на исследуемых территориях является хлоридно-сульфатным. Были взяты пробы в 3 основных точках в 5 горизонтах. Полученные данные представлены в таблице. Установлено, что в точке № 2 в горизонте 20–30 см, тип засоления переходит в сульфатно-хлоридное, а в точке № 3 переход тип засоления в сульфатно-хлоридное наблюдается в горизонте 10–20 см.

Таблица

Состав водной вытяжки почв исследуемых районов Республики Каракалпакстан в конце вегетации (%) (2019 г.)

№	№ разреза	Глубина, см	Сухой остаток	СГ % / мг/экв	Тип засоления	Примечание
Точка 1						
1	Точка 1	0–10	0,396	0,028/0,8	х-с	среднезасоленный
2	-I-	10–20	0,268	0,021/0,6	х-с	слабозасоленный
3	-I-	20–30	0,295	0,028/0,8	х-с	слабозасоленный
4	-I-	30–40	0,214	0,035/1,0	х-с	слабозасоленный
5	-I-	40–50	0,225	0,021/0,6	х-с	слабозасоленный

№	№ разреза	Глубина, см	Сухой остаток	СГ % / мг/экв	Тип засоления	Примечание
Точка 2						
6	Точка 2	0–10	0,235	0,028/0,8	х-с	слабозасоленный
7	-I-	10–20	0,219	0,028/0,8	х-с	слабозасоленный
8	-I-	20–30	0,162	0,028/0,8	с-х	слабозасоленный
9	-I-	30–40	0,196	0,035/1,0	х-с	слабозасоленный
10	-I-	40–50	0,214	0,028/0,80	х-с	слабозасоленный
Точка 3						
11	Точка 3	0–10	0,229	0,021/0,6	х-с	слабозасоленный
12	-I-	10–20	0,169	0,028/0,8	с-х	слабозасоленный
13	-I-	20–30	0,447	0,021/0,6	с	слабозасоленный
14	-I-	30–40	0,277	0,021/0,6	х-с	слабозасоленный
15	-I-	40–50	0,248	0,035/1,0	х-с	слабозасоленный

Примечание. х – хлоридный; с-х – сульфатно-хлоридный; х-с – хлоридно-сульфатный.

Существующая в настоящее время методика расчета солевого баланса орошаемых земель не учитывает особенности работы горизонтального дренажа, который отводит соли не только из почв, но и способствует перераспределению и выносу глубинных запасов солей из солесодержащих пород и подземных вод. Таким образом, на орошаемых землях в оборот поступают соли, содержащиеся в глубоких горизонтах почвообразующих и подстилающих пород. Объем солей, отводимых из глубоких горизонтов, в зависимости от гидрогеологических условий, глубины и расстояния между дренами может составлять от 20 до 60 % от общего объема солей, поступающих в дренажный сток. Развитие вторичного засоления в регионе можно отнести к существующим проблемам, возникшим в результате широкого развития орошения, определившим перевод автоморфных почв требует разработки новых подходов к развитию орошения в регионе. Прежде всего, необходимо провести инвентаризацию орошаемых земель на основе современных методов дистанционного зондирования и моделирования процессов засоления – рассоления на отдельных массивах орошения для того, чтобы установить направленность и интенсивность процесса соленакопления. Уже на основе этих данных выявить наиболее перспективные для орошения земли и на этих массивах следует внедрять новые, широко используемые в настоящее время в мире методы орошения, в частности, капельное орошение.

Список литературы

1. Аверьянов, С. Ф. Борьба с засолением орошаемых земель / С. Ф. Аверьянов. – М.: Колос. – 1978. – 265 с.
2. Айдаров, И. П. Регулирование водно-солевого и пищевого режимов орошаемых земель / И. П. Айдаров – М.: Агропромиздат. – 1985. – 275 с.
3. Мелиорация почв, Засоленные почвы: учеб. пособие / О. Г. Лопатовская, А. А. Сугаченко. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2010. – 101 с.
4. Панкова, Е. И. Засоление орошаемых почв среднеазиатского региона: старые и новые проблемы / Е. И. Панкова // Аридные экосистемы. – 2016. – Т. 22, № 4 (69). – С. 21–29.

5. Широкова, Ю. И. Экологические проблемы засоленных орошаемых земель / Ю. И. Широкова, А. Н. Морозов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://water-salt.narod.ru/eko_prob_z_z_uz.htm (на 01.03.2017)

6. Secondary Salinization of Soils in the Aral Basins a Factor of Anthropogenic Desertification / Je. I. Pankova, I. P. Aidarov // Nova Science Publishers. Inc. New York. – 2010. – Vol. 2. – P. 189–216.

УДК 631.4:002

О СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРОННОГО РЕЕСТРА ПОЧВ БЕЛАРУСИ И ЕГО ОФЛАЙН-МАКЕТА

**Матыченкова О. В., Азаренок Т. Н., Матыченков Д. В.,
Дыдышко С. В.**

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Республика Беларусь характеризуется высокой степенью изученности почв сельскохозяйственных земель. На протяжении последних десятилетий проводится масштабная научно-исследовательская работа по изучению состава, свойств, плодородия почвенных ресурсов, установлению направленности их трансформации, разработке мероприятий по рациональному использованию. Накопленный объем описательной, аналитической, статистической, картографической информации, характеризующей компонентный состав почвенного покрова как республики в целом, так и различных природно-хозяйственных регионов явился основой создания научных изданий в виде бумажных носителей: «Примерный номенклатурный список почв Республики Беларусь» (2013), «Атлас почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь» (2017), «Почвы Республики Беларусь» (2019) и др. В современных условиях развития научных исследований в сфере производства сельскохозяйственной продукции необходимо активно использовать цифровые технологии для повышения производительности труда.

На территории постсоветского пространства систематизированная и унифицированная морфолого-аналитическая информация о почвах лежит в основе создания Единого государственного реестра почвенных ресурсов России. Учет почвенных ресурсов осуществляется также посредством проведения паспортизации почвенных компонентов сельскохозяйственных земель (черноземов типичных, выщелоченных, серых лесных и др.). Паспорта эталонных почвенных таксонов, содержащих справочно-аналитическую характеристику их свойств, входят в состав Красных книг почв Ленинградской, Белгородской, Волгоградской, Омской областей, Пермского края России, создание которых стало возможным благодаря изданию закона «Об охране окружающей среды». Научно-исследовательские работы по формированию Красных книг почв также проводятся в Азербайджане, Украине, Грузии, Кыргызстане.

В нашей республике также создан ряд реестров: Единый реестр административно-территориальных и территориальных единиц Республики Беларусь (Реестр АТЕ и ТЕ), Реестр цен на земельные участки государственного земельного кадастра (Реестр цен), Реестр земельных ресурсов, в котором отражены площадные данные различных видов земель, в т. ч. сельскохозяйственных, Геопортал ЗИС Республики Беларусь как полнофункциональная геоинформационная система, предназначенная для автоматизации, хранения, обработки и предоставления пространственной информации в области землеустройства, геодезии, картографии, земельного, лесного кадастра и кадастра недвижимости, градостроительства и архитектуры, экологии и природопользования, геологии и геофизики, начато формирование Государственного геоинформационного ресурса данных дистанционного зондирования Земли. Однако отсутствует единый информационный ресурс, в котором были бы отражены научные сведения о диагностических, аналитических характеристиках почв республики, отражающих сведения агрономической, экологической направленности.

При этом востребована актуальная информация о свойствах почв республики, характере их антропогенной и пространственно-временной трансформации, а также показатели уровня плодородия, нормативно-технические характеристики, виды охранных мероприятий, меры по повышению производительной способности и др. Установить взаимосвязь между базой данных количественных характеристик почв республики и базой знаний (накопленный опыт по оптимизации землепользования и условий возделывания сельскохозяйственных культур) позволяют специализированные информационные системы, вмещающие количественные и качественные параметры агроэкологического состояния компонентного состава почвенного покрова с учетом региональной специфики их антропогенной трансформации, использование которых обеспечивает ресурсосберегающее, экологически безопасное повышение плодородия почв и эффективное возделывание сельскохозяйственных культур. В этой связи исследования по созданию Электронного реестра почв Беларуси (ЭРПБ) как источника информации о состоянии почвенного покрова земель сельскохозяйственного назначения являются актуальными.

Систематизация и анализ данных, полученных в ходе выполнения научно-исследовательских работ в 2019–2020 гг. позволили разработать «Методические указания по созданию Электронного реестра почв Беларуси». В них изложены научно-методические принципы построения и функционирования справочно-аналитического ресурса, представляющего собой специализированную научно-информационную систему о почвенно-земельном фонде Республики Беларусь как составной части Почвенной информационной системы Беларуси (ПИСБ) (на республиканском уровне обобщения).

В разделе «Термины и определения» приведены используемые в методике специальные термины.

Во «Введении» приводится актуальность исследований, цели и задачи создания методики. Первый раздел «Общие положения» содержит ин-

формацию о принципах создания и функционирования ЭРПБ, а также ссылки на основные нормативно-правовые документы, руководствуясь которыми был разработан Электронный реестр.

Далее приводится структурная схема и общее содержание Электронного реестра. Главными структурными элементами реестра являются база данных репрезентативных почвенных профилей, восемь тематических каталогов и электронная почвенная карта Беларуси (М 1:2 500 000). В третьем разделе описаны этапы создания базы данных репрезентативных почвенных профилей и специализированных баз данных. Подробно рассмотрено структурирование количественных и качественных данных, объединенных в 11 блоков. Определены источники пополнения сведений. Следующий раздел посвящен этапам создания цифровой почвенной карты с применением инструментов ГИС. Комбинирование инвентаризированной информации в специализированных базах данных и различных картографических источников позволяет получить различные картосхемы, картограммы и картодиаграммы характеризующие агроэкологическое состояние почвенных ресурсов республики. Все они включены в Электронный реестр почв Беларуси в соответствующие информационные блоки. В пятом разделе «Формирование паспортов...» и Приложении содержится информация по блок-библиотекам для заполнения базы данных и создания итогового паспорта плодородия почвы на примере отдельной почвенной разновидности. Два последних раздела методических указаний подробно описывают содержание и этапы создания тематических каталогов современного агроэкологического состояния почвенного покрова республики и информационных блоков количественной и качественной оценки агроэкологического состояния почв сельхозземель Беларуси. Приведены примеры выходной информации (картосхемы и т.д.).

На основании систематизированного материала на платформе Mobirise 5.2.0 сконструирован предварительный офлайн-макет сайта «Электронный реестр почв Беларуси». В последующем, после завершения этапа конструирования, ЭРПБ может быть размещена на имеющемся сайте РУП «Институт почвоведения и агрохимии», или существовать как отдельный онлайн ресурс (рис. 1–3).

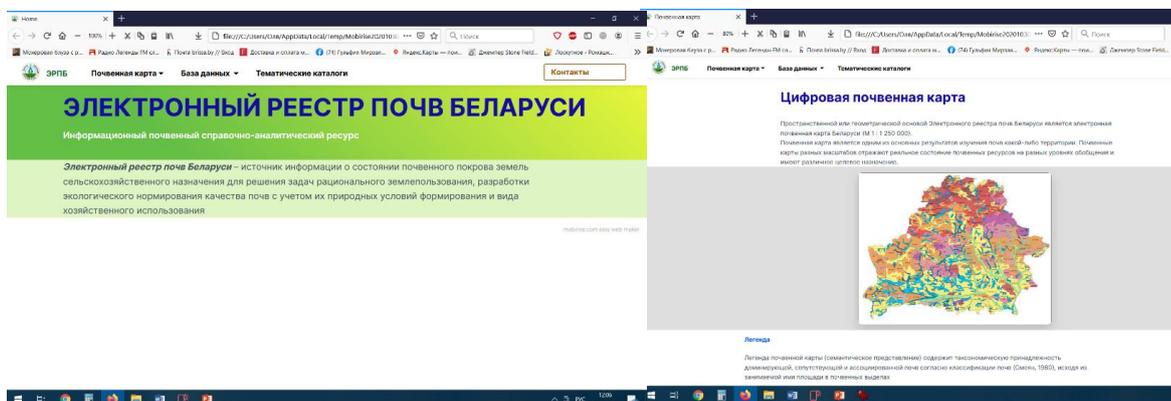


Рис. 1. Скриншоты офлайн-макета сайта «Электронный реестр почв Беларуси»

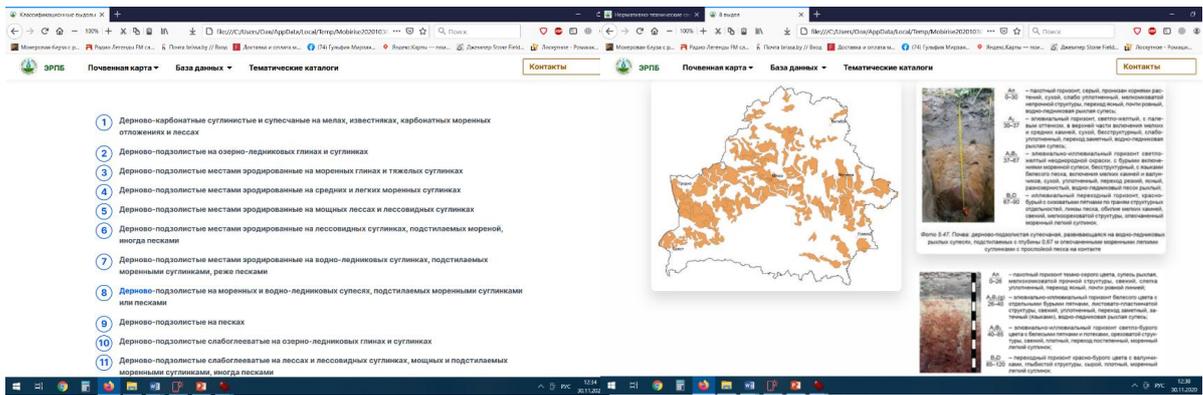


Рис. 2. Скриншоты онлайн-макета сайта «Электронный реестр почв Беларуси»

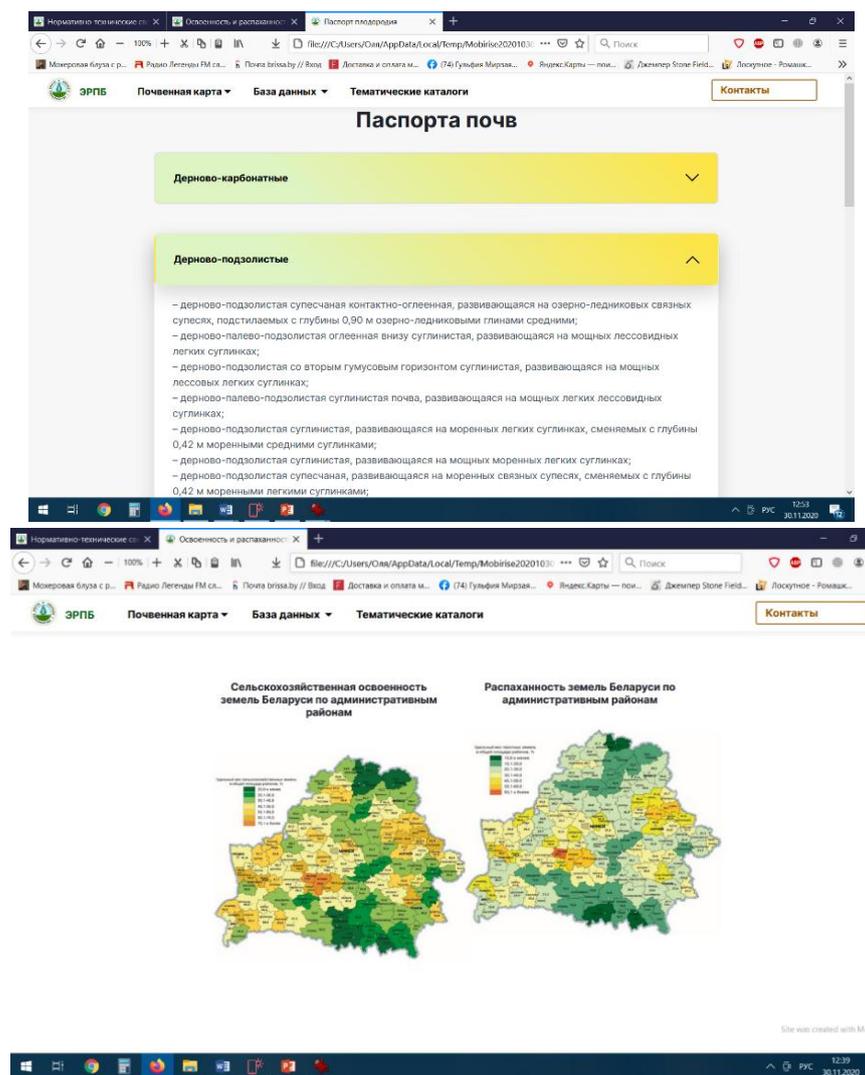


Рис. 3. Скриншоты онлайн-макета сайта «Электронный реестр почв Беларуси»

Информационный справочно-аналитический ресурс Электронный реестр почв Беларуси предназначен для научного обеспечения анализа, прогноза и выработки решений в сфере рационального землепользования и охраны почв республики, эффективного возделывания сельскохозяйственных культур, развития информационного пространства в области агропочвоведения.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ И КАЛИЙМОБИЛИЗУЮЩИХ ИНОКУЛЯНТОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ И ПОЛЕВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ С ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Михайловская Н. А., Юхновец А. В., Барашенко Т. Б., Дюсова С. В.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Экологизация технологий возделывания зерновых культур – актуальное направление развития растениеводства. Экологизация предполагает применение микробных препаратов разной специализации для активного вовлечения естественных механизмов в продукционный процесс растений [1, 2]. Применение ризобактерий является признанным и экологически обоснованным приемом воздействия на метаболизм сельскохозяйственных культур.

В настоящее время обширная группа полифункциональных ризобактерий объединена под общим названием «ростостимулирующие ризобактерии» (PGPR), которые являются действующей основой целого ряда микробных препаратов. При их использовании отмечается увеличение количества, массы и объема корней, числа и массы побегов, обусловленное действием фитогормонов, продуцируемых ризобактериями [1, 2]. Это существенно повышает адаптивные возможности растений по использованию воды и элементов минерального питания из почвы и удобрений.

Наряду с гормональным эффектом, важным преимуществом ризобактерий является разнообразие их приспособительных свойств. Полифункциональность ризобактерий проявляется в их способности в критические периоды обеспечивать минеральное питание растений за счет усвоения атмосферного азота, повышения подвижности труднодоступных почвенных форм фосфора и калия [3, 4, 5]. Последние исследования показали, что зональные штаммы и изоляты PGPR из коллекционного фонда Института почвоведения и агрохимии представляют интерес и как потенциальные антагонисты патогенных грибов р. *Fusarium*, возбудителей фузариозов [6, 7].

В задачи исследований входила оценка эффективности отдельного и совместного стимулирующего действия ассоциативных азотфиксирующих ризобактерий *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg & Döbereiner и калиймобилизующих ризобактерий *Bacillus circulans* Jordan K-81 в лабораторных условиях и в полевых экспериментах с зерновыми культурами.

При выполнении *in vitro* экспериментов для инокуляции семян яровой пшеницы использовали разведения суточных культур бактерий физраствором ($1,2 \cdot 10^7$ КОЕ/мл).

Полевые эксперименты были проведены на дерново-подзолистых суглинистых почвах. Агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы

на моренных суглинках: гумус 2,66 %; рН 6,08; P₂O₅ 287, K₂O 313 мг/кг. Агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы на лессовидных суглинках: гумус 2,05 %; рН 5,64; P₂O₅ 360, K₂O 233 мг/кг. Посевы зерновых культур обрабатывали рабочей смесью: 1 л концентрированного препарата ризобактерий / 150–200 л воды / га. Обработку посевов озимой пшеницы проводили весной в фазе кущения, ярового ячменя – в фазе всходы – начало кущения. Бинарный бактериальный инокулянт *A. brasilense* + *B. circulans* применяли в соотношении 1:1.

Изучено влияние азотфиксирующих и калиймобилизующих ризобактерий на развитие проростков яровой пшеницы (*in vitro*). При инокуляции семян *A. brasilense* установлено повышение всхожести до 98,3 %, при использовании *B. circulans* – до 95 %, при совместной инокуляции семян *A. brasilense* и *B. circulans* – до 98,3 % по сравнению с показателем всхожести на контроле на уровне 91,7 %. Инокуляция семян *A. brasilense* приводила к увеличению числа корней на 9 %, их суммарной длины/растение – на 44 %, средней длины проростков – на 21 %. За счет применения *B. circulans* число корней возрастало на 9 %, суммарная длина корней одного растения повышалась на 36 % и средняя длина проростков – на 20 %. Наиболее значимым было совместное действие азотфиксирующих и калиймобилизующих ризобактерий *A. brasilense* + *B. circulans*, что стимулировало число корней на 10 %, их суммарную длину – на 39 % и длину проростка – на 20 %.

Установлено влияние ризобактерий на ростовые процессы ярового ячменя в полевых условиях. В фазе молочно-восковой спелости отмечено увеличение массы корней на 7–31 %, длины колоса – на 15–22 %, числа зерен в колосе – на 12–18 %. Совместное действие ризобактерий в форме бинарной композиции *A. brasilense* + *B. circulans* также оказывало более значимый стимулирующий эффект по сравнению с их отдельным применением.

В полевых экспериментах на дерново-подзолистых почвах на лессовидных и моренных суглинках установлено, что применение ризобактерий для инокуляции посевов озимой пшеницы и ярового ячменя обеспечивало повышение урожайности. Прибавки зерна озимой пшеницы за счет внесения азотфиксаторов *A. brasilense* были в пределах 3,0–3,9 ц/га, при внесении слизистых бацилл *B. circulans* – в диапазоне 2,5–3,1 ц/га. На посевах ярового ячменя эффективность инокуляции посевов *A. brasilense* достигала 2,8–3,2 ц/га, прибавки от внесения *B. circulans* составили 1,8–3,6 ц/га. По результатам исследований наибольший положительный эффект обеспечивала обработка посевов зерновых культур бинарной композицией ризобактерий *A. brasilense* + *B. circulans* (табл. 1).

Применение бактериальных инокулянтов достоверно повышало содержание сырого протеина в зерне ярового ячменя и озимой пшеницы, а также приводило к увеличению массы 1000 семян. Наиболее значимый положительный эффект отмечали при использовании бинарной бактериальной композиции *A. brasilense* + *B. circulans* в качестве инокулянта (табл. 2).

Таблица 1

**Влияние ризобактерий *A. brasilense* и *B. circulans* на урожайность
озимой пшеницы и ярового ячменя**

Возделываемая культура	Вариант	Урожайность ц/га	Прибавка ц/га
Дерново-подзолистая почва на моренных суглинках			
Озимая пшеница (2016г.) N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₀₀ НСР ₀₅ 3,04	Контроль	52,6	-
	<i>A. brasilense</i>	55,6	3,0
	<i>B. circulans</i>	55,7	3,1
	<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i>	56,0	3,4
Яровой ячмень (2017г.) N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ , НСР ₀₅ 2,95	Контроль	46,4	-
	<i>A. brasilense</i>	49,6	3,2
	<i>B. circulans</i>	50,0	3,6
	<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i>	50,6	4,2
Дерново-подзолистая почва на лессовидных суглинках			
Озимая пшеница (2016 г.) N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₀₀ НСР ₀₅ 3,30	Контроль	61,4	-
	<i>A. brasilense</i>	65,3	3,9
	<i>B. circulans</i>	63,9	2,5
	<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i>	65,0	3,6
Яровой ячмень (2017г.) N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ , НСР ₀₅ 2,80	Контроль	56,2	-
	<i>A. brasilense</i>	59,0	2,8
	<i>B. circulans</i>	58,0	1,8
	<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i>	60,1	3,9

Таблица 2

**Влияние ризобактерий *A. brasilense* и *B. circulans* на качество зерна озимой
пшеницы и ярового ячменя**

Возделываемая культура	Вариант	Сырой протеин, %	Масса 1000 семян, г
Дерново-подзолистая почва на моренных суглинках			
Озимая пшеница (2016г.) N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₀₀ НСР ₀₅ 0,31; 0,69	Контроль	11,3	42,9
	<i>A. brasilense</i>	11,6	43,3
	<i>B. circulans</i>	11,4	43,0
	<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i>	11,5	43,5
Яровой ячмень (2017г.) N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ , НСР ₀₅ 0,38; 0,62	Контроль	10,0	51,7
	<i>A. brasilense</i>	10,4	52,4
	<i>B. circulans</i>	11,5	53,1
	<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i>	10,9	53,2
Дерново-подзолистая почва на лессовидных суглинках			
Озимая пшеница (2016 г.) N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₀₀ НСР ₀₅ 0,39; 0,62	Контроль	11,2	44,7
	<i>A. brasilense</i>	11,6	45,2
	<i>B. circulans</i>	11,8	45,4
	<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i>	11,5	45,2
Яровой ячмень (2017г.) N ₉₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀ , НСР ₀₅ 0,50; 0,88	Контроль	11,1	52,2
	<i>A. brasilense</i>	13,1	53,8
	<i>B. circulans</i>	12,3	53,3
	<i>A. brasilense</i> + <i>B. circulans</i>	12,5	53,9

Стимулирующее действие ризобактерий наиболее существенно проявляется при совместном применении *A. brasilense* + *B. circulans* в виде бинарной композиции (1:1). Раздельное и совместное применение ризобактерий путем обработки посевов способствовало повышению урожайности зерна ярового ячменя и озимой пшеницы, увеличивало содержание протеина в зерне и массу 1000 семян. Наиболее значимый положительный эффект был получен при использовании бинарной композиции *A. brasilense* + *B. circulans*, прибавки урожайности ярового ячменя составили 3,9–4,2 ц/га, озимой пшеницы – 3,4–3,6 ц/га. Использование потенциала азотфиксирующих и калиймобилизующих ризобактерий перспективно как в интенсивных технологиях возделывания зерновых культур, так и в органическом земледелии.

Список литературы

1. Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. Л. Бабьева, Г. М. Зенова. – М.: МГУ, 2005. – 445 с.
2. Dobbelaere S., Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere / J. Vanderleyden, Y. Okon // Critical Reviews in Plant Sciences. – 2003. – Vol. 22. – P. 107–149.
3. Okon, Y. Agronomic application of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years of worldwide field inoculation / Y. Okon, C. A. Labandera-Gonzalez // Soil Biol. Biochem. – 1994. – Vol. 26. – P. 1591–1601.
4. Активность фосфатмобилизации у ризобактерий / Н. А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1(38). – С. 225–231.
5. Михайловская, Н. А. Количественная оценка активности калиймобилизующих бактерий и их эффективность на посевах озимой ржи / Н. А. Михайловская // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2006. – № 3. – С. 41–46.
6. Антагонистическая активность ризобактерий *A. brasilense* и *B. circulans* по отношению к фитопатогенным микромицетам pp. *Fusarium* и *Alternaria* / Н. А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 1(62). – С. 234–243.
7. Guido V. Bloemberg and Ben J.J. Lugtenberg. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria // Current Opinion in Plant Biology. – 2001. – № 4. – P. 343–250.

УДК 574.42

МОДЕЛИ ПЕДОГЕНЕЗА ПОДЗОЛОВ ПЕСЧАНЫХ ИЛЛЮВИАЛЬНО-ЖЕЛЕЗИСТЫХ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Неведров Н. П., Фомина М. Ю., Проценко Е. П.

Курский государственный университет, г. Курск, Россия

Введение. Хозяйственная деятельность человека – мощный фактор почвообразования, запускающий процессы трансформации нативных почв и формирующий несвойственные природной среде условия функционирования почв [3]. Подзолы песчаные иллювиально-железистые являются азональным типом почв. В лесостепной зоне они формируются на

песчаных отложениях, как правило, под сосновыми лесами [2]. В пределах Курской области подзолы песчаные функционируют в надпойменных террасах рек на флювиогляциальных и древнеаллювиальных песках под насаждениями сосны обыкновенной. Антропогенное преобразование растительных сообществ (замена широколиственных лесов и степных фитоценозов на сосновые леса) привело к разнонаправленным сукцессиям песчаных почв надпойменных террас. Малоизученным является вопрос скорости таких сукцессий в условиях лесостепной зоны, недостаточно данных о биогеохимической емкости подзолов песчаных лесостепи при депонировании органического углерода и экологической устойчивости, как почв, так и монодоминантных сосновых насаждений к техногенному прессу. Стоит отметить, что подзолы песчаные имеют малое количество ячеек «памяти» для записи происходящих изменений, однако в рамках относительно коротких временных периодов педогенеза можно достоверно установить динамику их свойств и направленность почвообразовательных процессов [4, 6].

Цель работы состояла в выявлении базовых моделей почвенных сукцессий подзолов и дерново-подзолов песчаных, функционирующих под монодоминантными сосновыми насаждениями в рамках микропериода педогенеза 0–100 лет.

Объекты и методы исследования. Исследование проводилось в сосновых лесах Курской области, занимающих надпойменные террасы реки Сейм. На основе ботанических описаний лесных массивов, расположенных в окрестностях городов Курска и Курчатова было установлено, что они характеризуются связью с определенной стадией сукцессионного ряда, имеющего общий тренд, направленный на естественную смену сосновых насаждений на широколиственные леса. Основная территория представлена монодоминантными насаждениями сосны обыкновенной возрастом 70–100 лет, преимущественно, сосняками мохово-лишайниковыми и сосняками мертвопокровными. Низовые лесные пожары в таких выделах препятствуют развитию подроста лиственных пород, а сомкнутость крон первого яруса не позволяет возобновляться сосне. Возобновление сосны обыкновенной самосевом наблюдается на опушечных участках и в местах рубок и ветровалов. Также выделяются кварталы с развитым вторым ярусом лиственных пород, смешанным древостоем в первом ярусе и кварталы, где сосна полностью замещена широколиственным лесом. В описанных выше кварталах проводилась почвенная съемка путем закладки почвенных разрезов и полуям, пробуривались скважины с применением почвенного бура пробоотборника «Робур-Грунт», по 10 опробований на каждом участке. Диагностику и классификацию почв проводили согласно современным представлениям о классификации почв [1, 5]. Морфологические, физические, химические и физико-химические свойства определялись по общепринятым методикам: органическое вещество по Тюрину (ГОСТ 26213-91), рНКС1 (ГОСТ 26483-85), легкогидролизующий азот (по Корнфилду), подвижный фосфор (ГОСТ 26204-91), обменный калий

(ГОСТ 26204-91), гранулометрический состав по методу Н. А. Качинского, плотность сложения (метод режущего кольца). Статистическая обработка данных проводилась с применением средств пакета анализа прикладных программ Microsoft Office 2010 (Microsoft Excel).

Результаты и обсуждение. По результатам проведенных исследований были установлены два основных направления микроэволюции подзолов песчаных иллювиально-железистых: а) почвенная сукцессия в рамках хроносери монодоминантных насаждений сосны во временном периоде вегетации древостоя от 70 лет до 100 лет, б) почвенная сукцессия в рамках сукцессионной серии растительного покрова «сосновый лес – смешанный лес – широколиственный лес», обусловленная сменой лесообразующей породы – сосны обыкновенной на лиственные породы (дуб черешчатый, осина, клен остролистный и др.) (табл. 1).

Таблица 1

Профильное распределение значений базовых свойств подзолов песчаных в хроноряду «0 – 70 – 100 лет» при функционировании сосновых насаждений

Модель сукцессии	Генетический горизонт	Гумус, %	pH _{KCl}	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	N щ.г., мкг/кг	Запас гумуса, т/га
А – «0-момент» Б – «сосновый лес»	Разрез в квартале с насаждениями сосны обыкновенной возрастом 70 лет						
	О	0,8±0,2	5,2±0,2	28±2	25±1	28±1	17,2±2,1
	Е	0,5±0,1	4,7±0,2	22±1	30±2	28±2	
	Vf	0,2±0,1	5,2±0,1	33±3	30±2	25±2	
С	0,1±0,01	5,2±0,1	95±5	32±3	12±1		
А	Разрез в квартале с насаждениями сосны обыкновенной возрастом 100 лет						
	О	1,1±0,2	4,0±0,1	128±4	42±3	45±1	25,3±1,7
	Е	0,6±0,1	4,0±0,2	111±5	30±2	28±3	
	Vf	0,3±0,1	4,6±0,2	163±8	33±2	21±2	
С	0,2±0,1	4,6±0,2	266±11	29±2	14±1		
Б	Разрез в квартале с частично замещенной сосной обыкновенной «смешанный лес»						
	О*	–	–	–	–	–	–
	AУ	1,2±0,1	4,7±0,2	18±1	42±2	35±1	38,4±3,7
	Е	0,11±0,02	4,6±0,2	11±3	20±2	28±1	
	Vf	0,12±0,03	4,8±0,1	55±4	25±2	24±2	
С	0,04±0,01	4,8±0,3	61±6	29±4	23±1		
Б	Разрез в квартале с полностью замещенной сосной обыкновенной «широколиственный лес»						
	О*	–	–	–	–	–	–
	AУ	1,8±0,1	4,5±0,1	32±2	69±3	84±2	56,2±2,9
	Е	0,4±0,1	4,4±0,1	20±4	25±4	24±2	
	Vf	0,2±0,1	4,6±0,2	103±7	33±2	20±2	
С	0,06±0,02	4,5±0,1	84±5	24±3	21±3		

Примечание. * «-» – показатель не определялся

При анализе временных изменений свойств почв в хроноряду функционирования сосны «70–100 лет» отмечалось значимое снижение показателя

pH среды (подкисление) по всему профилю на 0,6–1,2 единицы, происходило обогащение почвенного профиля гумусом на 47,1 % по запасу, что обусловлено повышением его содержания во всех генетических горизонтах.

Значительно возрастало содержание подвижного фосфора, что скорее всего обусловлено пространственной вариацией содержания этого макроэлемента в почвообразующих породах. Для обменного калия и органических форм азота в этом временном отрезке было характерным повышение их содержания в органогенном горизонте.

Педогенез почв по сценарию «Б» приводил к формированию дерново-подзолов песчаных, в которых дерновый процесс был более развит, чем подзолистый. Функционирование листовенных пород в сукцессионном ряду «сосновый лес – смешанный лес – широколиственный лес» приводило к активному накоплению гумуса в верхней части профиля. Содержание гумуса возросло с 0,5 % в подзоле соснового леса до 1,8 % в дерново-подзоле широколиственного леса. Запасы гумуса в почвенном профиле также значительно возрастали в косистемах со смешанным (в 2,2 раза) и листовенным (3,3 раза) лесами.

Почвы исследуемых участков имели среднекислую и сильнокислую среду по всему профилю. При заселении листовенных пород значительно снижалась контрастность вертикальной дифференциации кислотности почв. Предел варьирования показателя pH_{KCl} изменялся с 0,5 единиц в подзолах до 0,2 единиц в дерново-подзолах. Усиливающийся дерновый процесс почвообразования способствовал активному накоплению макроэлементов в серогумусовых горизонтах дерново-подзолов. Содержание подвижного фосфора в широколиственном лесу увеличивалось на 45,4 %, обменного калия – на 40–130 %, легкогидролизуемых форм азота на 25–200 % относительно подзолов песчаных соснового леса.

Выводы. 1. В ходе 100 лет функционирования сосновых насаждений в надпойменных террасах реки Сейм сформировались подзолы песчаные иллювиально-железистые. Временная динамика базовых свойств подзолов песчаных имела основную направленность на повышение кислотности и усиление процесса оподзоливания, развитие обособленного подзолистого горизонта протекало со скоростью 0,11–0,17 см/год.

2. В сукцессионной серии «сосновый лес – смешанный лес – широколиственный лес» микроэволюция почв приводила к изменениям почвенного покрова на уровне типа, подзол песчаный иллювиально-железистый заменялся дерново-подзолом песчаным иллювиально-железистым, что сопровождалось усилением процесса гумусонакопления и повышением обеспеченности макроэлементами верхней части профиля.

Список литературы

1. Классификация и диагностика почв России // Авторы и составители: Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
2. Национальный атлас почв Российской Федерации. – М.: Астрель, АСТ, 2011. – 632 с.

3. Сезонная динамика эмиссии CO₂ из почв города Курска / Н. П. Неведров [и др.] // Почвоведение. – 2021. – № 1. – С. 70–79.
4. Подзолистые почвы центральной и восточной частей европейской территории СССР (на песчаных почвообразующих породах) / Б. Ф. Апарин [и др.]. – Л.: Наука, 1961. – 200 с.
5. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. // World Soil Resources Reports. – № 106. – Rome: FAO, 2014. – 181 p.
6. Mokma, D. L. Podzol formation in sandy soils of Finland / D. L. Mokma, M. Yli-Halla, K. Lindqvist // Geoderma. – 2004. – Vol. 120, № 3–4 – P. 259–272.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (проект – МК-416.2021.1.4).

УДК 631.816.23:631.431

ВЛИЯНИЕ РАЗНОГЛУБИННОЙ ЗАПАШКИ ПОЖНИВНОГО СИДЕРАТА НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Николаев¹ В. А., Щигрова² Л. И.

¹*Российский государственный аграрный университет,*

²*Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева,
г. Москва, Россия*

Реформы, проводимые в АПК России привели к значительным потерям органического вещества из почвы, разрушению ее структуры, деформации почвенных агрегатов, ведущие к деградации физического состояния почв.

Под физической деградацией почв имеется в виду поверхностная (смыв) и линейная (размыв) эрозия почвы, расчленение территории оврагами, выход на поверхность почвообразующих и подстилающих пород, усиление сложности и контрастности почвенного покрова, заиливание водоемов и др. [1].

Устойчивость почв к деградации в большей степени зависит от содержания в ней гумуса, илистых фракций, в поглощающем комплексе которых содержится 2-х валентный катион кальция, поэтому чем больше в поверхностном слое почвы органического вещества, поглощенного кальция и меньше карбонатов, пылеватой фракции, тем выше ее противоэрозионная устойчивость [1, 4].

Запашка зеленой массы горчицы белой с соломой снижала плотность сложения, повышала содержание структурных агрегатов и увеличивала водопроницаемость почвы, что позволяет перевести разрушительный поверхностный сток воды во внутренний и значительно снизить угрозу смыва поверхностного слоя почвы талыми и ливневыми водами [2].

Наши исследования проводились на опытном поле ЦТЗ (центр точного земледелия) РГАУ-МСХА им. К. А.Тимирязева. Объектами исследования являлись горчица белая (*Sinapis alba L*) и агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы. Промежуточную культуру на сидерат возделывали в севообороте: вика-овсяная смесь на з/к – озимая пшеница + горчица белая на сидерат – картофель – ячмень. В данном опыте также изучали две системы основной обработки почвы – отвальная (ежегодная вспашка на глубину 20–22 см) и минимальная (фрезерная обработка на глубину 10–12 см).

Результаты исследований показали, что на варианте с отвальной обработкой поступление растительных остатков горчицы белой в почву составило в среднем 14,5 т/га, что на 2,1 % выше по сравнению с минимальной обработкой (табл. 1). Следует отметить, что сидеральная масса формировалась в основном за счет надземных растительных остатков. Корни горчицы, в среднем, составляли около 15–20 % от общей массы.

Таблица 1

Урожайность горчицы белой на сидерат в условиях ЦТЗ, т/га

Обработка почвы	Масса растительных остатков	Масса надземная	Масса корней
Минимальная	14,2	11,8	2,4
Отвальная	14,5	12,1	2,4

Примечание. НСР= 0,44 т/га.

Благодаря высокой удобрительной ценности растительных остатков промежуточных культур с ними в почву в органически связанной форме поступает в среднем за ротацию севооборота: N на 46,1–56,7 %, P₂O₅ на 20,0–57,2 %, K₂O на 43,0–78,1 % больше, чем в варианте без пожнивного сидерата. С агроэкологической стороны, промежуточные культуры, переводя минеральные питательные вещества почвы и удобрений в органическую массу, предотвращают их вымывание из почвы [3].

Использование сидерата под различными системами обработки оказывало не одинаковое влияние на процессы структурообразования почвы (табл.2). Так анализ структурного состояния дерново-подзолистой почвы показал, что применение минимальной обработки снижало содержание агрономически ценных агрегатов, в том числе фракции (3–1 мм) устойчивой к деградации, а в слое (0–10 см) увеличивало глыбистость (фракция >10 мм) почвы.

В то же время запашка пожнивного сидерата способствовала повышению содержания водопрочных агрегатов (10–0,25 мм) в корнеобитаемом слое, где этот показатель на 3,1 % был выше по сравнению с фрезерованием. Это объясняется заделкой зеленой массы пожнивного сидерата в осенний период в почву и усилением ее микробиологической активности, что проявилось в увеличении макроструктуры (10–0,25 мм) в 1,4 раза.

Влияние различных способов обработки и пожнивного сидерата на структурное состояние почвы под картофелем

Обработка почвы	Слой почвы, см	Содержание фракций, %				
		Сухое просеивание				Мокрое просеивание
		глыбистая >10 мм	агрономически ценная 10–0,25 мм	устойчивая к деградации 3–1 мм	эрозионно-опасная < 0,25 мм	
Минимальная	0–10	60,4	20,7	17,0	1,94	37
	10–20	46,6	19,3	32,9	1,22	29,2
	20–30	52,7	22,6	23,4	1,22	25,6
Отвальная	0–10	35,5	39,3	22,8	2,48	39,6
	10–20	28,8	35,2	33,6	2,26	32
	20–30	56,6	14,1	27,8	1,42	30,8

Наибольшее содержание агрономически ценных агрегатов установлено по варианту вспашки, в основном за счет фракции (3–1 мм), обеспечивающая устойчивость поверхности почвы против сноса и смыва в период весеннего снеготаяния, сохраняя почвенный профиль от дальнейшей деградации.

Таким образом, при запашке зеленой массы на удобрение стабилизируется структура верхних слоев почвенного профиля, усиливается ее водопрочность, в результате приостанавливаются эрозионные процессы, повышается плодородие почвы.

Список литературы

1. Гогмачадзе, Г. Д. Деградация почв: причины, пути снижения и ликвидации / Г. Д. Гогмачадзе; предисл. и общ. ред. Д. М. Хомякова. – М.: Изд-во Московского университета, 2011. – С. 157–163.
2. Лошаков, В. Г. Севооборот в современном земледелии. / В. Г. Лошаков // Доклады Международной научной конференции. – М.: Изд-во МСХА, 2004. – С. 161.
3. Лошаков, В. Г. Севооборот и плодородие почвы / В. Г. Лошаков. – М.: Изд. ВНИИА, 2012. – С. 238.
4. Фисунов, Н. В. Изменение обогащенности соломы азотом при её запашке и разбрасывании на поверхности почвы / Н. В. Фисунов // Вестник Курганской ГСХА. – 2017. – № 3. – С. 54–58.

ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ ПРИ СРАВНЕНИИ С ЭТАЛОННЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ

Огородников С. С.

МГУ им. М. В. Ломоносова, г. Москва, Россия

Оценка деградации – комплексный процесс, требующий знаний не только в почвоведении, картографии и химии почв, но и в экономике, юриспруденции, социологии. Под деградацией почв понимается «ухудшение свойств и плодородия почвы в результате воздействия природных или антропогенных факторов» (ГОСТ 27593-88).

Очевидно, что ухудшение должно происходить за определенное время: соответственно появляются два пути оценки деградации:

1. Сравнить новые результаты анализов с данными предыдущих почвенных обследований.

2. Проводить сравнение с эталонными значениями. В этом случае необходимо обратиться к методикам оценки ущерба от деградации.

Для оценки ущерба от деградации использовалась «Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (утверждена Минприроды России и Роскомземом в июле 1994 г.) [1].

Деградация почв и земель по каждому индикаторному показателю характеризуется пятью степенями:

- 0 – недеградированные (ненарушенные);
- 1 – слабodeградированные;
- 2 – среднедеградированные;
- 3 – сильнодеградированные;
- 4 – очень сильнодеградированные (разрушенные).

То есть значения каждого показателя ранжированы по пятиуровневой шкале. Размер ущерба рассчитывается для каждого контура деградированных почв и земель по формуле:

$$Ущ = Нс \times S \times Кэ \times Кс \times Кп + Дх \times S \times Кв,$$

где Ущ – размер ущерба от деградации почв и земель (тыс. руб.);

Нс – норматив стоимости;

Дх – годовой доход с единицы площади (тыс. руб.);

S – площадь деградированных почв и земель (га);

Кэ – коэффициент экологической ситуации территории;

Кв – коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению деградированных почв и земель;

Кс – коэффициент пересчета в зависимости от изменения степени деградации почв и земель;

Кп – коэффициент для особо охраняемых территорий.

Данные анализов почвенных свойств по материалам исследований 1992 и 2015 года сравнивались с почвенным эталоном из паспорта модели чернозема, выщелоченного высокого плодородия. Оба раза образцы отбирались в точках с одними и теми же координатами, и анализировались в соответствии с одинаковыми методиками. (Впервые такой метод в своей работе использовал Г.Я. Чесняк). [2] Сравнение проводилось по следующим показателям: рН солевой, валовое содержание гумуса, содержание подвижного фосфора и содержание обменного калия.

В качестве не деградированного аналога использовалась модель высокого плодородия выщелоченного чернозема высокого плодородия, разработанная Институтом им. В. В. Докучаева. Эталонные значения показателей приведены в таблице 1.

Таблица 1

Параметры пахотного горизонта эталонной почвы

Параметры модели	Значения показателей
Содержание гумуса, %	6–7
рН солевой	6,2–6,5
Подвижные формы фосфора, мг/100 г	15–20
Подвижные формы калия мг/100 г	20–25

По каждому из исследуемых показателей в программе QGis2.10.1 были построены картограммы и рассчитаны площади почв, относящихся к различным уровням деградации.

Почвы, относящиеся к первой степени деградации по содержанию гумуса (6 %–5,4 %) в 1992 году занимали 94 % площади. К 2015 году, из-за снижения содержания гумуса, их площадь сократилась до 45 %. По значению рН в 1992 году к первой степени деградации относилось 63 % территории (рН более 5,6), %. На долю второй степени деградации (рН 5,6–5,4) приходилось 29 % площади. В 2015 году ситуация улучшилась: площадь, характеризующаяся 1 степенью деградации (рН более 5,6) возросла до 90 % от общей площади совхоза. На долю второй степени деградации (рН 5,58–5,39) пришлось лишь 9 % площади. В 1992 году по содержанию Р₂О₅ территория характеризовалась в основном второй и третьей степенями деградации (13,5–12 мг/100 г) и (12–9 мг/100 г). В 2015 году ситуация значительно улучшилась: 93 % площади приходится на первую степень деградации. По содержанию К₂О 69 % площади относится к третьей степени деградации (12–16 мг/100 г) 69 % и 65 % в 1992 и 2015 годах соответственно. На отдельных территориях совхоза требуется проведение мероприятий по улучшению перечисленных почвенных свойств (рис. 1 и 2) [3].

Основными факторами деградации почв на данной территории является эрозия и низкое содержание обменного калия. При этом загрязнение тяжелыми металлами и ¹³⁷Cs отсутствует.

На круговых диаграммах, представленных на рисунке 3, в процентах показано, какой вклад в сумму ущерба внес каждый исследуемый фактор в 1992 и 2015 гг.

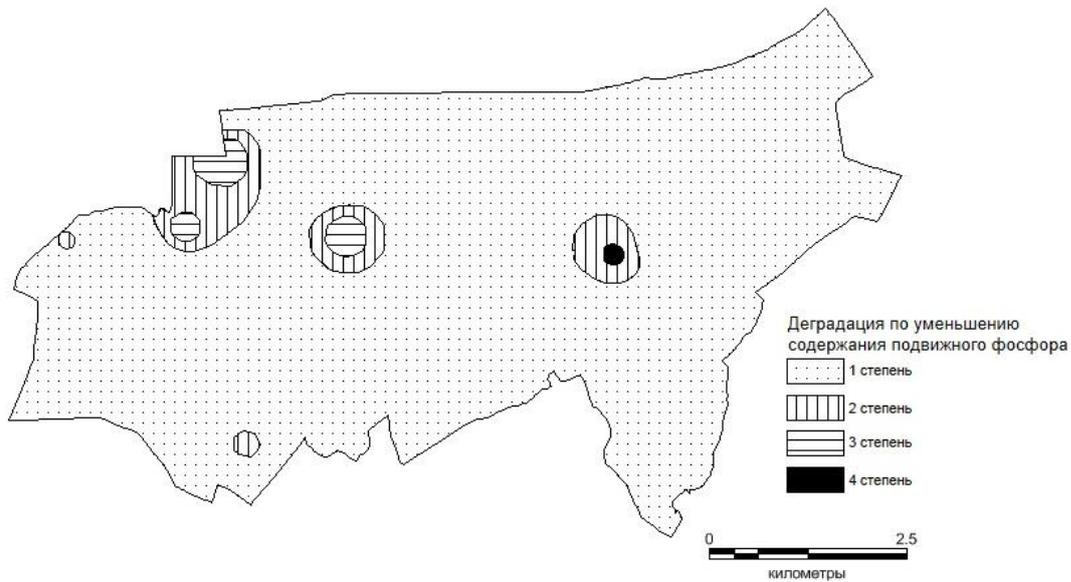


Рис. 2. Картограмма по степеням деградации подвижного фосфора на территорию совхоза «Тихий Дон», по данным 2015 г.

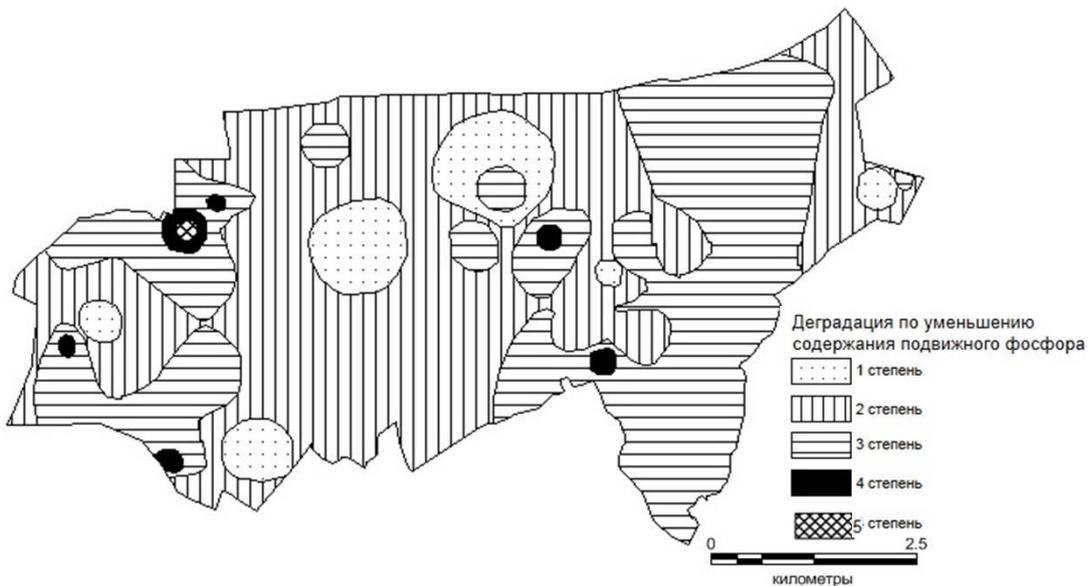


Рис. 2. Картограмма по степеням деградации подвижного фосфора на территорию совхоза «Тихий Дон», по данным 2015 г.

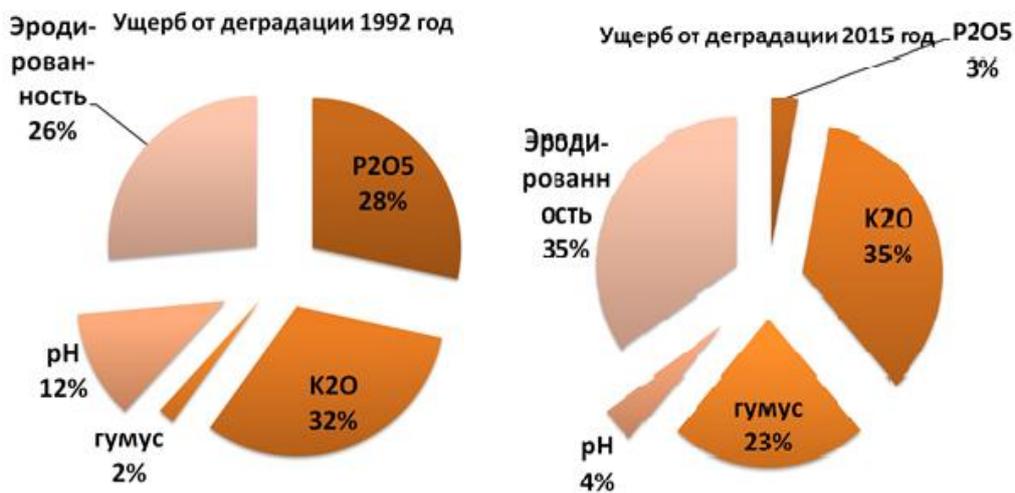


Рис. 3. Круговые диаграммы, иллюстрирующие вклад каждого фактора в суммарный ущерб от деградации в %

Сравнение картограмм деградации почв 1992 и 2015 годов показывают, что за данный промежуток времени произошло уменьшение содержания гумуса. При этом существенно улучшилась обеспеченность подвижным фосфором, а значение рН приближается к нейтральному. Сложной остаётся ситуация с обеспеченностью обменным калием; основная площадь территории по данному показателю характеризуется деградацией третьей степени.

Оценен ущерб от деградации в соответствии с Методикой определения размеров ущерба от деградации почв и земель (1994 г.)

По результатам обследования 2015 года ущерб составил 1907881473 (в среднем 458405 руб./га). По данным 1992 года ущерб составил 2502777448 (в среднем 601340 руб./га).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-34-90131.

Список литературы

1. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель, утв. Роскомземом 28.12.1994 // СПС КонсультантПлюс.
2. Чесняк, Г. Я. Гумусное состояние черноземов / Г. Я. Чесняк // Русский чернозем: 100 лет после Докучаева. – Т. 6. – 1983. – С. 186–199.
3. Огородников, С. С. Оценка деградации почв, с применением геоинформационных технологий, на примере совхоза «Тихий Дон» Куркинского района Тульской области / С. С. Огородников // Материалы по изучению русских почв. – 2017. – № 9(36). – С. 233–236.

УДК 631.445.2:631.816.1

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОВЕРХНОСТНО ОГЛЕЕННОЙ ПОЧВЫ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Олифир Ю. Н., Габриель А. И., Партыка Т. В., Гаврышко О. С.

*Институт сельского хозяйства Карпатского региона НААН,
г. Львов, Украина*

На международной конференции в Рио-де-Жанейро (1992 г.) ООН задекларировано стратегию сбалансированного (устойчивого) развития, в которой определяющая роль в обеспечении человеческой цивилизации продовольствием и промышленным сырьем принадлежит почвенно-ресурсному потенциалу. Этот ресурс должен пожизненно служить человечеству. Поэтому самопроизвольным процессам трансформационного развития почв и их плодородия должна противостоять научно обоснованная система управления земельными ресурсами и их плодородным потенциалом.

Фундаментом стратегии сохранения и охраны плодородия на современном этапе должны стать результаты исследований, полученных в базовых стационарных опытах.

Объективный прогноз относительно функционирования агроэкосистем, их экологического состояния, а также совершенствование процесса управления плодородием почв возможны при наличии всесторонней информации, включая и характеристику физико-химических условий жизнеобеспечения растений, которые чаще всего ограничивают их производительность. Физико-химические исследования дают возможность глубже раскрыть механизмы взаимодействия между почвой, растениями, удобрениями и мелиорантами, а также способствуют разработке более совершенных методов контроля и прогноза состояния почвенного покрова, следовательно, и охраны окружающей среды.

В этой связи особого внимания заслуживают результаты исследований, полученные в классическом стационарном опыте Института сельского хозяйства Карпатского региона НААН по изучению эффективности длительного воздействия различных систем удобрения и периодического известкования на формирование физико-химических свойств светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почвы.

Опыт заложен в 1965 г. на кислой светло-серой лесной поверхностно-оглеенной почве и занесен в реестр долгосрочных стационарных полевых опытов Национальной аграрной академии наук Украины (аттестат регистрации НААН № 29). В опыте предусмотрено совместное и раздельное внесение 0,5; 1,0 и 1,5 н CaCO₃ по гидролитической кислотности (Нг), полной (N₆₅P₆₈K₆₈), половинной и полуторной доз NPK, 10 и 15 т навоза на 1 га севооборотной площади. Начиная с IX ротации использовано инновационный подход – внесение оптимальной дозы CaCO₃, рассчитанной по графику рН-буферности. Стационарный опыт размещен в пространстве на трех полях, каждое из которых насчитывает 18 вариантов в трехкратном повторении. Расположение вариантов одноярусное, последовательное. Общая площадь участка составляет 168 м², учетная – 100 м².

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы до закладки опыта следующая: содержание гумуса (по Тюрину) 1,42 %, рН_{KCl} 4,2, гидролитическая кислотность (по Каппену) 4,5, обменная (по Соколову) – 0,6 мг-экв/100 г почвы, содержание подвижного алюминия 60,0 (по Соколову), подвижного фосфора (по Кирсанову) и обменного калия (по Маслову) – соответственно 36,0 и 50,0 мг/кг.

Исследования проводились в течение IX ротации четырехпольного севооборота (кукуруза на зеленую массу – ячмень с подсевом клевера лугового – клевер луговой – пшеница озимая), перед началом которой проведен очередной этап известкования, а также откорректированы дозы внесения удобрений. Агротехника выращивания культур, обработка почвы и уход за посевами общеприняты для условий зоны Лесостепи Западной.

Исследования проводили в вариантах: абсолютного контроля (без внесения удобрений), органоминеральной системы удобрения (10 т/га

севооборотной площади навоза + N₆₅P₆₈K₆₈) на фоне периодического известкования 1,0 н CaCO₃ по Нг (6,0 т/га известняковой муки) и аналогичной системы удобрения на фоне внесения оптимальной дозы извести, рассчитанной по кислотно-основной буферности (2,5 т/га) органоминеральных систем удобрения с внесением N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁ + 10 т/га навоза + CaCO₃ 1,0 н по Нг и N₃₀P₃₄K₃₄ + 15 т/га навоза + CaCO₃ оптимальной дозы по рН-буферности, минеральной системы удобрения (N₁₀₅P₁₀₁K₁₀₁) на фоне известкования 1,5 н CaCO₃ по Нг (9,0 т/га) и на фоне внесения CaCO₃ за кислотно-основной буферностью (2,5 т/га) минеральной (N₆₅P₆₈K₆₈) системы удобрения и идентичной системы удобрения на фоне CaCO₃ по Нг, а также полторы нормы NPK на фоне 1,5 н CaCO₃ по Нг и на фоне CaCO₃ оптимальной дозы по рН-буферности.

Проведенные исследования показали, что однократное внесение за ротацию 1,0 н CaCO₃ по Нг, 10 т / га севооборотной площади навоза и ежегодно полной (N₆₅P₆₈K₆₈) дозы минеральных удобрений изменили на конец IX ротации реакцию почвенного раствора (рН_{KCl}) пахотного слоя почвы с 4,30 на контроле до 5,38. При внесении извести по кислотно-основной буферности при данной системе удобрения на конец IX ротации показатель рН_{KCl} составляет 5,03.

Уровень гидролитической кислотности пахотного слоя почвы в этих условиях снизился соответственно до 2,28 и 3,13 против 4,49 мг-экв/100 г почвы на контроле (табл.).

Таблица

Влияние длительного удобрения и известкования на физико-химические свойства светло-серой лесной поверхностно оглеенной почвы, конец IX ротации

№ вар.	Содержание вариантов	рН _{KCl}	Hг		Гумус, %
			S		
			мг-экв/100 г почвы		
1	Без удобрений (контроль)	4,30	4,49	3,17	1,48
7	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + Навоз, 10 т/га + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг	5,38	2,28	8,20	1,93
8	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + Навоз, 10 т/га + CaCO ₃ оптим. (кисл.-осн. буф.)	5,03	3,13	5,60	1,79
12	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + Навоз, 10 т/га + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг	5,45	2,17	6,17	1,92
13	N ₃₀ P ₃₄ K ₃₄ + Навоз, 15 т/га + CaCO ₃ , оптим. (кисл.-осн. буф.)	5,85	1,79	7,70	1,89
15	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈	3,97	4,69	2,33	1,59
16	N ₆₅ P ₆₈ K ₆₈ + CaCO ₃ , 1,0 н за Нг	5,03	2,16	6,67	1,67
17	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ , 1,5 н за Нг	5,95	1,73	7,93	1,69
18	N ₁₀₅ P ₁₀₁ K ₁₀₁ + CaCO ₃ оптим. (кисл.-осн. буф.)	5,16	3,06	6,73	1,66
	<i>HCP₀₅</i>	<i>0,2</i>	<i>0,1</i>	<i>0,65</i>	<i>0,04</i>

Длительное применение – более 50 лет на светло-серой лесной поверхностно оглеенной почве только минеральной системы удобрения без известкования привело к снижению показателя рН_{KCl} до 4,12 единиц и росту гидролитической кислотности до 4,69 мг-экв/100 г почвы.

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что минеральные удобрения на светло-серой лесной поверхностно оглеенной почве эффективны лишь при условии использования их на фоне известкования. Так,

в варианте применения 1,5 н минеральных удобрений и известкования 1,5 н CaCO_3 по Нг показатель $\text{pH}_{\text{КСИ}}$ составляет 5,81, а гидролитическая кислотность снижается до 1,73 мг-экв/100 г почвы. При аналогичной системе удобрений внесенной на фоне дозы извести, рассчитанной по кислотно-основной буферности на конец IX ротации показатель рН составляет 4,98, гидролитическая кислотность снизилась до 3,06 мг-экв/100 г почвы, что свидетельствует о целесообразности повторного известкования оптимальной дозой извести перед каждой из последующих ротаций.

При использовании органоминеральной системы удобрения с внесением 1,5 нормы минеральных удобрений, 10 т/га навоза на фоне 1,0 н CaCO_3 показатель рН составляет 5,45, а гидролитическая кислотность снизилась до 2,17 мг-экв/100 г почвы.

Органоминеральная система удобрения с внесением пол нормы минеральных удобрений, 15 т/га навоза и дозы извести, рассчитанной по кислотно-основной буферности (2,5 т/га) в наибольшей степени снижает кислотность почвенного раствора на конец IX ротации. Показатель $\text{pH}_{\text{КСИ}}$ составляет 5,85, а Нг снизилась до 1,79 мг-экв/100 г почвы.

Основой регулирования физико-химических, агрофизических и биологических свойств почвы является органическое вещество, в частности гумус, которому отводится ведущая роль в формировании плодородия почвы.

К концу IX ротации севооборота высокое содержание гумуса (по Тюрину) 1,93 % и 1,92 % обеспечивают органоминеральные системы удобрения с внесением на гектар севооборотной площади соответственно одной ($\text{N}_{65}\text{P}_{68}\text{K}_{68}$) и полторы норм минеральных удобрений ($\text{N}_{105}\text{P}_{101}\text{K}_{101}$) на фоне 10 т/га навоза и известкования 1,0 н CaCO_3 по Нг (табл.).

Совместное внесение в севообороте половинной дозы минеральных удобрений $\text{N}_{30}\text{P}_{34}\text{K}_{34}$, 15 т/га навоза на фоне известкования оптимальной нормой извести по влиянию на содержание гумуса в условиях светло-серой лесной почвы также было эффективным, поэтому при данной системе удобрения содержание гумуса возрастает на 0,41 % по сравнению с контролем без удобрений.

Длительное систематическое внесение (более 50 лет) одних минеральных удобрений повышало содержание гумуса на конец IX ротации только до 1,59 %, против 1,48 % на контроле. Данная система удобрения на фоне известкования способствовала повышению содержания гумуса до 1,67 %. Минеральная система удобрения на фоне дозы извести, рассчитанной как по рН буферности, так и по Нг повышает содержание гумуса до 1,66–1,69 %. Это свидетельствует о том, что на кислой светло-серой лесной почве эффективность минеральных удобрений по влиянию на процессы гумификации возрастает при известковании. При этом следует подчеркнуть, что сочетание кальция с органическим веществом почвы создают очень важный химический комплекс для усиления питания растений.

По влиянию на процессы гумусообразования минеральная система удобрения в течение первых четырех лет внесения извести по гидролитической кислотности из расчета 1,0 и 1,5 н CaCO_3 практически равноцен-

ны аналогичной системе удобрения на фоне дозы CaCO_3 , рассчитанной по кислотно-основной буферности, при этом содержание общего гумуса составляет 1,66 % против соответственно 1,69 % и 1,67 %.

Снижение содержания общего гумуса до 1,79 % в варианте органо-минеральной системы удобрения на фоне известкования дозой CaCO_3 рассчитанной по кислотно-основной буферности по сравнению с дозой извести по Нг – 1,93 % (вар. 8 и вар. 7) после четырех лет IX ротации обусловлено в первую очередь тем, что систематически в течение предыдущих восьми ротаций содержание гумуса за внесения известково-серных отходов Роздольского горно-химического комбината было существенно ниже и составляло в конце VIII ротации 1,74 %.

Известно, что свойства почв в значительной степени зависят от суммы обменно-поглощенных оснований, которая является важным показателем состояния почвы. Известкование кислых почв наряду со снижением кислотности также увеличивает количество оснований, и особенно, поглощенного кальция, который создает в почве оптимальные физико-химические свойства и является предпосылкой для нормального роста и развития растений.

Исследования показали, что при длительном систематическом применении минеральных удобрений, навоза и извести значительно изменяется сумма поглощенных оснований (S) светло-серой лесной почвы. Так, наибольшее значение суммы поглощенных оснований было получено при систематическом длительном применении полной дозы минеральных удобрений, 10 т/га севооборотной площади навоза на фоне периодического внесения 1,0 н CaCO_3 по Нг. При этом сумма поглощенных оснований пахотного слоя почвы возрастала до 8,20 при их содержании на контроле 3,17 мг-экв/100 г почвы (табл.).

Длительное применение на светло-серой лесной поверхностно оглеенной почве только минеральной системы удобрения способствовало снижению суммы поглощенных оснований в пахотном и подпахотном слоях почвы по сравнению с другими удобрительными вариантами до 2,33 и 2,00 мг-экв/100 г почвы. В варианте органо-минеральной системы удобрения на фоне известкования 1,0 н CaCO_3 по Нг и внесения 10 т/га навоза сумма поглощенных оснований была меньше по сравнению с вариантом минерального удобрения и известкования 1,5 н CaCO_3 без навоза и составила 6,17 против 7 93 мг-экв/100 г почвы.

Таким образом, на основе проведенных исследований по изменению физико-химических свойств светло-серой лесной поверхностно оглеенной почвы под влиянием длительного применения различных систем удобрения и известкования установлено, что органо-минеральная система удобрения на фоне периодического известкования как оптимальной дозой CaCO_3 рассчитанной по рН буферности, так и по гидролитической кислотности в наибольшей степени способствует окультуриванию данного типа почвы, улучшая физико-химические свойства и создает благоприятные условия функционирования почвенных экосистем.

НАКОПЛЕНИЕ В ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ^{90}Sr ПРИ ЕГО ПОВЕРХНОСТНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ НА ПОЧВЕ

Погорелова¹ В. А., Мазиров² М. А., Мельченко³ А. И.

¹Эколого-биологический центр, г.Краснодар, Россия

²Российский государственный аграрный университет –
МСХА им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

³Кубанский государственный аграрный университет,
г. Краснодар, Россия

В агроэкосистемах Краснодарского края почвенный путь поступления радионуклидов в растения изучен недостаточно. В основном эти исследования выполнены для зерновых, овощных, плодовых растений [1, 2]. Однако миграция и накопление радионуклидов в травянистой растительности, находящейся на этих полях, практически не изучалась. Известно, что травянистая растительность принимает самое непосредственное участие в трофических цепях животных, птиц и других биотических организмов. Поэтому изучение миграции и накопления радионуклидов в этих растениях имеет актуальное значение.

Проникновение радионуклида в растения из почвы через корневую систему – более сложный процесс в отличие от аэрального. В большинстве случаев первичные взаимодействия радионуклидов с почвой осуществляются через почвенный раствор, то есть радиоактивное загрязнение должно перейти в жидкую фазу почвы. В дальнейшем возможно поступление нуклида в растения. Характер и количество корневого поступления радионуклида в растения будет зависеть от многих факторов: физико-химическая характеристика почв, климатические условия района, физико-химические свойства радионуклида и времени нахождения его в почве, вида растений.

Во ВНИИБЗР г. Краснодар был заложен опыт, который должен дать ответ на вопрос о накоплении радионуклидов в травянистой растительности, находящейся в плодовом саду.

При поверхностном загрязнении почвы в саду, уровень загрязнения опытного участка составил 500 МБк/м^2 , для исследований была выбрана однолетняя травянистая растительность. Внесение ^{90}Sr в почву было выполнено в 1989 г. при закладке сада. Почва – чернозем выщелоченный. В поверхностно загрязненную ^{90}Sr почву, проведена посадка двухлетних растений яблони сорт «Супер прекокс», подвой М-9 [3, 4]. Площадь питания яблони $6 \times 4 \text{ м}$. Повторность опыта 6 кратная. По окончании эксперимента выполнена статистическая обработка данных полевого опыта [5].

Испытания продукции по признаку радиоактивного загрязнения выполнены на приборе УСК «Гамма Плюс» по методике измерения активности бета-излучающих радионуклидов в счетных образцах с применением

программного обеспечения «Прогресс». Методика разработана ГП ВНИИФТРИ и утверждена Госстандартом России 05.05.1996 г. Настоящая методика является основной в определении значений активности бета-излучающих радионуклидов в счетном образце и позволяет выполнить расчет погрешности каждого измерения [6]. Для регистрации бета-излучения от счетного образца используется бета-спектрометрический тракт со сцинтилляционным блоком детектирования (СБД). Для экспонирования счетных образцов применяются специальные алюминиевые кюветы (Комплекс универсальный спектрометрический «Гамма Плюс»).

Для исследований выбрана однолетняя травянистая растительность, наиболее часто встречающаяся в плодовых садах: щирица запрокинутая (*Amaranthus retriflexus* L.) – стебель прямой, разветвленный, опушенный, иногда высотой до 150 см. Корневая система стержневая, иногда проникает в почву на глубину до 240 см, распространяется горизонтально до 140 см; горец птичий (*Polygonum aviculare* L.) – в высоту стебель достигает до 35–40 см, сильно разветвлен. Корневая система – стержневая, не отличается большой разветвленностью. Горец птичий хорошо накапливает кальций; марь белая (*Chenopodium album* L.) – прямостоячий стебель, разветвленный, высотой до 120 см. Корневая система стержневая, имеет разветвления; пастушья сумка (*Capsella bursa-pastoris* L.) – стебель одиночный прямостоячий, иногда он может ветвиться, высотой до 60–70 см. Корневая система «веретеновидная»; подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.) – стебель лежачий, легко цепляется за любую опору. Корневая система стержневая, развита слабо. Растение любит плодородные почвы, богатые известью.

На территории опытных делянок в саду были отобраны образцы травянистой растительности для определения содержания в них радионуклида. Результаты анализа приведены на рисунке 1.

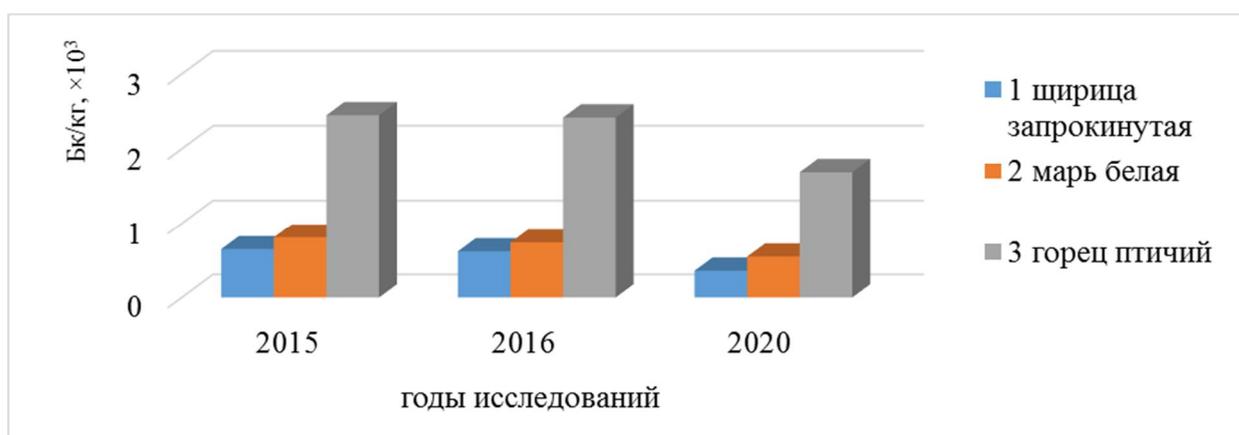


Рис. 1. Накопление ^{90}Sr , при поверхностном его расположении на почве, в однолетней травянистой растительности (2015–2020 гг.)

Наибольшим накоплением изучаемого радионуклида отличается горец птичий (спорыш). В 2015 г. различие в содержании ^{90}Sr между горцем птичьим и марью белой составило в 3,0 раз, а в 2020 г. – в 3,1 раза. Так же

большое различие отмечено в накоплении нуклида между горцем птичьим и щирицей запрокинутой в 2015 и 2020 гг. соответственно в 3,8 и 4,7 раз.

По-нашему мнению, различие в содержании нуклида в изучаемых растениях, может быть объяснено следующими фактами: во-первых, горец птичий предпочитает почвы, содержащие кальций. Известно, что кальций является аналогом по накоплению в растениях стронция. Поэтому стронций довольно хорошо накапливался в горце птичьем. Во-вторых, у этого растения стебель очень сильно разветвлен и очень близко расположен к поверхности почвы, чего нельзя сказать о щирице запрокинутой и мари белой. Загрязнение горца птичьего могло происходить и с поверхности почвы, в результате ветра или дождя, а не только корневым путем. Для щирицы запрокинутой и мари белой эти варианты загрязнения менее доступны. В-третьих, корневая система у горца птичьего расположена ближе к поверхности почвы, в то время, как у щирицы и мари белой она уходит глубоко в почву и контакт с загрязнителем уменьшается, то есть происходит, как бы разбавление.

За период исследований происходит снижение в накоплении ^{90}Sr в изучаемых растениях: щирице запрокинутой – в 1,8; мари белой – в 1,5 и горце птичьем в 1,4 раза.

Плоды горца птичьего довольно часто поедаются птицами и животными. То есть это растение довольно активно участвует в трофической цепи биоты.

В связи с тем, что на опытных площадках были обнаружены пастушья сумка и подмаренник цепкий, был выполнен анализ накопления ^{90}Sr и в этих зимующих растениях.

Результаты анализа отобранных растительных проб приведены на рисунке 2.

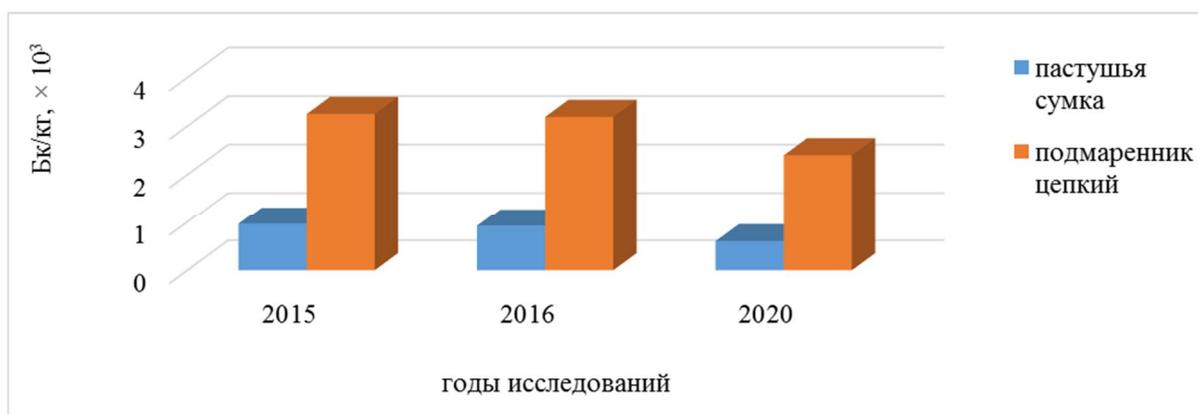


Рис. 2. Накопление ^{90}Sr , при поверхностном его залегании на почве, в травянистой растительности (2015–2020 гг.)

Наибольшее накопление изучаемого радионуклида за период исследований произошло в подмареннике цепком. Различие в содержании ^{90}Sr между этими растениями составило в 2015 г. – в 3,4, в 2016 г. – в 3,5, а в 2020 г. – в 4,0 раз.

Причин разного накопления радионуклида в изучаемых растениях несколько: подмаренник цепкий предпочитает почвы с повышенным содержанием кальция, аналогом стронция, стебель у подмаренника лежащий, в отличие от прямостоячего у пастушьей сумки. Эта особенность у изучаемых растений важна, так как лежащий стебель больше будет загрязняться при поверхностном соприкосновении с загрязненной почвой.

В результате эксперимента появилась возможность составить убывающий ряд по накоплению ^{90}Sr в изучаемых растениях: подмаренник цепкий, горец птичий, пастушья сумка, марь белая, щирца запрокинутая.

Выводы

1. Наибольшим накоплением изучаемого радионуклида отличаются растения, которые предпочитают почвы, содержащие кальций.

2. Травянистая растительность с горизонтально расположенным на почве стеблем больше накапливает нуклида в сравнении с вертикально расположенным.

3. Расположение в почве радионуклида и корневой системы растений оказывают влияние на накопление загрязнителя.

4. Составлен убывающий ряд по накоплению ^{90}Sr в изучаемых растениях: подмаренник цепкий, горец птичий, пастушья сумка, марь белая, щирца запрокинутая.

Список литературы

1. Мельченко, А. И. Влияние глубины расположения ^{90}Sr в почве на его накопление в ягодных культурах (на примере крыжовника) / А. И. Мельченко, В. А. Погорелова // Междунар. науч.-практ. конфер «Реализация методологических и методических идей профессора Б. А. Доспехова в совершенствовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия», 26–29 июня 2017 г., / ТСХА. – Москва, 2017. – С. 334–339.

2. Мельченко, А. И. Влияние фактора времени и глубины залегания ^{90}Sr в почве на его накопление в яблоне сорта «Супер Прекокс» / А. И. Мельченко, В. А. Погорелова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 8 (142). – С. 54–60.

3. Сорты семечковых пород: рекомендации / Л. С. Наумова, Е. И. Костецкая, С. Ф. Русак. – Краснодар, 1979. – 38 с.

4. Чекрыгин, В. В. Выращивание яблони на подвое м-9 без орошения / В. В. Чекрыгин // Биологические основы плодоводства. – Краснодар: КГАУ. – 2000. – Вып. 380(480). – С. 150–159.

5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: «Колос», 1968. – 336 с.

6. Методика измерения активности бета-излучающих радионуклидов в счетных образцах с использованием программного обеспечения «Прогресс» / разработана ГП ВНИИФТРИ и утверждена ГосСтандартом России. – 05.05.1996. – 28 с.

ВЛИЯНИЕ ПРОТИВОЭРОЗИОННОГО КОМПЛЕКСА НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ТИПИЧНОМ

Подлесных И. В.

Курский ФАНЦ, г. Курск, Россия

Вовлечение в производство все новых земель, которые зачастую располагаются на эрозионноопасных территориях приводит к тому, что активируются эрозионные процессы, постепенно приводящие к снижению почвенного плодородия. Почвенная среда является живым природным телом, в котором обитают различные организмы. Нарушение экологического равновесия негативно сказывается на росте и развитии и прежде всего микроорганизмов. Поэтому показатели биологической активности можно рассматривать как достоверные и информативные индикаторы, отражающие состояние окружающей среды [1]. Чем активнее в почве происходят биологические процессы, тем лучше условия роста и развития культур, а соответственно, и потенциальная урожайность [2]. Целлюлозолитическая активность почвы характеризует способность микроорганизмов разлагать целлюлозу, интенсивность разложения которой зависит от целого количества факторов, среди которых первоочередными являются абиотические факторы: 1) климатические (количество выпавших осадков, температура воздуха); 2) местоположение в рельефе (склон, экспозиция); 3) эдафогенные (влажность).

Узкие стокорегулирующие лесные полосы – это самый стабилизирующий противоэрозионный прием противоэрозионного комплекса, что подтверждается многочисленными публикациями [3, 4]. Они способствуют не только сокращению объемов стока поверхностных вод и смыва почв, иногда полностью прекращая его [5], но и формируют особый микроклимат, влияющий на влажность почв, вблизи лесной полосы. Данное влияние не всегда несет положительный эффект, так как в засушливые годы, мощно развитая корневая система оттягивает влагу с полей, создавая дефицит ее в посевах, в зоне влияния лесной полосы, однако исследований по влиянию удаленности от лесных полос на биологическую активность почвы полей очень мало.

В наших исследованиях целлюлозолитическая активность почвы изучалась при выращивании озимой пшеницы на черноземе типичном с использованием отбеленного хлопчатобумажного полотна. Подготовленные из хлопчатобумажной ткани аппликации размером 5×20 см закладывали в почву на глубину 20 см с помощью, разработанного и запатентованного в нашем центре устройства для создания щели в почве и закладки в нее образцов ткани при изучении биологической активности почвы [6] в весенний и летний периоды вегетации растений. Через два

месяца после закладки аппликации извлекались из почвы и аккуратно очищались от почвы и растительных остатков, высушивались и взвешивались с точностью до 0,01 г. Затем по разности массы аппликаций (до закладки в почву и после отбора образцов из почвы) определяли процент убыли аппликаций или процент разложения за период, а также расчетным путем определяли интенсивность разложения целлюлозы в день [7]. Эксперимент проводили на опыте по контурно-мелиоративному земледелию ФГБНУ «Курский ФАНЦ» Медвенского района Курской области. Опыт представлен несколькими полями среди которых выделяют водосбор 3 – контроль, а также водосбор 5, с расположенными на нем через 216 метров узкими лесными полосами шириной 6 метров, усиленными канавой шириной 1 метр и глубиной 1,5 метра между ними и валом по нижней опушке [8]. Исследования проводили в средней части склона (крутизной до 3°) в зерновом севообороте в посевах озимой пшеницы на разном расстоянии от узкой двухрядной водорегулирующей лесной полосы возраста 35 лет, а также контроле, и посевах многолетних трав в нижней части водосборов. При обработке данных руководствовались методикой Б. А. Доспехова [9], полученные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Интенсивность разложения целлюлозы на западной экспозиции склона
в зависимости от удаленности от лесополосы**

Место положения в рельефе	Расстояние от лесной полосы, м	Интенсивность разложения целлюлозы (ИРЦ)			
		26 марта–18 мая		19 мая–13 июля	
		ИРЦ 53 дня, %	ИРЦ в день, %	ИРЦ 53 дня, %	ИРЦ в день, %
Выше лесной полосы	108	7,3	0,14	60,2	1,06
	50	4,5	0,08	34,2	0,60
	25	5,8	0,11	48,5	0,85
	10	2,1	0,04	68,6	1,20
	5	11,3	0,21	51,6	0,90
Ниже лесной полосы	5	6,4	0,12	57,1	1,00
	10	4,4	0,08	30,1	0,55
	25	2,1	0,04	42,5	0,75
	50	3,0	0,06	15,4	0,27
	108	7,3	0,14	12,6	0,22

Интенсивность разложения хлопчатобумажного полотна зависела от срока (периода) проведения исследований. Так во второй период в почве разлагалось в среднем 0,93 % целлюлозы в день на территории, расположенной выше лесополосы и 0,47 % – ниже лесополосы, а в начале исследований этот показатель составлял 0,1 % и 0,5 % соответственно. Так же из полученных данных видно, что ниже лесополосы интенсивность биологических процессов в 2 раза меньше по сравнению с верхней частью западного склона.

На целлюлозолитическую активность почвы оказало влияние и удаленность точки закладки образца от лесной полосы. В весенний период в почве выше лесополосы самая низкая биологическая активность наблю-

далась в точке на расстоянии 10 м от лесополосы, а ниже лесополосы самое низкое значение изучаемого показателя находилось на расстоянии 25 м от лесополосы. В данных точках с марта по май (53 дня) разложилось 2,1 % полотна, что составило 0,04 % убыли целлюлозы в день. На основе полученных данных, можно предположить, что точки, расположенные на расстоянии 10 м и 25 м на западном склоне критические в весенний период для развития целлюлозолитических организмов. Чем дальше от этих критических точек вправо и влево наблюдается рост почвенных целлюлитиков. Так, в почве выше и ниже лесной полосы на 5 м интенсивность выше в 5 раз и 3 раза соответственно по сравнению с критической точкой. При удалении от лесополосы вниз и вверх по склону на 108 метров интенсивность разложения целлюлозы за 53 дня составила 7,3 %.

Во второй вегетационный период (19 мая–13 июля) критические точки располагались на большем удалении от лесной полосы. Так, выше лесополосы самое низкое значение изучаемого показателя 34,2 % за период – выявлено на расстоянии 50 м, а вниз по склону от лесополосы эта точка располагалась на 108 м, и разложение там составило всего 12,6 % целлюлозы от исходного количества.

За период вегетации (с 26 марта по 18 мая) по данным метеопоста Черниченские двory, расположенного возле опыта по контурно-мелиоративному земледелию, выпало 138 мм осадков, что выше средне-многолетних значений на 13 мм, за второй период (с 19 мая по 13 июля) выпало 234 мм осадков, или 120 % от нормы. Выпадение осадков было не равномерным в течение весенне-летнего периода.

Сопоставляя интенсивность разложения хлопчатобумажного полотна и запасы влаги в слое почвы 0–40 см, установлено что, как правило, вверх и вниз от лесной полосы, наблюдается увеличение запасов влаги и как следствие увеличение интенсивности разложения целлюлозы. Однако при обработке полученных результатов выявлены критические точки с низкой биологической активностью почвы, а по запасам продуктивной влаги они значимо не отличались от других точек.

Следовательно, можно предположить, что из рассматриваемых абиотических факторов, интенсивность разложения целлюлозы в большей степени определялось местоположением в рельефе, то есть удаленностью от лесной полосы.

Список литературы

1. Никулина А. Р. Определение биологической активностью почв в целях поддержания равновесия урбоэкосистемы / А. Р. Никулина, Е. Д. Сачкова, Л. В. Бубнова // Известия Байкальского государственного университета. – 2020. – № 4. – Т. 30. – С. 586–592.
2. Муха, В. Д. Агрочвоведение / В. Д. Муха, Н. И. Картамышев, Д. В. Муха. – М.: Колос, 2003. – 528 с.
3. Розанов, А. В. Влияние факторов среды на продуктивность сельскохозяйственных культур в системе лесных полос / А. В. Розанов, П. Н. Проездов, И. А. Пуговкина // Никоновские чтения. – 2013. – № 18. – С. 399–401.

4. Лазарев, М. М. Система лесных полос – надежное средство улучшения влагообеспеченности культур // Земледелие. – 2004. – № 6. – С. 9.
5. Агролесомелиорация / под ред. А. Л. Иванова, К. Н. Кулика. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. – 746 с.
6. Дудкина, Т. А. Устройство для создания щели в почве и закладки в нее образцов ткани или фотобумаги при изучении биологической активности почвы / Т. А. Дудкина, В. А. Вытовтов, И. В. Дудкин // патент на изобретение 2724677 РФ. – 2020. – Б.И. – № 18.
7. Мишустин, В. Н. Методика определения целлюлозолитической активности почвы / В. Н. Мишустин, И. П. Востров, А. Н. Петрова. – М.: Наука, 1987. – 375 с.
8. Подлесных, И. В. Влияние комплекса противоэрозионных мероприятий в севооборотах адаптивно-ландшафтной системы земледелия в условиях Центрального Черноземья на продуктивность зерновых культур в засушливых условиях / И. В. Подлесных, Т. Я. Зарудная, С. В. Надеин // Борьба с засухой и урожай: материалы Международ. науч.-практ. конф., посвящ. 120-летию со дня рождения К. Г. Шильмейстера, 15 мая 2015 г. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. – 2015. – С. 269–272.
9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

УДК 631.459.2

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЧВЫ НА СКЛОНАХ С ЛЕСНЫМИ ПОЛОСАМИ

Прущик А. В.

Курский ФАНЦ, г. Курск, Россия

Почвы склонов Курской области сформированы на лессовидных отложениях с преобладанием черноземов над серыми лесными почвами (почти 60 % от почв области) [1]. Как известно, физические и химические свойства лессовидных пород благоприятны и способствуют формированию плодородных почв. Однако серые лесные почвы по физическим (имеют более распыленную структуру пахотного слоя) и химическим свойствам (ниже содержание гумуса, азота) уступают черноземам. Худшие водно-физические свойства серой лесной почвы являются одной из основных причин высокой подверженности эрозионным процессам.

Рельеф территории Курской области относят к водно-эрозионным долинно-балочным. Средняя крутизна склонов составляет $2,5^\circ$ при средней длине 360 м. Поэтому среднемноголетняя интенсивность эрозии почв на пашне – 4 т/га на серых лесных почвах и 7 т/га – на черноземах [2]. Следовательно, интенсивность эрозионных процессов на пашне склонов превышает скорость естественного почвообразовательного процесса в 2–7 раз. Учитывая тот факт, что за время активного землепользования площадь лесов сократилась почти в два раза, что значительно увеличило последствия от деятельности водной эрозии.

Минимизировать эрозионные процессы на пашне склоновых земель возможно при противоэрозионной организации территории. Если не уда-

ется снизить водно-эрозионные процессы при помощи применения агротехнических приемов (вспашки, обработки поперек склона или по контуру, щелевания и т.д.), изменения севооборотов, напашки валов-террас, то переходят к проектированию и закладке лесных полос, расположенных по контуру.

Исследования проводили на склоне западной экспозиции с узкими двухрядными лесными полосами, усиленными канавой с валом по нижней опушке. Лесные полосы посажены по контуру на расстоянии 216 м друг от друга [3]. На плакоре и середине склона почва представлена черноземом типичным, в нижней части склона – чернозем выщелоченный.

Исследовали впитывающую способность почвы при безнапорном впитывании. Эксперимент проводили методом искусственного дождевания с одинаковой интенсивностью. Использовали портативную дождевальную установку, разработанную сотрудниками Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Курский Федеральный Аграрный Научный Центр» [4]. Рабочая поверхность дождевальной установки имеет форму круга, каплеобразователи расположены по спирали Архимеда, точная центровка при вывешивании дождевальной установки позволяет проводить равномерное орошение изучаемой поверхности почвы, при этом капли не попадают в одно и то же место [5]. Площадь орошаемой поверхности составляет $0,05 \text{ м}^2$, что исключает формирование ручейковой эрозии, но снижает затраты на проведение эксперимента по сравнению с дождевальными установками с большей площадью орошения [6].

Перед проведением дождевания рядом со стоковой площадкой отбирают почву почвенным буром-пробоотборником [7, 8] для дальнейшего определения влажности и плотности почвы через каждые 50 мм.

Перед проведением дождевания цилиндрическую стоковую площадку аккуратно забивали в почву, затем накрывали крышкой с водосливом и в десятикратной повторности определяли интенсивность дождя. Высота падения капель составляла 1 м, интенсивность $1,70 \pm 0,03$ мм/мин. Затем проводили дождевание, отмечая время начала стока и проводя отбор стекающей воды с интервалом в 1 минуту. В среднем дождевание проводили 20–30 минут, т. е. до установившегося значения впитывания. В конце дождевания также измеряли интенсивность дождя. Обязательно должна отмечаться температура воздуха и воды при проведении эксперимента, так как установлено, что с повышением температуры происходит увеличение интенсивности дождя на данной портативной дождевальной установке.

В результате проведенных экспериментов установлено, что в весенний период до посева яровых культур, интенсивность впитывания одинаковая в пределах погрешности на площади поля между лесными полосами. Объясняется это тем, что после снеготаяния проводится боронование почвы, т.е. одинаковая обработка почвы. Плотность и влажность почвы в пределах погрешности также одинакова. Однако при определении водо-

проницаемости почвы после уборки культуры отмечается различие впитывающей способности почвы в зависимости от удаленности от лесной полосы (рис.).

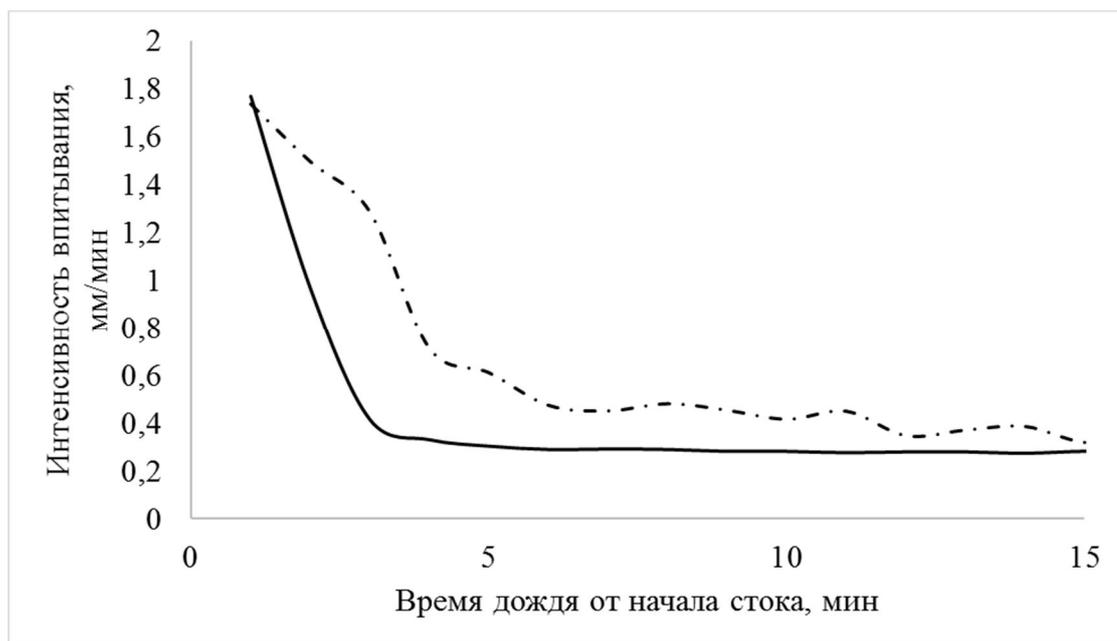


Рис. Зависимость интенсивности впитывания от продолжительности дождевания.
(— 108 м от лесной полосы; — · — 5 м от лесной полосы)

Интенсивность впитывания при проведении 15-минутного дождевания на середине поля (108 м от лесной полосы) и рядом с лесной полосой (5 м) представлена на рисунке. Отметим, что начало стока было зафиксировано на второй минуте для обоих вариантов. Однако на почве, отобранной в середине поля, к четвертой минуте было зафиксировано значение установившегося впитывания, а для варианта, расположенного рядом с лесной полосой – только к пятнадцатой минуте.

Следовательно, водопроницаемость почвы увеличивается при приближении к лесной полосе. Объясняется это увеличением пористости почвы, снижением плотности почвы, т. е. благоприятным влиянием лесной полосы.

В связи с варьированием почвенных свойств, наличие ходов животных и насекомых, проводить искусственное дождевание для определения впитывающей способности нужно как минимум в трехкратной повторности.

Использование портативной лабораторно-полевой дождевальной установки возможно как в полевых, так и в лабораторных условиях. При использовании в лабораторных условиях, почвенные монолиты предварительно отбирают в поле и перевозят в лабораторию. Небольшие размеры дождевальной установки позволяют ее перемещать в поле, не повреждая посевы сельскохозяйственных культур.

При создании искусственных монолитов для моделирования дождевания почвы с определенными параметрами, например, заданной влажно-

стью и плотностью, содержанием определенных химических веществ или загрязнением тяжёлыми металлами также необходимо проводить эксперименты с несколькими повторностями, для получения достоверных результатов и расчетов погрешности.

Портативная лабораторно-полевая дождевальная установка позволяет исследовать динамику выноса со стоком растворенных биогенных веществ [9], тяжелых металлов, моделировать выпадение кислых дождей и т. д.

Список литературы

1. Муха, В. Д. Агрочвоведение / В. Д. Муха, Н. И. Картамышев, Д. В. Муха. – М: Колос, 2003. – 528 с.
2. Свиридов, В. И. Эффективность формирования адаптивного землепользования в сельскохозяйственных предприятиях с эрозионноопасным рельефом / В. И. Свиридов. – Курск: КГСХА, 2002. – 129 с.
3. Оценка влияния противозерозионных комплексов для сокращения выноса из агроландшафтов биогенных веществ с весенним стоком / И. В. Подлесных, Т. Я. Зарудная // Агрехимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 24–28.
4. Портативная лабораторно-полевая дождевальная установка: патент на изобретение 2519789 РФ: МПК А01G 25/09 / В. А. Вытовтов, Ю. П. Сухановский, С. И. Санжарова, А. В. Прущик, Ю. А. Соловьева; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН – № 2018112099; заявл. 25.10.2012; опубл. 20.06.2014, бюл. № 17.
5. Оценка равномерности дождевания ПДУ при различной центровке спирали Архимеда / В. А. Вытовтов // Инновационно-технологические основы развития адаптивно-ландшафтного земледелия: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию со дня основания ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, 9–11 сентября 2020 г. – Курск: Деловые линии, 2020. – С. 357–361.
6. Сухановский, Ю. П. Оценка впитывающей способности почвы с использованием портативной дождевальной установки / Ю. П. Сухановский [и др.] // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. – 2015. – №78. – С. 31–41.
7. Почвенный бур-пробоотборник: патент на изобретение 2657555 РФ: МПК E02D 1/04 / В. А. Вытовтов, Ю. П. Сухановский, А. В. Прущик, О. А. Салимгареева; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ – №2016152784; заявл. 30.12.2016, опубл. 14.06.2018, бюл. № 17.
8. Патент на изобретение 2732907 РФ: МПК E02D 1/04 Почвенный бур-пробоотборник / Вытовтов В.А., Прущик А.В., Глазунов Г.П.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ – №2019145230; заявл. 25.12.2019, опубл. 12.11.2020, бюл. № 32.
9. Сухановский, Ю. П. Применение дождевальной установки для оценки влияния температуры почвы на потери биогенных веществ / Ю. П. Сухановский [и др.] // Агрехимический вестник. – 2020. – № 6. – С.54–58.

ЭВОЛЮЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И КЛАССИФИКАЦИЯ СЕРО-БУРЫХ ПОЧВ УЗБЕКИСТАНА

Разаков А. М., Гафурова Л. А.

*Национальный университет узбекистана им. М. Улугбека,
г. Ташкент, Узбекистан*

Более половины территории Узбекистана приходится на пустынную зону, где широко распространены серо-бурые, пустынные песчаные и такырные почвы, используемые в основном под пастбища. Среди них наибольшая площадь – около 11 млн. га приходится на серо-бурые почвы, являющиеся наиболее сложными и неблагоприятными в мелиоративном отношении. Из всей этой площади около 140,0 тыс. га, или 1,27 %, заняты орошаемыми землями. Лимитирующим фактором для использования этих почв под орошаемое земледелие является наличие гипсовых отложений и подстилающей известняковой породы, ограничивающие развитие культурной растительности. Поэтому большая часть этих почв используется в настоящее время под пастбища. Тем не менее, серо-бурые почвы представляют немалый интерес с точки зрения эволюционных, генетико-мелиоративных особенностей, так как они могут служить как объект мелкоозисного орошения на пастбищных территориях для обеспечения кормовой и продовольственной продукцией местного населения. При этом немаловажный интерес представляют вопросы классификационной принадлежности серо-бурых почв, непосредственно связанные с их эволюцией.

Объектом исследований явились почвы плато Устюрт, Ташсака, Автобачи и подгорной пролювиальной равнины Маликчуль, имеющие между собой отличительные черты с точки зрения не только географического распространения, но и их зонально-географических и морфогенетических особенностей. Полевые почвенные исследования проводились сравнительно-географическим методом с профилно-ключевым заложением разрезов с учетом гипсометрических уровней. Отбор почвенных образцов производился по генетическим горизонтам. Образцы анализировались по общепринятой методике СоюзНИХИ [1], а также на основе методов почвенных анализов, принятых в НИИ Почвоведения и Агрохимии. В процессе полевых и камеральных работ, а также с учетом принципов, выработанных ранее другими исследователями, и подходов, территория республики отнесена к двум почвенно-биоклиматическим поясам: умеренному (суббореальному) и теплому (субтропическому) при своеобразном сочетании здесь широтно-зональных, вертикально-поясных и провинциальных закономерностей [2–10]. В связи с этим, с учетом почвенного покрова, сравнительного анализа и обобщения зонально-климатических, биологических особенностей, физико-химических показателей почв и морфогенетической

характеристики зональных почв, пустынная (аридная) зона подразделяется на две подзоны – северных и южных пустынь, существенно различающиеся между собой (табл.).

Таблица

Сравнительная характеристика основных биоклиматических, морфогенетических и физико-химических свойств почв пустынной зоны Узбекистана

Показатели	Умеренная суббореальная подзона		Субтропическая подзона		
	Серо-бурые северные	Светло-бурые	Серо-бурые типичные	Серо-бурые слаборазвитые	Бозынгены
Запасы корневой массы, т/га	боялыч, биюргун: 27	боялыч, полынь, злаки: 43	биюргун, полынь, кейреук: 12,4	биюргун, тасбиюргун, тетыр, редко полынь: 2,6	кыркбугум, тасбиюргун: 0,8
Ср. t взд. осадки, мм	8,4 135–140	8,4 135–140	10,9–18,0 95–120	10,9–18,0 95–120	10,9–18,0 95–120
Коэфф. увлажн. Сумма $t > 10^0$	9–11 3500 – 3900	9–11 3500 – 3900	5–8 3700 – 5000	5–8 3700 – 5000	5–8 3700– 5000
Содержание гумуса, %	0,96–1,62	1,4–4,4	0,64–0,80	0,52–0,83	0,40–0,50
$C_{г.к.}: C_{ф.к.}$	0,35–0,64	0,77–1,07	0,40–0,70	0,33–0,58	0,20–0,33
Цвет гор. В по Манселлу	светло-бурый 10YR 5/4 10YR 7/4	светло-бурый 10YR 7/3 10YR 6/3	красновато-бурый 5YR 4/4 7,5 YR 4/4	серовато-палевый 10YR 6/4–5/6 10YR 7/4	серый 10YR 7/2
Механ. состав, % <0,01 мм <0,001 мм	30–57 15–22	40–68 18–33	20–54 20–28	20–44 8–14	20–30 4–7
Содерж. в %: CO ₂ карб. Гипса CaSO ₄ 2H ₂ O	5,3–9,6 0,4–46,7	7,1–15,5 0,2–0,4	10,4 –13,3 10,0– 26,0	7,7–12,4 11,0–27,0	9,0–12,2 27,0–78,0

Эти различия состоят в следующем: 1) умеренные пустыни имеют комплексный или пятнистый, неоднородный почвенный покров и характеризуются распространением подтипа северных серо-бурых почв, слабо- и среднедифференцированных, с суббореальными чертами почвообразования; в комплексах здесь нередко встречаются светло-бурые пустынно-степные почвы, приуроченные к микро- и мезопонижениям, и луговато-светло-бурые почвы по мезозападинам; 2) субтропические пустыни – с однородным почвенным покровом или с сочетаниями; в оптимальных условиях здесь формируется подтип типичных серо-бурых почв с признаками субтропического почвообразования, позволяющими относить значительную часть их к красноватым; наряду с этим в данной подзоне формируется еще один подтип серо-бурых почв – слаборазвитых, недифференцированных, распространенных в самых южных, аридных частях

пустыни. Серо-бурые северные почвы отличает слабодифференцированный профиль, характеризуемый слабой выраженностью его средней части по окраске – светло-бурый или палево-бурый (10YR 5/4YR7/4) цвет и по однородному механическому составу.

Несмотря на слабую, в генетическом отношении развитость профиля, особенно слабой выраженности горизонта В, серо-бурые северные почвы отличаются от своих аналогов субтропической подзоны пустыни серо-бурых типичных, сравнительно повышенным содержанием органического вещества, которое составляет 0,70–0,90 % в верхних горизонтах под биюргуном и средне-тяжелосуглинистым механическим составом. Почвы, развитые под боялычём преимущественно тяжелосуглинистые с содержанием гумуса 0,78–1,62 % в верхней части профиля. Групповой состав гумуса у серо-бурых северных почв представлен фульватным типом ввиду того, что они формируются в менее увлажняемых условиях. В светло-бурых почвах западин под полынью гумус гуматно-фульватный, а под злаками – преимущественно гуматный. Последние более промыты от гипса и воднорастворимых солей, особенно хлор-иона, до глубины 70 см. В отношении CO_2 карбонатов наблюдается тенденция их накопления в верхней части профиля до глубины 20–40 см.

Светло-бурые почвы встречаются в комплексе с серо-бурыми северными в условиях наиболее бессточных частей плато плоскоравнинного рельефа на тяжелосуглинистом субстрате под густой полынно-боялычевой формацией. Большая их часть в площадном отношении их ареала развивается в более увлажняемых карстовых микроравнинных, мезодепрессиях и в крупных карстово-суффозионных понижениях на двух- и трёхчленных делювиальных наносах, которые подстилаются с 1,5–2,0 м плитой известняка. Для светло-бурых почв характерно вскрытие погребенных горизонтов отчетливо выделяющиеся хорошей проработанностью почти всего профиля землеройными насекомыми и живыми организмами, хорошая оструктуренность, оглинённость большей части профиля без дифференциации. Отмеченная гетерогенность профиля в светло-бурых почвах, то есть наложение одного слоя на другие, свидетельствует о цикличности осадконакопления и почвообразования в предыдущие эпохи, на что указывали в своё время ряд авторов [6, 10, 11]. Карбонатность в этих почвах составляет в одних случаях сравнительно высокие величины – 11,0–15,5 %, под боялычниками в смеси с полынью, а под злаковым разнотравьем и чистой полынью – 7,1–9,3 %, что является следствием выщелачивания у последних. В связи с этим, высокая гумусированность 1,73– 4,44 %, нехарактерная для пустынных почв, глубокое проникновение корневой системы вглубь профиля, промытость от воднорастворимых солей до определенной глубины, а также отсутствие дифференциации ожелезнённого и оглинённого бурого горизонта В, позволяет констатировать о принадлежности этих почв к суббореальной (умеренной) подзоне пустыни.

Зональные особенности почв и, соответственно, гидротермические условия формирования серо-бурых северных и светло-бурых почв уме-

ренной подзоны пустыни под различными растительными сообществами сыграли существенную роль не только в количественном содержании гумуса, но и в качественном его составе. Принимая во внимание все выше сказанное, то есть морфогенетические особенности в совокупности с биоклиматическими и географическими условиями в интерпретации данных геоботаников, следует утверждать, что суббореальная (умеренная) подзона пустыни выделяется как особая область с фациальными чертами.

В пределах Туранской подзоны пустыни формируются типичные серо-бурые почвы. Они встречаются в пределах Центральной части Устюрта, Кызылкумов, на Каракульском, Бухарском, Ташсакинском плато, на подгорной пролювиальной равнине Маликчуль и других территориях. Развиваются они на элювии, элюво-делювии, делюво-пролювии оолитовых и ракушечниковых известняках и мергелей. В силу более жестких гидротермических условий, отличных от севернее расположенной умеренной подзоны пустыни, на типичных серо-бурых почвах, растительный покров слагается, в основном, из биюргуна с примесью полыни, кейреука и реже саксаула и боялыча. На равнине Маликчуль в растительном покрове также встречаются мятлик живородящий, осока и эфемеры – колючелистник, ирис джунгарский, кузиния, кустарниковый вьюнок, гармала. В зависимости от почвенных условий находит проявление преобладания той или иной растительной группировки. Типичные серо-бурые почвы в совокупности с растительностью не образуют комплексности, а представлены сочетаниями почв различных высотных уровней с присущими им свойствами и степенью развитости.

Для типичных серо-бурых почв характерен резко дифференцированный профиль с хорошо выраженным красновато-бурым (5YR4/4 – 7,5YR4/4) горизонтом В – оглинённым, плотным, грубокомковатым, с морфологическими признаками солонцеватости и карбонатными новообразованиями в виде белоглазки, что является свидетельством субтропического почвообразования [6]. Корка зачастую непрочная, облегчённая до супесчаной с буроватым, а иногда даже с вишневатым или красноватым оттенком. Мощность мелкозёмистой части профиля в зависимости от развитости и условий формирования составляет от 30 до 80 см. Гипсовый горизонт неплотный, желтовато-белёсый, зачастую шестоватый, с множеством скелетного материала из известняка, подстилаемого коренной породой. По механическому составу почвы легко-тяжелосуглинистые, причём средняя часть профиля, горизонт В, отличается оглинённостью. Содержание гумуса в типичных серо-бурых почвах составляет 0,64–0,80 %. По групповому составу он фульфатный и реже гуматно-фульватный. В серо-бурых типичных почвах Маликчуля, формирующихся в более жёстких гидротермических условиях отношение Сг.к: Сф.к. в них ещё более сужено и составляет 0,2–0,4. Это связано с меньшим продуцированием растительностью корневой массы и слабой степенью гумусообразования. Типичные серо-бурые почвы имеют устойчивое среднее или сильное засоление с максимальными величинами плотного

остатка и сульфат-иона в гипсовых горизонтах и хлор-иона в пределах верхних 30 см. По сравнению с серо-бурыми северными в типичных серо-бурых почвах карбонатный профиль более контрастный, с максимумом CO_2 карбонатов в верхней и средней частях профиля – 10–13 %. В некоторых случаях, где почвы развиваются под полынно-биюргуновой ассоциацией, и формирующиеся на делювиально-элювиальных отложениях, карбонатность профиля более или менее равномерна, с плавным уменьшением содержания CO_2 карбонатов книзу от 10–11 % до 6–7 %.

Серо-бурые слаборазвитые почвы распространены на Южном Устюрте к югу от впадины Ассак-Аудан, а также на плато Автобачи и Девхана, Центральные Кызылкумы и др. [3, 7]. Они отличаются отсутствием дифференциации профиля как по окраске, так и по механическому составу, и на этом основании отнесены к слаборазвитым. Отличительной особенностью серо-бурых слаборазвитых почв является отсутствие в них характерного для этого типа почв оглинённого и ожелезнённого бурого горизонта. В морфологическом профиле основной фон окраски создаётся буровато-серой, буровато-палевой и серовато-палевой тонами (10YR 6/4-5/6; 10YR 7/4).

Серо-бурые слаборазвитые почвы сохраняя свой облик на различных высотах местности южной субтропической подзоны пустыни образуют слабоконтрастные сочетания серо-бурых почв разного высотного уровня: верхнего (нередко с бозынгенами), среднего и нижнего, формируясь на элювии, делюво-элювии и элюво-делювии известняков и мергелей.

Слаборазвитые серо-бурые почвы по механическому составу легко- и среднесуглинистые, местами супесчаные с преобладанием мелкопесчаных и крупнопылеватых частиц. Илистая фракция, если и находит своё отражение, преобладает она в почвах нижнего уровня, где усилены процессы делювиального намыва и происходит некоторое внутрпочвенное выветривание. Слаборазвитые серо-бурые почвы отличает сравнительно низкая гумусность – 0,27–0,83 %. По качественному составу гумус фульватного типа, Сг.к.: Сф.к. составляет 0,33–0,58. Глубина залегания и содержание гипса в этих почвах зависит от мезорельефа. Почвы повышенной части более гипсированы и слабее промыты от воднорастворимых солей, чем почвы среднего и, особенно, нижнего уровней засоление повсеместно сильное с хлоридно-сульфатным и кальциево-натриевым типом.

Таким образом, исследования почвенного покрова в пустынной зоне Узбекистана позволили выделить основные генетические группы почв. Для умеренной подзоны пустыни, относимой к Арало-Каспийской провинции, основным типом почв являются светло-бурые полупустынные, включающим подтипы: 1) светло-бурые плакорные; 2) светло-бурые западинные; 3) луговато-светло-бурые. Для субтропических теплых пустынь, относимой к Туранской подзоне пустыни характерен тип серо-бурых пустынных, включающий подтипы: 1) серо-бурые северные (малокарбонатные); 2) серо-бурые типичные (карбонатные, красноватые, дифференцированные); 3) слаборазвитые (недифференцированные); 4) лугово-серо-бурые. Выше отмеченные особенности почвообразования в пределах пустынной зоны Уз-

бекистана, в зависимости от зонально-климатических и географических условий, позволяют определить пути рационального и эффективного землепользования почв.

Список литературы

1. Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах. – Т 1963. – 439 с.
2. Попов, В. Г. Основные проблемы генезиса и географии почв Узбекистана / В. Г. Попов [и др.]. – Ташкент, 1990. – С. 211–219.
3. Почвы Каракалпакского Устюрта. / Попов В. Г. [и др.] // Природа, почвы и проблемы освоения пустыни Устюрт. – Пушино, 1984. – С. 33–57.
4. Житомирская, О. М. Климатическое описание Устюрта / О. М. Житомирская, И. Г. Сабина. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 60 с.
5. Иванов, Н. Н. Атмосферное увлажнение тропических и сопредельных стран земного шара / Н. Н. Иванов – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – С. 7–132.
6. Попов, В. Г. Почвенный покров Каракалпакского Устюрта и его рациональное использование / В. Г. Попов, А. М. Разаков, В. Е. Сектименко. – Ташкент: Изд-во «ФАН», 1986. – 152 с.
7. Попов, В. Г. Сводный отчет по теме 0.51.01; 01.03. НЗ (ГКНТ СССР) Составить почвенную карту и схему комплексного районирования УзССР / В. Г. Попов. – Ташкент: ГосНИИПА, 1989. – 110 с.
8. Гафурова, Л. А. Экология, генезис, трансформация и эволюция почв Питнякского оазиса. / Л. А. Гафурова [и др.] // Основные достижения, подходы и перспективы в повышении плодородия деградированных почв. – Москва, 2019. – С. 102–121.
9. Коровин, Е. П. Растительный покров / Е. П. Коровин, И. И. Гранитов // Усть-Урт (Кара-Калпакский) его природа и хозяйство. – Ташкент: Изд-во АН УзССР 1949. – С. 72–144.
10. Коровин, Е. П. О биогенной комплексности почвенно-растительного покрова в аридной зоне / Е. П. Коровин, С. А. Шувалов // Бюл. МОИП, отд. биол. – 1953. – С. 81–95.
11. Шувалов, С. А. Географо-генетические закономерности формирования пустынно-степных и пустынных почв на территории ССР / С. А. Шувалов // Почвоведение. – 1966. – № 3. – С. 4–13.

УДК 631. 432

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ И КЛИМАТ

Романова Т. А., Ивахненко Н. Н.

Потепление климата, отмечаемое профессионалами – экологами и специалистами-землепользователями, вызывает тревогу по поводу участвовавших почвенных засух. В Беларуси климатологи анализируют характер распространения, причины и следствия этих явлений, наблюдают их на примере белорусского Полесья и устанавливают очевидную связь между влагозапасами почв, ростом среднегодовой температуры и уменьшением количества осадков. Почвоведом известно, что эта связь существует, но не на прямую, а через некоторые особенности почв как сложных синергетических систем. Влага осадков перераспределяется

рельефом, составом и строением поверхностных отложений. Однако, подлинное формирование запаса воды в почвах процесс сложный, базирующийся на свойствах почв, обусловленных их генезисом, то есть всей совокупностью явлений, обеспечивающих твердой фазе способность поглощать и удерживать воду. Реальное представление о содержании воды в почве дает натурное определение *полевой влажности*, так как только в этом случае исключается латеральный сток (поверхностный и внутрипочвенный), вертикальный сток, испарение и десукция и физическое испарение с поверхности почвы. Распределение по генетическим горизонтам характеризует содержание, движение или застой воды в профиле – *водный режим почвы*, адекватный её генезису. Водному режиму почв в Беларуси посвящено много исследований: принято деление почв по категориям гидроморфизма на *автоморфные*, не испытывающие переувлажнения, *полугидроморфные* периодически переувлажняемые, и *гидроморфные*, постоянно переувлажненные. Для каждой категории почв, кроме автоморфных, определены степени гидроморфизма (увлажнения): временно избыточно увлажняемые (слабо глееватые), глееватые и глеевые. Установлены параметры среднемноголетней обеспеченности влагой почв 4-х степеней, гидроморфизма на 5-ти вариантах почвообразующих пород через временной критерий – увлажненность – среднее многолетнее число дней, за вегетационный период (апрель – октябрь), в течение которых слой 0–20 см насыщается водой больше наименьшей влагоемкости (НВ).

В таблице приведены обобщенные сведения об увлажненности наиболее распространенных пахотных почв Беларуси на связных, двучленных и рыхлых почвообразующих породах. К связным породам отнесены глины, суглинки и связные супеси, подстилаемые суглинками или глинами, к двучленным – супеси, легкие суглинки и пески, подстилаемые связными породами, к рыхлым – супеси и связные пески, подстилаемые рыхлыми песками.

Таблица

Водный режим пахотных почв Беларуси

Группы почв	Дерново-подзолистые автоморфные			Дерново-подзолистые временно избыточно увлажняемые, полугидроморфные		
	связные	двучленные	рыхлые	связные	двучленные	рыхлые
Почвообразующие породы						
Избыток влаги в пахотном слое, дни	10	0	0	30	30	20
Недостаток влаги в пахотном слое, дни	100	120	170	80	90	120
Период нормального увлажнения, дни:						
влажные годы	90	90	50	100	110	100
средние годы	70	60	20	90	70	50
сухие годы	60	50	0	80	40	20
Плотность, г/см ³ :						
пахотного слоя	1,24	1,38	1,42	1,16	1,19	1,21
подпахотного слоя	1,51	1,60	1,62	1,51	1,59	1,39

Данные таблицы свидетельствуют о заметном различии числа дней с избытком влаги в автоморфных и в полугидроморфных почвах. Обращает внимание существенный недостаток влаги в полугидроморфных почвах, несмотря на временное избыточное увлажнение. Причина в том, что переувлажнение этих почв сопровождается оглеением, вызывающим такую трансформацию почвенных минералов, что способность почв удерживать воду резко снижается. Вода осадков быстро насыщает верхние горизонты почвы и, благодаря их низкой влагоемкости, также быстро испаряется и/или удаляется поверхностным и внутрипочвенным стоком.

Возможно, эти наблюдения объясняют тот факт, что обработка данных мониторинга влажности пахотных почв, осуществляемого Гидрометеослужбой Беларуси в течение 1998–2013 гг., дала результаты, мало отличающиеся от результатов, полученных за период с 1952 по 1982 гг. Увлажненность почв почти не изменилась, хотя количество осадков уменьшилось а среднегодовая температура заметно возросла. Потепление пришлось в основном на зимние месяцы, и почвы почти не замерзали, снеговая вода и вода весенних дождей проникла в почву, а не ушла с боковым стоком.

В таблице представлены также результаты определения плотности пахотных почв. Приведенные данные свидетельствуют, что плотность пахотного слоя всех почв низкая в связи с содержанием гумуса и увлажненностью, но в полугидроморфных почвах ниже, чем в автоморфных и в почвах на связных породах ниже, чем на рыхлых.

Подпахотные слои во всех почвах отличаются самой высокой плотностью и сравнительно небольшими различиями.

Особенно велика разница между плотностью сложения пахотных и подпахотных слоев в почвах временно избыточно увлажняемых, развивающихся на связных и двучленных породах, что, как и в случае с данными по увлажненности, объясняет причины перераспределения влаги осадков и происхождения почвенной засухи. Дополнительным свидетельством служит продолжительность периода нормального увлажнения рассматриваемых почв в сухие, средние и влажные годы (таблица). На фоне понятной разницы между автоморфными и полугидроморфными почвами особенно резко выделяется «засушливость» почв на рыхлых породах. Информация о водно-физических свойствах пахотных почв Беларуси, основанная на исследованиях в натуре, делает очевидным участие почв в процессах, связанных с климатом. Потепление климата привлекает внимание ученых и практиков к почвам, по разному реагирующим на неблагоприятные явления. Имеющийся фактологический материал позволяет не только группировать почвы по чувствительности (сенсорности) к климату, но и дать научные обоснования приемов направленного влияния на складывающуюся ситуацию.

На первом этапе осуществляется обзорная группировка почв по их устойчивости, основанной на природных свойствах и последствиях хо-

зайственной деятельности. Слабо устойчивые – это почвы дерново-подзолистые, развивающиеся на рыхлых породах.

Средне устойчивые почвы дерново-подзолистые временно избыточно увлажняемые на рыхлых (преимущественно супесчаных) и на двучленных породах.

Наиболее устойчивые почвы: дерново-подзолистые, развивающиеся на связных и двучленных почвообразующих породах.

Наличие большого числа количественных данных позволило выполнить более детальную группировку рассматриваемых почв по их чувствительности к засушливости на базе следующих показателей: а) число дней с избытком и недостатком влаги; б) разница между периодами с недостатком влаги в сухие и влажные годы; в) максимальное число дней с недостатком влаги; г) ППВ (предельная полевая влагоемкость) пахотного и подпахотного слоев.

1 группа – почвы, наиболее чувствительные:

– *дерново-подзолистые*, на рыхлых породах – на песках и рыхлых супесях, подстилаемых песками с глубины менее 0,5 м;

2 группа – почвы, сильно чувствительные:

– *дерново-подзолистые на двучленных породах* – на супесях и песках, подстилаемых мореной с глубины более 1,0 м;

– *дерново-подзолистые временно избыточно увлажняемые на рыхлых породах* – на песках и супесях связных, подстилаемых песками с глубины менее 0,5 м;

3 группа – почвы средне чувствительные:

– *дерново-подзолистые на связных породах* – на суглинках моренных;

– *дерново-подзолистые временно избыточно увлажняемые на связных породах* – на суглинках лессовидных;

– *дерново-подзолистые временно избыточно увлажняемые на двучленных породах* – на супесях и песках, подстилаемых мореной;

4 группа – почвы слабо чувствительные:

– *дерново-подзолистые на связных породах* – на суглинках тяжелых и глинах, на суглинках лессовидных;

– *дерново-подзолистые временно избыточно увлажняемые на связных породах* – на суглинках тяжелых и глинах.

Имея представление о природе и свойствах, можно выбирать и обосновывать приемы влияния на водный режим почв, с повышением сопротивляемости неблагоприятным изменениям климата.

Основным приемом улучшения дерново-подзолистых и дерново-подзолистые временно избыточно увлажняемых почв на связных и двучленных породах считается разуплотнение – глубокая вспашка или чизелевание – создание в подпахотных слоях условий для аккумуляции поверхностной влаги с предохранением ее от испарения, и одновременным улучшением условий влаго- и воздухообеспечения в пахотном слое.

ЗАПАСЫ И ФОРМЫ КАРБОНАТОВ В ЧЕРНОЗЕМАХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ (В УСЛОВИЯХ КОНТУРНО-МЕЛИОРАТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ)

Салимгареева¹ О. А., Ковалева¹ Н. О., Вытовтов² В. А.

¹*МГУ им. М. В. Ломоносова», г. Москва, Россия*

²*Курский ФАНЦ», г. Курск, Россия*

Оценка карбонатного состояния является одним из ключевых этапов при изучении генезиса черноземов. В настоящее время необходимо контролировать запасы карбонатов черноземов как с точки зрения сохранения плодородия, так и важности баланса углерода в условиях потепления климата.

Благоприятность черноземов семиаридных регионов для формирования в них карбонатного буферного резервуара подчеркивалась Рысковым с соавт. в связи с их высокой биологической продуктивностью и значительными резервами кальция в степных ландшафтах [7]. Анализ процессов временной динамики запаса карбонатов показал, что эпохи карбонатонакопления в черноземах в историческое время отчетливо не выделяются. Происходили лишь некоторая аккумуляция или вынос карбоната кальция в слое 0–2 м, связанные с флуктуациями климатических параметров. Вероятно, основные запасы карбонатов сформировались ранее 5 тыс. лет назад [7].

Изучая карбонатный пул педогенного углерода при разных типах и длительности использования пашни в Среднерусской лесостепи, Хохлова с соавт. пришли к выводу, что при основном обогащении карбонатами нижнего метра агропочв наиболее значительное обогащение карбонатами зафиксировано за первые 100 лет распашки [9]. Исследование длительного (~50 лет) полевого опыта позволило прийти к заключению, что процесс подтягивания карбонатного вещества можно относить к быстрым почвообразовательным процессам со временем реализации ≤ 50 лет [9].

Еще Афанасьева в 70-е годы прошлого века отмечала, что по распределению карбонатов в почве старопашотные мощные типичные черноземы Средне-Русской возвышенности приобрели черты сходства с мицеллярными черноземами более теплых провинций [2]. Овечкин, Базыкина в 2007–2009 гг. обнаружили изменения карбонатных профилей черноземов целинных и пахотных Курской области по сравнению с их состоянием в середине 1970 годов по причине увеличения влажности трехметровой толщи изучаемых черноземов [5]. При многостороннем изучении микроморфологии и особенностей формирования различных форм карбонатных новообразований, распределения содержания карбонатов по профилю курских черноземов, запасы карбонатов этих почв в настоящее время остаются малоисследованными.

Целью работы явилась оценка особенностей запасов и форм карбонатов черноземных почв Курской области при изменении гидротермического режима в антропогенно-преобразованных экосистемах при контурно-мелиоративном земледелии (КМЗ).

Объекты и методы. Объектами исследования явились черноземы типичные пахотные среднемощные тяжелосуглинистые крупнопылевато-иловатые на лессовидных суглинках (разрез 1, 3, 4; далее черноземы типичные) и лугово-черноземная почва пахотная тяжелосуглинистая крупнопылевато-иловатая на лессовидных суглинках (разрез 2; далее лугово-черноземная почва) опыта КМЗ «Курского ФАНЦ» [6]. В середине сентября 2019 года после длительного засушливого периода были заложены разрезы на склоне западной экспозиции контрольного водосбора: на плакоре разрез 1 (N 51.521180E 036.042832) и на средней части склона разрез 2 (N 51.522187 E 36.037226). На водосборе, на котором через 216 м посажены узкие 2-х рядные стокорегулирующие лесополосы (ЛП), был заложен разрез 3 на плакоре (N 51.5103270 E 036.0413990) и разрез 4 в средней части склона западной экспозиции на равном расстоянии (108 м) от ЛП (N 51.510756 E 36.033517).

В полевых условиях проведено подробное морфологическое описание, названия горизонтов даны согласно классификации 1977 г. [4]. Плотность сложения почвы определена по методу Качинского в трех повторностях [3]. В лаборатории определены следующие свойства: содержание карбонатов волюметрическим методом, актуальная кислотность водной суспензии потенциометрическим методом [1], микроморфологическое описание почвенных шлифов. Особенности микростроения на суб-микроуровне были изучены при помощи сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) JEOL jsm 6060 A факультета почвоведения.

Результаты и обсуждение. В предшествующие 10 лет на опытных полях производилась минимальная основная обработка почвы на глубину 10–12 см, поэтому в почвах были выделены два пахотных горизонта: современный $A_{п1}$ и старопахотный $A_{п2}$ (до 30 см). Профили чернозема типичного пахотного разрезов 1, 3, 4 имеют сходное морфологическое строение: $A_{п1}$ - $A_{п2}$ -A-AB- B_k - BC_k - C_k . В 4 разрезе отмечено меньшее количество различных карбонатных новообразований в горизонте B_k , по сравнению с автоморфными черноземами. На контрольном водосборе в средней части склона был вскрыт профиль лугово-черноземной почвы с некоторыми признаками гидроморфизма (разрез 2) $A_{п1}$ - $A_{п2}$ -A-AB $_k$ - B_k - BC_k - C_k : растянутый гумусовый профиль, в верхних горизонтах встречаются железистые хлопья, недифференцированные и концентрические единичные мелкие Fe конкреции. По результатам определения содержания карбонатов установлено, что верхние горизонты черноземов типичных $A_{п1}$, $A_{п2}$ и A не имеют карбонатов. В лугово-черноземной почве локально уже в горизонте A встречаются следовые количества карбонатов до 1 % (рис. 1, а). Кислотность корнеобитаемой толщи всех исследованных почв близка к нейтральной и благоприятна для выращивания сель-

скохозяйственных культур. В пахотных горизонтах автоморфных черноземов наблюдается выщелачивание карбонатов и небольшое подкисление почвенной среды – рН водной суспензии около 6,5, более значительное для склоновых почв – до 6,0 (рис. 1, б).

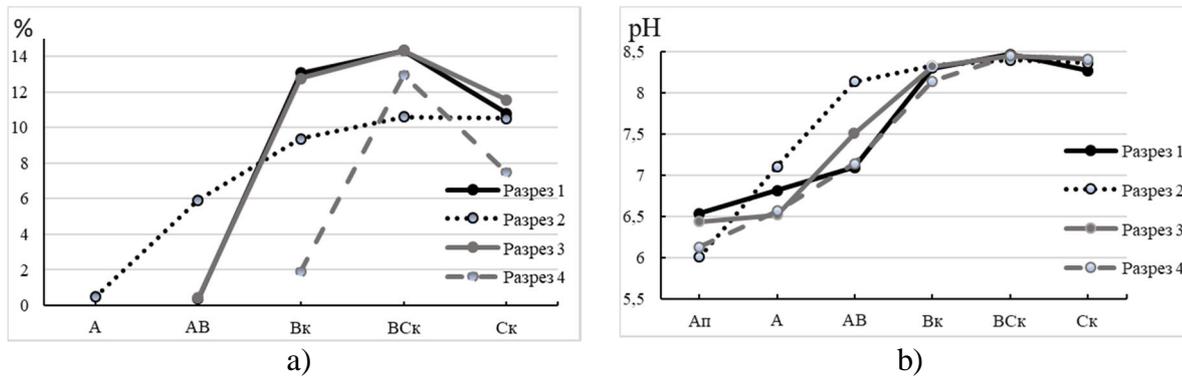


Рис. 1. Некоторые химические характеристики исследуемых черноземных почв: а) содержание карбонатов в % на 100 г почвы; б) актуальная кислотность, рН

В исследованных почвах выявлено большое разнообразие новообразований, формирующих карбонатный профиль [8]. Черноземы автоморфных позиций характеризуются сходным распределением по глубине содержания карбонатов и соответственно реакции почвенной среды (рис. 1). С целью выявления наиболее объективной картины об общей массе карбонатов в почве и для отслеживания реальных различий были вычислены запасы карбонатов в черноземах с учетом изменения плотности сложения в почвенных горизонтах. В верхнем полуметре ощутимое количество карбонатов было выявлено только в лугово-черноземной почве, поэтому при сравнительном анализе учитывали запасы в верхнем метре и далее в слоях 100–150 см и 150–200 см (рис. 2).

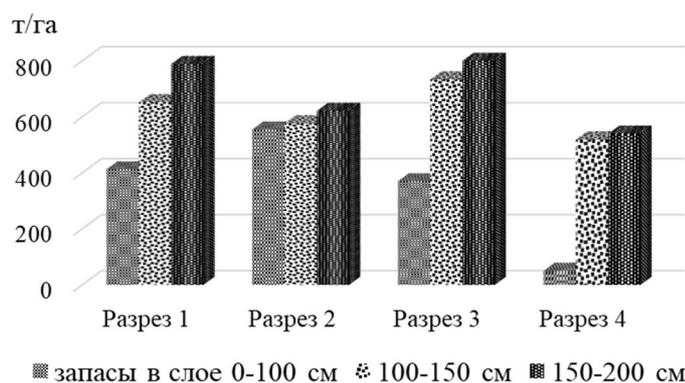


Рис. 2. Запасы карбонатов в исследуемых черноземах (т/га)

Максимальное содержание карбонатов около 13–14 % было обнаружено в горизонтах В_к и ВС_к типичных черноземов, в горизонте С оно снижается до 11 % (рис. 1). Но запасы карбонатов в нижней части профиля 150–200 см выше во всех черноземах, так как плотность почвы в этом случае увеличилась и, соответственно, возросло по сравнению с верхни-

ми слоями с глубиной реальное количество углекислых солей (рис. 2) как в автоморфных позициях (788 т/га разрез 1 и 806 т/га разрез 3), так и в средней части склона (621 т/га разрез 2 и 540 т/га разрез 4).

При сравнении черноземов типичных на плакоре и в средней части склона водосбора с ЛП выявлено, что в склоновых почвах в большей степени проявляются процессы выщелачивания карбонатов (рис. 1, а). Отмечено как уменьшение содержания карбонатов по всему профилю, так и их запасов, особенно осязаемое в верхнем метре чернозема типичного водосбора с ЛП 50 т/га карбонатов при 370 т/га в черноземе соответствующего плакора.

В 4 разрезе было отмечено как меньшее количества карбонатных трубочек, так и меньшая целостность зерен спарита в горизонте Вк, которая была выявлена при СЭМ исследовании, обнаружившем корродированность минеральных зерен карбоната кальция (рис. 3, а). Что подтверждает активные процессы выщелачивания в склоновых почвах при увеличении влагозапасов на водосборе с ЛП.

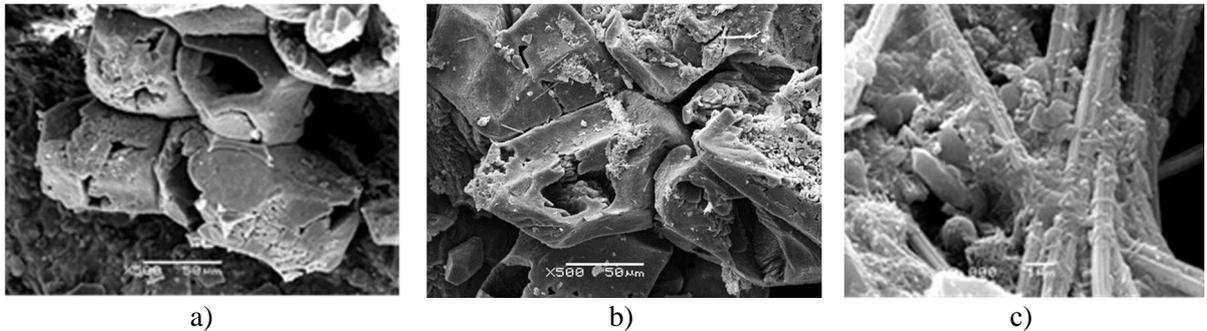


Рис. 3. Фото СЭМ – корродированные крупные зерна спарита $\times 500$: а) разрез 4 – Вк кристаллы с выщелоченными внутри полостями; б) разрез 2 – ВСк с вторичными карбонатами; в) разрез 2 – АВк: скопления люблинита, покрытые колломорфной карбонатной массой $\times 10000$

Содержание карбонатов в лугово-черноземной почве по профилю меньше по сравнению с черноземами типичными автоморфных позиций и более плавно увеличивается с глубиной (рис. 1, а). Однако запасы карбонатов верхней метровой толщи среди исследованных почв максимальны именно в разрезе 2 и составили 555 т/га (рис. 2). Очевидно, накопление карбонатов в этом случае происходит как за счет бокового привноса углекислого кальция, так и подтягивания вместе с влагой из зоны капиллярной каймы, так как грунтовые воды на этом участке поднимаются на глубину до 4 м.

Активное окарбоначивание верхней толщи подтверждается наличием в профиле лугово-черноземной почвы обилия миграционных форм карбонатных новообразований, представленных начиная с горизонта АВ в виде выпотов, псевдомицелия, налетов, карбонатных псевдокутан, местами обильных, напоминающих войлок. В горизонте АВ обильные скопления люблинита формируются из восходящих растворов карбонатов низкой концентрации вдоль межагрегатных пор. В более засушливый

период с возрастанием концентрации растворов карбонаты подтягиваются вверх уже в виде коллоидных растворов, покрывая кристаллы люблинита и стенки пор колломорфной пленкой, в составе которой при больших увеличениях различимы кристаллы криптокристаллического кальцита тонкоигольчатой формы, толщиной около 0,1 мкм, длиной 3–5 мкм (рис. 3, с).

При исследовании зерен спарита, встречающихся в небольших количествах в порах-каналах в составе карбонатных трубок горизонта В_{Ск} лугово-черноземной почвы, выявлены как процессы выщелачивания, проявляющиеся в разрушении зерен спарита, так и процессы вторичной карбонатизации, проявляющиеся отложением на поверхности некоторых зерен спарита аккумуляций тонкоигольчатого криптокристаллического кальцита и микрокристаллического кальцита клиновидной формы (рис. 3, б).

Запасы карбонатов в лугово-черноземной почве по слоям и во всей двухметровой толще выше, чем в склоновом типичном черноземе водосбора с ЛП, потому что в ней происходят как процессы выщелачивания, так и окарбоначивания в разных погодных условиях во время года.

Таким образом, установлено, что запасы карбонатов верхней метровой толщи среди исследованных почв максимальны в лугово-черноземной почве. В автоморфных позициях черноземы типичные как на водосборе с ЛП, так и на контроле обладают сходными карбонатными профилями, однако запасы углекислых солей в целом в двухметровой толще и, в особенности, в нижних слоях 100–150 см несколько выше на водосборе с ЛП. Из всех исследованных черноземов пахотных наименьшие запасы карбонатов по слоям и в 2-метровой толще отмечены для чернозема типичного на склоне водосбора с ЛП.

Список литературы

1. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – М., Изд. МГУ, 1970.
2. Афанасьева, Е. А. Черноземы Среднерусской возвышенности / Е. А. Афанасьева. – М.: Наука, 1966. 224 с.
3. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почвы: 3-е изд., перераб. и доп / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
4. Егоров, В. В. Классификация и диагностика почв СССР / В. В. Егоров [и др.] – М.: Колос, 1977 – 225 с.
5. Овечкин, С. В. Карбонатный профиль и режим влажности миграционно-мицелярных черноземов разных экосистем Курской области / С. В. Овечкин, Г. С. Базыкина // Почвоведение. – 2011. – № 12. – С. 1475–1486.
6. Подлесных, И. В. К усовершенствованию теоретических основ противоэрозийной организации территории сельхозпредприятий для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов в системах земледелия Центрального Черноземья / И. В. Подлесных, Т. Я. Зарудная // Вестн. КГСХА. – 2017. – №6. – С. 13–18.
7. Рысков, Я. Г. Динамика запасов карбонатов в почвах России за историческое время и их роль как буферного резервуара атмосферной углекислоты / Я. Г. Рысков [и др.] // Почвоведение. – 1997. – № 8. – С. 934–942.
8. Салимгареева, О. А. О карбонатном профиле черноземных почв Курской области при контурно-мелиоративном земледелии / О. А. Салимгареева, Н. О. Ковалева //

Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сборник докладов международной научно-практической конференции Курского отделения МОО Общество почвоведов имени В. В. Докучаева. – Курск, 2020. – С. 89–93.

9. Хохлова, О. С. Карбонатный пул педогенного углерода при разных типах и длительности использования пашни в Среднерусской лесостепи / О. С. Хохлова [и др.] // Почвоведение. – 2013. – № 5. – С. 583–594.

Работа выполнена в рамках государственного задания МГУ, часть 2 (№ 117031410017-4). Работа выполнена в рамках договора о научно-техническом сотрудничестве с ФБГНУ «Курский ФАНЦ».

УДК 910+631.4

МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННЫХ ДАТЧИКОВ ОНЛАЙН

Солоха М. А.

*Институт почвоведения и агрохимии им. А. Н. Соколовского,
г. Харьков, Украина*

В последние годы изменения климатических условий все более влияют на сельское хозяйство Украины. Наблюдается аридизация природных зон, которая начинается с юга и все более смещается на север страны, в прогнозах указывается та же тенденция с постепенным сужением существующих природных зон. Как отмечают профильные исследования, не всегда аридизация (а именно повышение температуры) имеет пагубное влияние на АПК [1].

В последние годы особую популярность в исследованиях влажности почвы занимают миниатюрные электрические датчики, которые регистрируют данные о влажности почвы с помощью разных принципов регистрации (рис. 1), и накапливают данные, либо пересылают их пользователю по сети.

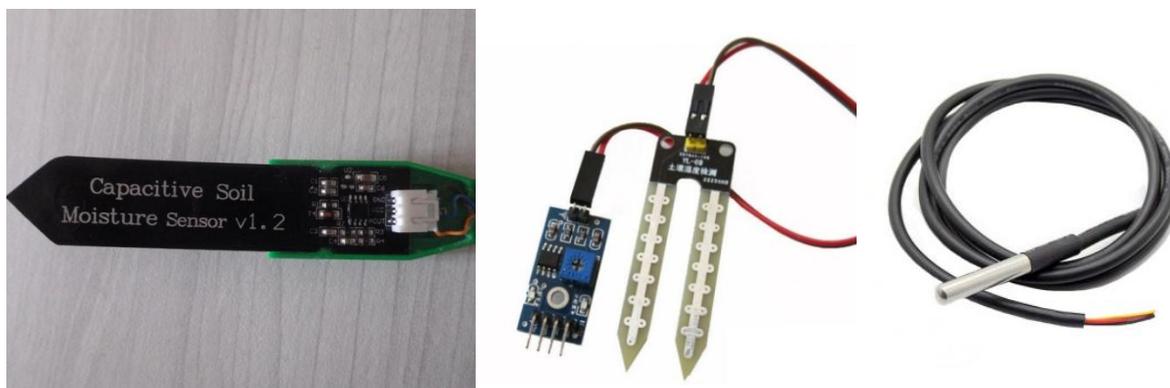


Рис. 1. Датчики влажности почвы (слева) на основе принципа конденсатора, (по центру) построенный на принципе сопротивления (резистивный), датчик температуры почвы (справа)

Для создания прототипа была выбрана платформа на базе микроконтроллера Arduino Nano, как довольно функциональная и миниатюрная. Датчики были использованы совместимые с платформой Arduino [2]. Емкостной датчик влажности почвы аналоговый, а датчик температуры цифровой, поэтому соединение к плате Arduino Nano следует осуществлять строго с рекомендациями производителя (рис. 2).

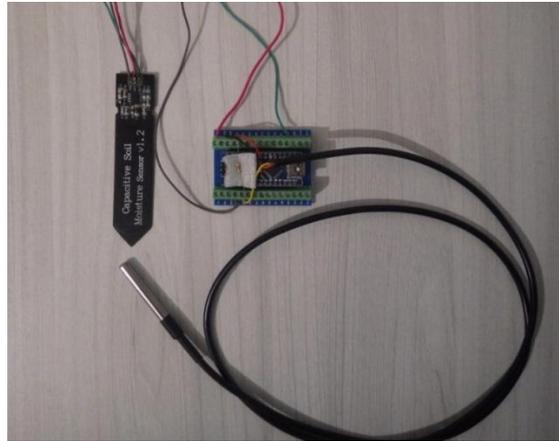


Рис. 2. Собранный прототип для измерений температуры и влажности почвы

Согласно рекомендациям производителя и многочисленным примерам из сети Интернет, написана программа управления микроконтроллером. Ниже приведен полный список команд микроконтроллера с их описанием, которое приведено через двойной слеш.

```
#include <OneWire.h> // библиотека для работы с протоколом 1-Wire
#include <DallasTemperature.h> // библиотека для работы с датчиком DS18B20
#define ONE_WIRE_BUS 2 // сигнальный провод датчика температуры
constexpr auto pinSensor = A0; // датчик влажности почвы
OneWire oneWire (ONE_WIRE_BUS); // создаём объект для работы с библиотекой
OneWire для работы с датчиком температуры
DallasTemperature sensor(&oneWire); // создадим объект для работы с библиотекой
DallasTemperature
void setup(){ // начало работы одноразовой программы
  Serial.begin(9600); // инициализируем работу Serial-порта
  sensor.begin(); // начинаем работу с датчиками
  sensor.setResolution(12); // устанавливаем разрешение датчика от 9 до 12 бит
}
void loop(){ // начало работы циклической программы
  float temperature; // переменная для хранения температуры
  sensor.requestTemperatures(); // отправляем запрос на измерение температуры
  temperature = sensor.getTempCByIndex(0); // считываем данные из регистра датчика
  Serial.print("Температура по Цельсию C: "); // выводим температуру в Serial-порт
  Serial.println(temperature);
  int valueSensor = analogRead(pinSensor); // считывание датчика влаги почвы
  valueSensor = map (valueSensor, 288, 630, 100, 0); // устанавливаем процентную шкалу
  для влажности почвы, где 635 – сухая почва на воздухе, 288–100 % влажность в воде
  датчик
  Serial.print("Влажность %: "); // выводим значение влажности почвы на экран
```

```

Serial.println(valueSensor); //выводим данные в % влажности почвы на экран
delay(1000); // ждём одну секунду
}

```

В сети Интернет и в литературных примерах широко используется калибровка датчиков в воде, когда датчик опускают в воду до уровня расположения электронных компонентов датчика и записывают разницу значений между ними (датчик полностью в воздухе и в воде), что на наш взгляд является неверным исходя из результатов собственного практического опыта использования такого рода датчиков.

Для калибровки и тестирования датчиков была выбрана черноземная почва, как самая распространённая в Украине, которая была отобрана вместе с укоренившимися растениями озимой пшеницы в двух локациях Харьковской области (Stepok_1;2, Izum_1;2).

Часть эксперимента по калибровке датчиков сводилась совмещению полученной информации от датчиков на экране компьютера и одновременном измерении влажности классическим гравиметрическим методом в тепловом шкафу. В последнем случае образцы подогревали с 30 минутным интервалом при температуре не более 30 градусов по Цельсию, после извлекали из шкафа и проводили измерения датчиками.

В результате первой части проведения эксперимента были получены серии данных по объектам исследования гравиметрическим методом (рис. 4). Гравиметрический метод не восприимчив к изменению температуры, поэтому циклы нагревания не могут быть визуализированы на рисунке 4 и в целом показывают уменьшение количества влаги в образцах с течением времени.

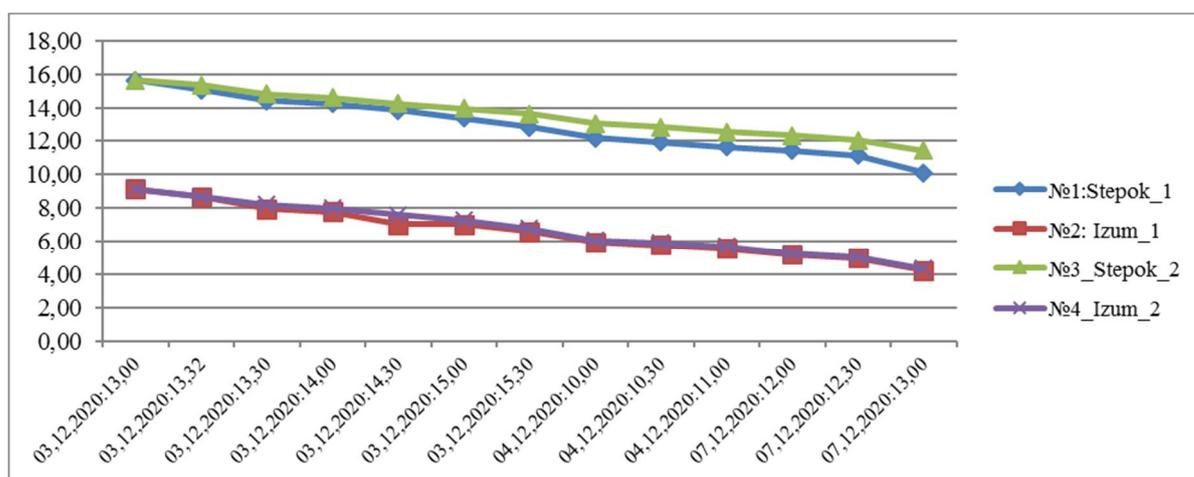


Рис. 4. Данные измерения гравиметрическим методом измерения влажности почвы (ось ординат – влажность, %)

Работа датчика температуры почвы тоже не вызывала вопросов в течение всего времени экспериментов. Данные датчика отображали циклы нагрева и остывания объектов исследования, которые приведены на рисунке 5. Данные имеют высокую сходимость и не требуют до-

полнительной калибровки датчика. В течение эксперимента объекты исследования четыре раза подвергались нагреву в тепловом шкафу и, соответственно столько же раз охлаждались, температура почвы не превышала 40 градусов по Цельсию (максимальное значение) и 10–13 градусов (исходные значения) перед экспериментом.

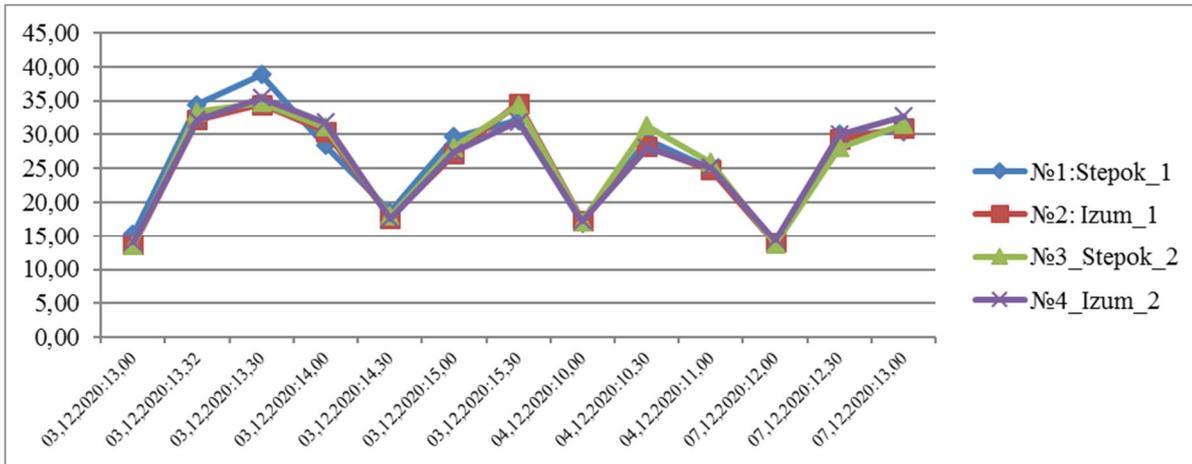


Рис. 5. Данные измерения датчика температуры на базе платформы Arduino (ось ординат – температура по Цельсию)

Совсем другая картина наблюдалась при анализе данных с датчика влажности почвы. На первый взгляд, датчик влажности повторяет, хотя и с малой сходимостью данные датчика температуры почвы. При проведении эксперимента наблюдалось даже остановка изменений данных после времени нагрева объекта.

При ручном перемещении датчика данные обновлялись. Литературные источники подчеркивают как аппаратную, так и методическую составляющую этой проблемы. Аппаратная составляющая включает необходимость допаивать между выводами информационного канала и землей сопротивление на 1 мОм.

Методическая проблема состоит в том, что датчик между пластинами-щупами из-за разности потенциалов накапливает поверхностное натяжение воды, и поэтому необходимо это натяжение периодически убирать (рис. 6).

Наблюдалась высокая чувствительность при работе датчика влажности почвы к переменчивости окружающей среды. При нагреве контейнера с объектом исследования капли влаги конденсировались на стенках контейнера. При помещении датчика в контейнер наблюдалось повышение уровня влажности почвы, когда ожидалось его уменьшение, как в гравиметрическом методе. После остывания контейнера влага опять поглощалась почвой, и наблюдалось медленное её уменьшение. То есть, можно сделать вывод, что датчик является очень чувствительным по сравнению с гравиметрическим методом.

Однако именно этот факт накладывает ограничения на работу датчика, практически искажая его.

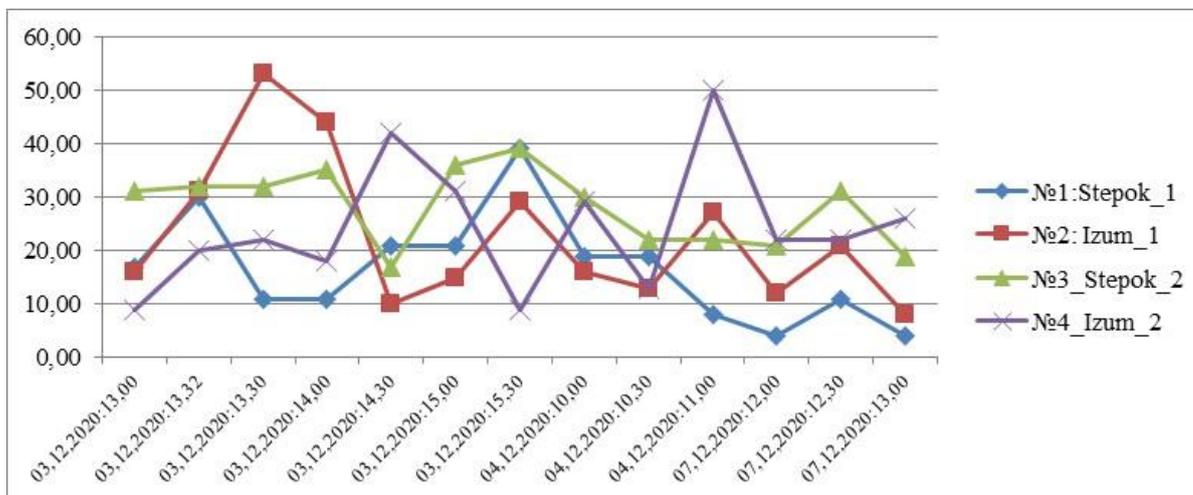


Рис 6. Данные измерения датчика влажности почвы базе платформы Arduino (ось ординат – влажность, %)

Выводы

1. Электрические датчики являются перспективными для использования в современном сельском хозяйстве для наблюдения за динамическими показателями температуры и влаги в поле.

2. Получена практическая возможность отображения данные в сети Интернет, что открывает возможности формирования сети такого рода датчиков для получения оперативной информации.

3. Емкостной датчик влажности почвы в не соответствует современным требованиям измерения и требует доработки. А именно разнесение щупов минимум на несколько сантиметров между собой. Возможно, доработка может ограничиться написание более современного кода прошивки (согласно литературным источникам), однако это требует дополнительной проверки.

Список литературы

1. Тараріко, О. Г. Прогнозна оцінка впливу змін клімату на урожайність зернових культур та їх валові збори в Україні з використанням космічної інформації / О. Г. Тараріко [и др.]. – Укр. геогр. журнал. – 2016. – Вип. 3. – С. 106–116.

2. Датчики влаги та температури [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://arduno.ua/prod/2755-emkostnii-datchik-vlajnosti-pochvi>.

ПРИЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Сюрис А. И., Боаге Л. В.

*Институт почвоведения, агрохимии и защиты почв «Н. А. Димо»,
г. Кишинев, Молдова*

Почва является главным природным ресурсом Республики Молдова, на котором базируются ее продовольственная безопасность, экономический потенциал и благополучие населения. К сожалению, в последнее время почва испытывает мощный деградационный прессинг [1]. Наиболее распространенным видом деградации является эрозия. К настоящему времени разной степени деградации подвержены почти 2 млрд. гектаров почв мира, из них 55,6 млн. за счет водной эрозии [2]. Пораженность сельскохозяйственной территории Республики Молдова увеличилась с 28,1 в 1965 г. до 39,8 % в 1997 г. и составляет в настоящее время около 40 % [3]. Урожайность сельскохозяйственных культур, в зависимости от степени смывости, уменьшается на 30–60 % по сравнению с полнопрофильными почвами. Наблюдается значительная деградация физических и химических свойств почв, резко снижается устойчивость почвенной системы к антропогенному воздействию [4]. Эрозионные потери почвами гумуса носят ярко выраженный катастрофический характер.

Применение органических удобрений оказывает многостороннее действие на повышение плодородия почвы [5]. При применении органических удобрений можно минимализировать отрицательное влияние эрозии на почву и даже стабилизировать ее пищевой режим и запасы в ней питательных веществ, а также повышая биологическую активность посредством которой образуется структура почвы, а она, как известно, определяет остальные физические свойства почв.

Исследование проводилось на опытной станции Почвоведения и эрозии почв Института почвоведения, агрохимии и защиты почв им. Н. А. Димо, расположенной в селе Урсоая, Кагульского района Республики Молдова. Экспериментальный участок представляет собой склон 5–7° северо-восточной экспозиции. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднеэродированный тяжелосуглинистый. Его характеристика дана в таблицах 1 и 2.

Испытывались разные виды органических удобрений. Схема опыта приводится в таблице 3. Варианты 3, 4, 6, 7 заложены с целью выделения оптимальных доз и периодичности внесения навоза. Исследовались две годовые дозы (12,5 и 25,0 т/га). Первая доза характеризуется как оптимальная для поддержания гумуса, вторая предполагает увеличение плодородия почв.

Таблица 1

Агрехимические показатели пахотного слоя почв чернозема обыкновенного среднеэродированного

Горизонт и глубина, см	рН (Н ₂ О)	СаСО	Гумус	Р ₂ О ₅	К ₂ О
		%		мг/100 г почвы	
Вhkр1 0-10	7,8±0,1	6,3±0,4	2,36±0,19	1,6±0,1	17±2
Вhkр1 10-22	7,9±0,1	7,0±0,6	2,16±0,14	1,3±0,1	16±2

Таблица 2

Физические показатели чернозема обыкновенного среднеэродированного

Горизонт и глубина, см	Глина <0,001 мм	Физическая глина <0,01 мм	Гигроскопическая вода	Коэффициент гигроскопичности	Плотность	Плотность твердой фазы	Общая пористость, %
	%						
Вhkр1 0-10	25,8	45,0	3,7	5,9	2,58	1,21	53,1
Вhkр1 10-22	25,9	45,9	3,1	5,8	2,60	1,29	50,4
Вhk2 22-30	26,1	46,9	2,8	5,5	2,61	1,40	46,4
ВСк1 30-48	25,1	47,0	2,5	5,1	2,65	1,34	49,4
ВСк2 48-60	26,4	45,4	2,4	5,0	2,68	1,35	49,6
ВСк2 60-80	25,9	45,0	2,4	4,8	2,70	1,35	50,0
С 80-100	25,2	45,0	2,3	4,7	2,70	1,35	50,0
С 00-120	25,4	45,1	2,2	4,5	2,71	1,32	51,3

Таблица 3

Влияние органических удобрений на урожай сельскохозяйственных культур на среднеэродированном обыкновенном черноземе, ц/га

Вариант опыта	Контроль	Солома, 4 т/га через 4 года + N ₆₀ P ₆₀	Навоз, 50 т/га через 4 года	Навоз, 100 т/га через 4 года	Навоз, 150 т/га через 6 лет	Навоз, 200 т/га через 8 лет	Компост, 100 т/га	НСР 0,5 %
Урожай на контроле и прибавки на испытуемых вариантах								
Озимый ячмень	29,6	6,4	7,4	17,7	10,3	7,8	6,2	5,4
Кукуруза на зерно	33,3	11,0	8,6	11,7	15,9	17,5	13,7	7,1
Горох+ ячмень	56,6	24,0	8,6	26,9	41,4	4,6	26,6	8,1
Озимая пшеница	12,4	2,4	4,2	8,0	11,4	13,7	11,1	5,1
Кукуруза на зерно	31,7	5,2	10,4	10,8	11,4	13,5	7,2	5,0
Озимый ячмень	14,3	2,7	8,2	11,3	10,4	12,3	3,1	3,8
Кукуруза на зерно	34,2	7,3	11,3	10,1	16,2	8,3	5,8	5,9
Подсолнечник	12,7	3,1	6,3	8,2	9,2	7,5	3,9	4,1
Озимая пшеница	14,3	3,1	8,6	10,0	11,7	10,5	2,6	3,0
Общее за 9 лет в зерновых единицах	198,7	46,9	67,7	96,4	107,7	103,3	60,1	-

Особый интерес представляет делювиальная почва с намытым гумусовым материалом мощностью порядка 300 см из окрестностей г. Кагул, в которой в расчете на 1 га сконцентрировано около 1400 т гумуса и 70 т

валового азота. Исходя из этого, мы использовали в опыте компост, состоящий из навоза, 80 % + делювиальная почва, 20 % (вариант 9).

Солома оказывает большое влияние на повышение содержания в почве органического вещества [6]. В Республике Молдова ежегодно на 1 га пашни проступает 3,2–3,5 т органического вещества за счет растительно-корневых остатков, что на 27–40 % компенсирует потери гумуса.

В нашем опыте (вариант 2) солома была внесена в почвы с добавлением азотных удобрений с целью сокращения соотношения C:N, затем опытные делянки были обработаны дисковой бороной.

Каждый год на делянках в заранее определенных точках отбираются образцы почвы (площадь делянок $6 \times 40 = 240 \text{ м}^2$) для определения агрохимических и агрофизических показателей.

В результате исследований выявлено, что применение органических удобрений на среднеэродированном обыкновенном черноземе положительно повлияли на содержание гумуса, подвижного фосфора и обменного калия в почву (табл. 4).

Таблица 4

Влияние органических удобрений на агрохимические показатели обыкновенного среднеэродированного чернозема

Вариант опыта	Гумус		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	%		мг/100 г почвы			
	содержание	прибавка	содержание	прибавка	содержание	прибавка
Содержание до закладки опыта						
Контроль (без удобрений)	2,07	–	1,89	–	16,7	–
Солома, 4 т/га через 4 года + N ₆₀ P ₆₀	1,89	–	1,78	–	16,5	–
Навоз, 50 т/га через 4 года	2,09	–	1,54	–	16,1	–
Навоз, 100 т/га через 4 года	2,54	–	1,80	–	16,5	–
Навоз, 150 т/га через 6 лет	2,44	–	1,85	–	17,8	–
Навоз, 200 т/га через 8 лет	2,17	–	1,78	–	16,8	–
Компост, 100 т/га	2,35	–	1,69	–	16,3	–
Пятый год действия удобрений						
Контроль (без удобрений)	2,20	–0,13	1,86	–0,03	16,8	0,1
Солома, 4 т/га через 4 года + N ₆₀ P ₆₀	2,1	0,28	3,30	1,52	21,6	5,1
Навоз, 50 т/га через 4 года	2,52	0,43	3,71	2,17	19,3	3,2
Навоз, 100 т/га через 4 года	3,16	0,62	3,50	1,70	22,3	5,8
Навоз, 150 т/га через 6 лет	2,75	0,31	3,38	1,53	25,7	7,9
Навоз, 200 т/га через 8 лет	2,51	0,34	3,01	1,23	28,1	11,3
Компост, 100 т/га	2,74	0,39	3,18	1,49	24,7	8,4
НСР 0,5 %	0,21	–	0,85	–	13,7	–
Девятый год действия удобрения						
Контроль (без удобрений)	2,11	0,04	2,04	0,15	16,8	0,1
Солома, 4 т/га через 4 года + N ₆₀ P ₆₀	2,24	0,35	2,92	1,14	20,3	3,8
Навоз, 50 т/га через 4 года	2,56	0,47	3,27	1,73	19,0	2,9
Навоз, 100 т/га через 4 года	2,95	0,41	3,34	1,54	21,3	4,8
Навоз, 150 т/га через 6 лет	3,07	0,63	3,88	2,03	24,3	6,5
Навоз, 200 т/га через 8 лет	2,89	0,72	3,22	1,44	25,1	8,3
Компост, 100 т/га	2,32	0,25	2,26	0,57	19,0	2,7
НСР 0,5 %	0,27	–	1,07	–	2,8	–

На пятом году действия удобрений содержание гумуса на испытываемых вариантах увеличилось на 0,28–0,62 % по сравнению с контролем. Наибольшее повышение содержания гумуса обеспечивается при внесении 100 т/га навоза один раз в четыре года (0,62 %). На девятом году действия органических удобрений прибавка гумуса на испытываемых вариантах составила 0,25–0,72 %. Наибольшее повышение обеспечивается при внесении навоза в дозе 150 и 200 т/га (0,63 и 0,72 %). Одновременно при внесении различных органических удобрений на испытываемых вариантах прибавка подвижного фосфора и обменного калия по сравнению с контролем увеличилось соответственно на девятом году действия на 0,57–2,03 и 2,7–8,3 мг/100 г почвы.

Исследования показали, что внесение различных органических удобрений положительно повлияли на физические свойства почвы.

Плотность и плотность твердой фаз уменьшились соответственно на 0,04–0,10 и 0,02–0,03 г/см³. Увеличилось значение общей пористости. Уменьшилась твердость почвы на 6–10 кг/см² (или 26–43 %).

Органические удобрения не только улучшают питательный режим почвы, но и мобилизуют имеющиеся в ней питательные элементы и тем самым повышают урожай полевых культур (табл. 4). В результате внесения высоких органических удобрений прибавка урожая полевых культур повысилась за девять лет на 60,1–107,7 ц/га зерновых единиц по сравнению с контролем. Максимальная прибавка получена при использовании 150 т/га навоза один раз в шесть лет. В качестве органических удобрений могут быть использованы все отходы животноводческого сектора, отходы предприятий перерабатывающей промышленности и городского хозяйства (осадки городских сточных вод, хозяйственный мусор, дефекаат сахарных заводов) гумусированный материал делювиальных почв, илы, накопленные в прудах, жидкие отходы животноводческих комплексов и предприятий сельскохозяйственного сырья. Жидкие органические удобрения можно компостировать. В качестве поглощающего материала используется делювиальная почва, дефекаат сахарных заводов, солома и другие.

Большое значение на склоновых землях имеет надежная защита почв от смыва гумусированных слоев, а также мероприятия, направленные на повышение содержания запасов гумуса.

Для коренного улучшения плодородия смытых участков склонов необходимо создать условия, способствующие повышению содержания гумуса в почве. Большое значение при этом имеет систематическое применение органических удобрений.

Согласно полученным данным за девять лет действия и последствий органических удобрений статистически установлено, что содержание гумуса увеличилось на 0,25–0,72 %, подвижного фосфора на 1,14–2,03 и обменного калия на 2,7–8,3 мг/100 г почвы.

Органические удобрения оказали существенное влияние на агрофизические свойства почвы. Плотность и плотность твердой фазы умень-

шились соответственно на 0,04–0,10 и 0,02–0,03 г/см³. Твердость почвы уменьшилась на 6–10 кг/см², или 26–43 %.

Внесение органических удобрений не только улучшает питательный режим почвы, но и мобилизует имеющиеся в ней питательные элементы и тем самым повышает урожай высеваемых культур. Установлено, что за девять лет прибавка урожая полевых культур на среднесмытом обыкновенном черноземе составила 60–108 ц/га зерновых единиц или 40–50 % по сравнению с контрольным вариантом. Установлено, что на эродированных почвах необходимо вносить навоз в дозе 100 т/га один раз в четыре года, солому – 4 т/га один раз в четыре года с добавлением 10 т/га азота, компоста состоящий из навоза и делювиальной почвы в дозе 50–100 т/га один раз в 4–5 лет.

Список литературы

1. Крупеников, И. А. Черноземы. Возникновение, совершенство, трагедия деградации, пути охраны и возрождения / И. А. Крупеников. – Chişinău: Pontos, 2008. – р.51–163.
2. Добровольский, Г. В. Глобальный характер угрозы современной деградации почвенного покрова / Г. В. Добровольский // Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере. – М.: Наука, 2003. – С. 279–288.
3. Programul complex de valorificare a terenurilor degradate și sporirea fertilității solurilor. – Chişinău: Pontos, 2004. – Р. 62–64.
4. Эрозия почв. Сущность процесса. Последствия, минимализация и стабилизация: пособие. – Chişinău: Pontos, 2001. – 428 с.
5. Цуркан М. А. Агрохимические основы применения органических удобрений / М. А. Цуркан. – Кишинев: Штиинца, 1985, 287 с.
6. Alexandru Rusu. Valorificarea surplusurilor de paie / Alexandru Rusu. – Chişinău: Pontos, 2009. – 39 р.

УДК 631.4

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ, СФОРМИРОВАННЫХ НА ЛЕССОВИДНЫХ СУГЛИНКАХ

**Цыбулько Н. Н., Цырибко В. Б., Устинова А. М., Касьяненко И. И.,
Логачёв И. А., Митькова А. А.**

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

В ходе интенсивной сельскохозяйственной деятельности на склоновых землях неизбежно происходит активизация процессов эрозионной деградации почвы. Эффективным приемом улучшения агрофизических свойств и их устойчивости к деградации является внесение органических удобрений. Их внесение на моренных суглинках приво-

дит к снижению плотности сложения, на 0,08–0,10 г/см³, а на лессовидных к снижению на 0,06–0,09 г/см³ [1].

В ходе исследований был определен ряд показателей противоэрозионной устойчивости почв, сформированных на лессовидных легких суглинках (табл. 1).

Показатель водоустойчивости на всех вариантах и по всем почвенным разновидностям менее 30 %, что соответствует диапазонам неудовлетворительных значений. Содержание водопрочных агрегатов крупнее 0,5 мм во всех изученных образцах менее 10 %, что свидетельствует, о невысокой скорости потока достаточной для отрыва агрегатов в ходе эрозионных процессов.

Таблица 1

Усредненные показатели противоэрозионной устойчивости дерново-подзолистых почв разной степени эродированности, сформированных на лессовидных суглинках, под различными сельскохозяйственными культурами (стационар «Стоковые площадки», ОАО «Щомыслица» Минского района, 2019–2020 гг.)

Агрофон			Эродированность почвы		
севооборот	культура	применение удобрений	неэродированная	среднеэродированная	сильноэродированная
Содержание водопрочных агрегатов крупнее 0,5 мм, в %					
Зерновой (Кз –0,57)	Яровой рапс/ Яровая пшеница	НПК	5,8	5,3	5,7
		НПК + доломит. мука	9,0	5,6	3,5
		НПК + навоз	7,8	6,8	6,0
		НПК + доломит. мука + навоз	9,3	5,0	4,1
Водоустойчивость, %					
Зерновой (Кз –0,57)	Яровой рапс/ Яровая пшеница	НПК	14,0	10,3	10,0
		НПК + доломит. мука	16,7	11,4	9,1
		НПК + навоз	17,2	16,0	11,0
		НПК + доломит. мука + навоз	21,8	13,7	10,5
Коэффициент водопрочности					
Зерновой (Кз –0,57)	Яровой рапс/ Яровая пшеница	НПК	0,1	< 0,1	0,1
		НПК + доломит. мука	0,1	0,1	< 0,1
		НПК + навоз	0,1	0,1	< 0,1
		НПК + доломит. мука + навоз	0,1	0,1	0,1
Размывающая скорость водного потока, см/с					
Зерновой (Кз –0,57)	Яровой рапс/ Яровая пшеница	НПК	18,4	18,4	20,0
		НПК + доломит. мука	20,2	20,0	18,5
		НПК + навоз	21,8	20,3	18,5
		НПК + доломит. мука + навоз	22,6	18,4	18,4

Полученные в ходе структурно-агрегатного анализа данные позволили установить размывающую скорость водного потока под различными сельскохозяйственными культурами. Данный показатель хорошо иллюстрирует влияние растений на интенсивность эрозионной деградации.

Скорость потока необходимая для отрыва частиц на вариантах с внесением органических удобрений выше, что указывает на более высокую устойчивость к эрозии. При этом устойчивость на вариантах без внесения навоза характеризуется как низкая, а на неэродированных и среднеэродированных разновидностях с внесением – как средняя.

Также стоит отметить, что различия в величине водоустойчивости присутствуют только на неэродированных и среднеэродированных почвенных разновидностях, на сильноэродированных почвах вне зависимости от варианта опыта значения всех показателей противоэрозионной стойкости находятся на приблизительно одинаковом уровне. Это указывает на ключевую роль интенсивности эрозионных процессов в формировании структурно-агрегатного состояния почв.

Внесение органических удобрений способствует улучшению противоэрозионной устойчивости почв, сформированных на лессовидных суглинках, значения показателей на данных вариантах лучше, хотя и не достигают диапазонов удовлетворительных значений.

Таким образом, внесение органических удобрений положительно сказывается на устойчивости почв к процессам эрозионной деградации, что отражается в увеличении показателей водоустойчивости и размывающей скорости водного потока.

На сильноэродированных почвах вне зависимости от варианта опыта значения всех показателей противоэрозионной стойкости находятся на приблизительно одинаковом уровне, что указывает на ключевую роль интенсивности эрозионных процессов в формировании структурно-агрегатного состояния почв.

Список литературы

1. Способы регулирования агрофизических свойств дерново-подзолистых эродированных почв, сформированных на моренных и лессовидных суглинках / А. М. Устинова, В. Б. Цырибко // Плодородие почв: оценка, использование и охрана, воспроизводство = Soil fertility: evaluation, use and protection, regeneration: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 26–30 июня 2017 г. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии; редкол.: В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2017. – С. 120–122.

ВЛИЯНИЕ ПОЖАРОВ НА ПЛОДОРОДИЕ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Цыганов А. Р., Веремейчик Л. А., Носников В. В.

БГТУ, г. Минск, Беларусь

Леса являются ключевым ресурсом планеты, обладая не только экономической ценностью, но и выполняя множество экологических и социальных функций, являются одним из важнейших элементов решения проблемы изменения климата. Леса покрывают почти 1/3 поверхности суши планеты, что составляет 4,06 млрд га, на каждого жителя Земли приходится около 0,52 га леса. По международным оценкам, в 2020 г. 399 млн га лесов предназначены в первую очередь для охраны почв и водных ресурсов [1].

Эффективность ведения лесного хозяйства основана на качественном воспроизводстве лесов, сохранении его рекреационного и экологического потенциала при одновременном росте доходности от использования лесных ресурсов. Проблема гибели лесов стоит на одном из первых мест в рамках глобальных экологических проблем, истощение и деградация лесов могут иметь негативные последствия для обеспечения жизнедеятельности и продовольственной безопасности людей.

В настоящее время более 100 млн га лесов мира подвержены вредоносному воздействию пожаров, вредителей, болезней, инвазивных видов, засух и неблагоприятных погодных явлений, среди которых пожары являются самыми распространенными чрезвычайными событиями. Пожары возникают как по естественным причинам, как правило, после удара молнии, но наиболее часто они происходят под влиянием антропогенного фактора.

Лесной пожар – интенсивное техногенное воздействие, нарушающее естественное равновесие между отдельными компонентами биогеоценоза, влияющее на тип растительности, а также на свойства и динамические процессы, происходящие в почве. Почвенный покров, выполняя важнейшие биосферные функции, реагирует на все изменения, происходящие в биосфере, прежде всего, весьма четко отзывается на техногенные воздействия, одним из которых является лесной пожар. В целом пожары приводят к снижению почвозащитных, водоохраных и санитарно-гигиенических значений леса.

Лесистость территории Республики Беларусь в 2020 г. составила 39,9 %. В Беларуси установлено более 20 видов и форм деградации земель, включая почвы, одним из которых являются пожары на землях лесного фонда. Площадь погибших лесных насаждений от лесных пожаров колебалась по годам от 79 га в 2013 г. до 2114 га в 2019 г., при максимальном значении – 5968 га в 2015 г. [2].

Влияние огня на почву, важнейших компонентов леса, чрезвычайно сложно и неоднозначно. Зависит от множества факторов: характеристик пожара, особенностей растительности, рельефа и самой почвы. В результате лесных пожаров наравне с флорой и фауной страдает и почвенный покров, наблюдаются изменения физических, химических, физико-химических, биохимических и биологических свойств почв. Лесные пожары наносят невосполнимый урон сложному органоминеральному комплексу, который тысячелетиями формируется из останков животных, отмерших растений и измельчённой материнской породы, под действием сложных химических процессов. Отмечаются изменения естественного строения профиля, почвы отдельных элементов микрорельефа, отличающихся водно-температурным режимом, реакцией среды, содержанием гумуса, обменных катионов, питательных веществ, показателями биологической активности.

Характер воздействия на почвы обусловлен типом пожаров, выделяют три группы пожаров: верховые, низовые и подземные. По статистике, около 80 % всех пожаров составляют низовые, при которых воздействию огня подвергаются не только нижние ярусы леса, но и повреждаются корневые системы, а также полностью выгорает подстилка и органическое вещество. Почва, как постоянно развивающееся биокосное вещество, вследствие пирогенной деятельности, связанной с выгоранием растительного покрова, теряет главный источник повышения плодородия, особенно активно происходят процессы потери гумуса.

Пожары приводят к серьезным изменениям в пределах почвенного профиля. Кроме того, при пожарах происходит деградация первичных минералов и глинистой плазмы – процесс, характеризующий оподзоливание почв. Изменения в морфологии наиболее заметны в верхних горизонтах (широкое распространение угольков, сохранение охристых тонов в окраске горизонтов), что в конечном итоге приводит к изменению состава почвенных горизонтов [3].

Пожары, особенно в районах с небольшим количеством атмосферных осадков, являются важным экологическим фактором рельефообразования и почвообразования. Установлено, что пожары сильной интенсивности способствуют образованию бугристо-западинного микрорельефа, представляющего собой сочетание микроповышений и микропонижений. Помимо этого, неотъемлемой частью микрорельефа являются упавшие стволы деревьев (валежины), процесс разложения которых происходит очень длительный период. Образование подобных форм рельефа влечет за собой нарушение почвенного покрова, вызывает перемешивание разных генетических горизонтов, происходит перераспределение тепла и влаги, элементов питания, которые приводят к нарушению естественного хода почвообразовательного процесса [4].

Установлено, что в почвах, обладающих структурным комковатым перегнойным слоем, сгорание перегноя приводит к разрушению структурных агрегатов, так, содержание водоустойчивых агрегатов (крупнее 2 мм) в слое

0–30 см уменьшается после пожаров в два раза. Уменьшение агрегации может быть также вызвано образованием древесных углей при пожаре, которые, в свою очередь, являются эффективными сорбентами для органических компонентов, но вместе с тем слой углей может препятствовать адсорбции почвой неорганических веществ [3, 4, 5].

Процессы быстрой минерализации органической части, лесной подстилки и опада влияют на изменения химических свойств почв. В результате сгорания лесных материалов образуется зола, содержащая доступные формы ряда питательных элементов (кальций, магний, калий, фосфор). Максимальное их количество отмечается в первые месяцы после пожара, но затем содержание веществ постепенно уменьшается. Имеются данные, что при определенных условиях большое количество этих элементов может сохраняться в течение 2–4 лет. Таким образом, пожар приводит к единовременному поступлению в почву огромных количеств химических элементов, в течение многих лет накапливаемых в лесных растениях в виде органических соединений. Часто содержание множества элементов в золе в десятки и тысячи раз превосходит их содержание в фоновой почве [3, 6].

Во время пожаров азот переходит в основном в газообразное состояние и до 90 % его улетучивается в атмосферу. Только некоторая часть азота переходит в золу, которая затем ветром и водой может удаляться с гарей. Существенное значение имеет единовременное освобождение заключенных в сгораемых растительных материалах зольных элементов, которые освобождаются преимущественно в форме растворимых карбонатов и сульфатов. В условиях сравнительно медленного восстановления растительности на горях это создает опасность вымывания и вовлечения в большой геологический круговорот значительной части образуемых растворимых солей. Так, в образующейся золе отмечают потерю калия, натрия, магния, марганца, эти процессы в основном обуславливаются непосредственным разрушением органических веществ под действием высоких температур [3, 4].

Лесные пожары изменяют реакцию почвенного раствора, пиролиз органических веществ почвы сопровождается сдвигом кислотности в сторону нейтрализации, при сильной интенсивности пожара рН водной вытяжки из золы может достигать 7,3–9,4. Изменение кислотности верхних горизонтов почв наиболее заметно в год прохождения пожара или на следующий год. Повышение значений рН связано с озолением подстилки и насыщением основаниями поглощающего комплекса пирогенных почв. Нейтрализация горизонтов проходит постепенно, по мере проникновения в почвенную толщу влаги атмосферных осадков. Продукты пиролиза опада и подстилки, поступая в почву в окисленном состоянии, повышают общий уровень окислительных реакций в почве, а сдвиг реакции в нейтральный или щелочной интервал сопровождается также повышением окислительно-восстановительного потенциала и отражается на содержании обменных катионов [3, 4, 6].

Влияние пожара существенно отражается на состоянии биологического потенциала почв. Наиболее благоприятные условия (продуцирования углекислоты, активность каталазы, уреазы), создаются в почвах после прохождения огня средней интенсивности пожаров, с потерей гумуса происходит резкая депрессия биологических процессов. Установлено, что на какое-то время (иногда до 5–7 лет) вследствие снижения кислотности пирогенной почвы, это благоприятно сказывается на активизации микробиологической деятельности, прежде всего, нитрифицирующих бактерий, обогащающих почву азотом. Однако сильные пожары могут на непродолжительное время подавить активность микроорганизмов, полностью уничтожая лесную подстилку при воздействии на поверхность почвы высоких температур. В то же время пожары слабой и средней интенсивности вызывают некоторую активизацию микробиологических процессов и способствуют усилению биологического круговорота и улучшению питания растений [4].

Последствия пирогенного огневого воздействия на почву, вызывают существенные экологические изменения, проявляющиеся в особенностях гидрофобных свойств углей, обугленного органического материала, их высокое содержание способствует значительному усилению процессов эрозии. Развитие эрозии после пожаров может сопровождаться солифлюкционными процессами, приводящими к практически полному уничтожению почв на склонах, потере мелкозема. Крайне существенные последствия пожаров связаны с лишением почвы защитного действия растительности и подстилки. Поверхностный слой почвы под влиянием сильных дождей утрачивает пористость и заиливается, обнажение минеральной поверхности приводит к поверхностному размыву слабосвязанного минерального материала, в результате чего он может полностью изменить свою структуру, морфологию и свойства. К деградационным процессам лесных почв относятся также увеличение плотности, возникновение трещин, что в основном связано с изменением водного режима. Как правило, лесные почвы после пожаров склонны к временному или длительному заболачиванию, период заболачивания сопровождается интенсивным проявлением процессов оглеения, сегрегацией железа, господством восстановительных процессов, что может привести к потере важнейших элементов из профиля почвы [4].

Таким образом, направленность и интенсивность процессов послепожарного почвообразования в значительной мере зависят от разрушительного воздействия пожара и внешних условий. Лесные пожары в большинстве своем ухудшают лесорастительные условия, восстановление плодородия лесных почв требует нескольких десятков лет и значительных материальных затрат. Если принять во внимание ущерб, наносимый лесными пожарами, как отдельным странам, так и всему мировому сообществу вполне обосновано и целесообразно, в первую очередь с экономической точки зрения, создание в рамках системы ООН Всемирного агентства по борьбе с лесными пожарами.

Список литературы

1. Состояние лесов мира: леса, биоразнообразие и люди // Продовольственная и сельскохозяйственная Организация Объединенных Наций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/forest-resources-assessment/ru/>. – Дата доступа: 22.02.2021.
2. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь: статистический сборник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_compilation/index_17588/. – Дата доступа: 17.02.2021.
3. Деградация и охрана почв / под общей ред. акад. РАН Г. В. Добровольского. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 654 с.
4. Бобровский, М. В. Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования / М.В. Бобровский. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 359 с.
5. Стефин, В. В. Антропогенные воздействия на горнолесные почвы / В. В. Стефин; отв. ред. Н. В. Орловский. – Новосибирск: Наука: Сиб. отделение, 1981. – 169 с.
6. Сапожников, А. П. Послепожарное почвообразование в кедрово-широколиственных лесах / А. П. Сапожников, Л. О. Карпачевский, Л. С. Ильина // Лесной вестник. – 2001. – № 1. – С. 132–164.

УДК 372.857

ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ПЕДАГОГОВ-БИОЛОГОВ

Цытрон Е. В.

БГПУ им. Максима Танка, г. Минск, Беларусь

Комплексное решение экономических, экологических и социальных проблем является его главной стратегической целью концепции устойчивого развития, обеспечивающего сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружающей среды, природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущего поколений, а комплексное решение экономических, экологических и социальных проблем является его главной стратегической целью.

Особое значение для достижения этой цели в настоящее время приобрела экологическая подготовка будущих педагогов всех учебных предметов, но, в первую очередь, – естественнонаучного профиля – учителей биологии, географии, химии.

Среди множества существующих глобальных экологических проблем выделяются те, которые связаны с состоянием и функционированием почвы – верхнего слоя земной коры, обладающего естественным плодородием. Данную группу проблем можно условно разделить на два основных направления:

1) экологические проблемы, связанные с разрушением почвенного слоя – деградации, приводящие к изменению ее физических свойств. К ним относятся водная и ветровая эрозия, открытая разработка полезных

ископаемых, переуплотнение, вторичное заболачивание, различные виды строительных работ и др.;

2) экологические проблемы, связанные с загрязнением почв, т. е. ухудшение почвенного плодородия в связи с изменением их химического состава. Загрязняющими почву веществами являются нефть и нефтепродукты, тяжелые металлы, пестициды и ядохимикаты, радиоактивные отходы и др.

Поскольку почва, с одной стороны, – основа функционирования биосферы, являющаяся биокосным образованием и принимающая прямо или косвенно участие во всех глобальных биогеохимических круговоротах, с другой стороны, – среда обитания для множества видов микроорганизмов, грибов, некоторых животных, субстрат для укоренения подавляющей части растений планеты и источник их водно-минерального питания, с третьей, – главный ресурс сельскохозяйственного производства, с помощью и благодаря которому удовлетворяется основная часть потребностей человечества в продуктах питания, поэтому ее изучение, охрана и восстановление являются насущной обязанностью общества.

Возможности для рассмотрения вопросов значения, функционирования, использования, изменения и охраны почв студентами БГПУ имени Максима Танка – будущими учителями биологии, географии, химии, заложены в учебной дисциплине «Экология», изучение которой действующими в настоящее время учебными планами и образовательным стандартом предусмотрено на третьем курсе обучения. Дисциплина включает в себя лекционные и семинарские занятия, а также учебную (полевую) практику после завершения ее изучения и сдачи экзамена.

При изучении дисциплины «Экология» на лекционных и семинарских занятиях вопросы, связанные с изучением почв затрагиваются в рамках рассмотрения многих тем, поскольку сквозной идеей курса и одной из ее главных задач является формирование экологической компетентности будущего учителя, под которой понимается интегративное качество личности, определяющее ее способность взаимодействовать в системе «Человек – Общество – Природа» в соответствии с усвоенными экологическими знаниями, умениями, навыками, а также осознающей взаимосвязь и взаимообусловленность всех природных процессов и явлений, протекающих в биосфере.

Так, вопросы, касающиеся изучения почв, их экологического состояния и влияния на другие компоненты природной среды, находят свое отражение при изучении следующих тем и разделов учебной дисциплины «Экология»: «Факторы среды и закономерности их действия на организм» (почвенные условия рассматриваются как абиотический фактор среды (эдафические факторы), химический состав почвы, ее плотность, водный и воздушный режимы могут являться примерами для объяснения действия закона минимума Ю. Либиха, закона толерантности В. Шелфорда); «Среда обитания. Абиотическая среда обитания» (рассматривается почвенная среда обитания, ее физико-химические характеристики

(гранулометрический и химический составы, плотность, пористость, аэрируемость, кислотность, воздухо- и водопроницаемость) и их влияние на произрастание растений и жизнедеятельность почвенных микроорганизмов, животных и грибов, экологические группы обитателей почвы: геобионты, геофилы, геоксены, особенности их адаптаций к условиям существования); «Популяция. Пространственная структура популяций» (рассматривается влияние физико-химических характеристик почв на распределение в ней в вертикальном и горизонтальном направлениях почвенных обитателей, а также на пространственную структуру популяций растений и растительноядных животных), «Биоценоз. Структура биоценоза» (почвенные условия рассматриваются как один из основных факторов, определяющих видовой состав и видовое богатство биоценоза, а также как источник питания для начального звена всех пастбищных трофических цепей – зеленых растений), «Экосистема. Биогеоценоз» (почвенные условия – эдафотоп – описываются и изучаются как один из структурных компонентов биотопа (неорганической части экосистемы) всех наземных экосистем, рассматривается роль почвы в процессе функционирования агроэкосистем, вводится понятие об экологических системах земледелия; изучается роль почвы для сохранения стабильности и устойчивости природных и антропогенных экосистем, ее значение для протекания первичных и вторичных сукцессий и др.); «Биосфера. Учение В. И. Вернадского о биосфере» (почва рассматривается как пример биокосного вещества биосферы, изучается ее участие в глобальных биогеохимических циклах), «Ресурсы биосферы» (почвенные ресурсы рассматриваются как пример условно исчерпаемых природных ресурсов, характеризуется современное состояние почвенных ресурсов в мире и Республике Беларусь, пути и способы загрязнения почв, их использование и охрана, показывается взаимосвязь между изменением состояния почвенного покрова и биоразнообразием территории, ее микроклимата, анализируются экологические основы рационального использования почв, правовые основы охраны почвенных ресурсов); «Основные отрицательные тенденции современного экологического кризиса» (рассматриваются проблемы загрязнения и деградации почв как глобальные экологические проблемы, их масштабы, причины возникновения, последствия для существования природных экосистем, хозяйственной деятельности человека, будущего существования биосферы в целом); «Охрана природы» (изучаются стратегические направления охраны природы в XXI веке, национальная стратегия и план действий по сохранению и устойчивому использованию природных ресурсов Республики Беларусь, в т. ч. и почвенных).

Закреплению теоретических знаний по учебной дисциплине «Экология», изучению структуры и функционирования природных биоценозов как составных компонентов биосферы, а также формированию умений использовать полученные знания в практической деятельности с целью решения прикладных природоохранных задач способствует учебная (полевая) практика по экологии, во время которой студенты знакомятся со

структурой и разнообразием лесных, луговых, болотных сообществ, в рамках изучения которых проводят наблюдения и описания физико-химических особенностей их эдафотопов как обязательных структурных компонентов, определяют влияние почвенных условий на биоразнообразие фитоценозов данных экосистем, проводят экологическое описание почв с использованием организмов-биоиндикаторов.

Дальнейшее изучение вопросов экологического состояния почв может получать свое отражение в написании студентами курсовых и дипломных работ, а в дальнейшем – при осуществлении профессиональной педагогической деятельности в качестве учителей биологии и смежных естественнонаучных учебных предметов в образовательном процессе во время проведения учебных занятий, а также при организации научно-исследовательской работы с учащимися учреждений общего среднего образования в рамках работы кружков и факультативов экологической и природоохранной направленности.

УДК 631.41(42):631.421.1

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА, ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ МЕЛИОРАТИВНЫХ КУЛЬТУР

Чербарь В. В., Лях Т. Г.

*Институт почвоведения, агрохимии и охраны почв им. Н. А. Димо,
г. Кишинев, Молдова*

Почвенный покров является главное природное богатство Республики Молдова. Исследования антропогенной эволюции черноземов выщелоченных пахотных проводилось в лесостепной зоне Центральной Молдовы, в периферийной части Кодр с абсолютными высотами 170–200 м. Современные климатические условия Молдовы в указанном интервале высот соответствуют формированию черноземов обыкновенных.

В эволюции почв лесостепи периферии Кодр Молдовы выделяются несколько фаз (периодов):

- фаза формирования бурых почв под девственными лесами;
- фаза формирования бурых пахотных почв в результате уничтожения лесов в период Кукутень-Трипольской и других земледельческих цивилизаций;
- фаза проградации бурых пахотных почв в черноземы выщелоченные в период великого переселения кочевых народов с востока на запад на протяжении тысячелетии, уничтожения ими земледелия, восстановление на бывших пашнях степной растительности и формирование черноземов.

В настоящее время, в результате внедрения системы интенсивного земледелия (1950–1990 гг.), развивались самые опасные процессы дегра-

дации почв: эрозионные, дегумификация, разрушение структуры, вторичное уплотнение пахотного слоя и увеличение твердость средней и нижней его частях даже при высокой влажности.

В результате аграрной реформы (1993 г.) земельный фонд был разделен на 2 365 055 индивидуальных участков, что препятствует проведению мелиоративных и противоэрозионных мероприятий. Внесение минеральных удобрений сократилось в десятки раз, а органических – полностью. Баланс гумуса стал глубоко отрицательный (–1,0 т/га/год).

Урожайность культур снизилась почти в два раза. Произошла интенсификация всех процессов деградации почв. Пахотный слой почв, по причине дегумификации и разрушения структуры, потерял способность сопротивляться уплотнению.

Возможность восстановления положительного баланса гумуса и деградированных свойств черноземов следующие:

1. Вывод на 10–15 лет из с/х оборота деградированных пахотных почв и восстановление на них целинной степной растительности. Исследования последних лет показали, что за 15 лет пребывания под неиспользованной на корм скоту степной растительности содержание гумуса в бывшем пахотном слое чернозема выросло на 0,7–0,8 %, структура восстановилась на 80 %. Из-за отсутствия свободных земель (0,4 га пашни на 1 человека) этот способ восстановления почв в Молдове неприемлем.

2. Ежегодное внесение в почвах не менее 10–15 т/га подстилочного навоза для создания в них положительного баланса гумуса. Мера хорошая, но неосуществимая. Количество производимого в стране навоза, даже если удалось бы его собрать из всех крестьянских хозяйств, хватило бы только для удобрения 10 % площадей пашен.

3. Внедрение в севооборотах одного поля посеянного смесью люцерны и райграса или эспарцета и райграса. Мероприятие дало бы возможность восстановить деградированные почвы еще на 10 % площадей пашни, но для этого необходимо параллельно восстановить животноводство.

4. Использование в качестве отличного органического удобрения зеленой массы вики (80 кг/га семян вики и 50 кг/га пшеницы для поддержки стебля растения вики).

В климатических условиях Молдовы возможны два варианта использования вики как зеленого удобрения:

а) озимая вика, как промежуточная культура, посеянная в сентябре и внесенная в почву как зеленое удобрение в конце апреля (юг Молдовы);

б) в севообороте из 5 полей с использованием одного поля как занятый пар, засеянный 2 раза в одном с/х году озимой и яровой викой на зеленое удобрение (центр и север Молдовы).

Для примера приводим результаты полевого опыта по изучению роста урожайности пшеницы и изменение параметров свойств чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого пахотного после внесения в почву зеленой массы вики в качестве органического удобрения (таб. 1, 2, 3).

Таблица 1

**Урожай зеленой массы вики, внесенный в почву как органическое
зеленое удобрение (средние показатели)**

Урожай	Зеленая, масса, т/га	Влажность зеленой массы вики, %	Сухая масса вики, т/га	Зола	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	C
				% от сухой массы вики				
Озимая вика								
Наземная масса	27,0	79,9	5,4	9,9	3,8	0,7	3,7	41,4
Корни, общая масса в 0–30 см слое			2,2	14,8	1,8	0,5	1,5	41,1
Общая наземная и подземная масса			7,6	11,3	3,2	0,6	3,1	41,3
Яровая вика								
Наземная масса	9,6	64,2	3,4	10,3	1,5	0,5	1,5	40,9
Корни, общая масса в 0–30 см слое			1,4	15,1	1,3	0,5	1,4	41,2
Общая наземная и подземная масса			4,8	11,7	1,4	0,5	1,5	41,1
Общая наземная и подземная масса озимой и яровой вики внесенной в почву			12,4	11,5	2,5	0,6	2,5	41,2

Примечание. Коэффициент гумификации в расчете на сухую массу вики – 0,25. Из 12,4 т/га сухой массы вики, внесенной в почву, образуются 3 т/га гумуса. В почву поступят 310 кг/га биологического азота, 60 % которого симбиотического происхождения.

Таблица 2

**Урожай озимой пшеницы (т/га) на вариантах опыта, заложенного на
выщелоченном черноземе с внесением в почву зеленой массы вики**

Вариант	Урожай пшеницы, т/га (влажность зерна – 8 %)						Прибавка урожая	
	1	2	3	4	5	Средний	t/ha %	Достоверность разницы, %
Контроль	3,8	3,7	3,6	3,9	4,0	3,8	-	-
Внесение в почву 1-го урожая вики	6,3	6,2	6,4	6,1	5,9	6,2	2,4 63	99,0
Внесение в почву 2-х урожаев вики	7,0	7,2	6,8	7,3	7,1	7,0	3,2 84	99,0

Таблица 3

**Изменение параметров* свойств горизонтов чернозема выщелоченного
под влиянием внесения в почву вики как зеленое удобрение**

Горизонт и глубина, см	Вариант: контроль (исходные данные)		вариант 1. С внесением 1-го урожая вики		вариант 2. С внесением 2-ух урожаев вики	
	Значе- ние	Оценка	Значение	Показатель	Значение	Показатель
<i>Равновесная плотность сложения, г/см³</i>						
Ahp10–12	1,24	рыхлый	1,21	рыхлый	1,16	оч. рыхлый
Ahp2 10–20	1,42	плотный	1,42	плотный	1,34	сл. уплотн.
Ahp3 20–35	1,53	оч. плотный	1,52	оч. плоный	1,51	оч. плотный
Ah 35–50	1,43	плотный	1,42	плотный	1,43	плотный
<i>Равновесная общая пористость, %</i>						
Ahp1 0–12	52,3	высокая	53,5	высокая	55,4	оч. высокая
Ahp1 10–20	45,6	средняя	45,6	средний	48,7	средняя
Ahp2 20–35	41,8	низкая	42,2	низкая	42,6	низкая
Ah 35–50	46,0	средний	46,4	средний	46,0	средняя

Горизонт и глубина, см	Вариант: контроль (исходные данные)		вариант 1. С внесением 1-го урожая вики		вариант 2. С внесением 2-ух урожаев вики	
	Значение	Оценка	Значение	Показатель	Значение	Показатель
<i>Сопротивление пенетрации, кг/см²</i>						
Ahp1 0–12	13	низкое	11	низкое	9	оч. низкое
Ahp1 10–20	21	высокий	20	высокое	15	низкое
Ahp2 20–35	26	оч. высокое	26	оч. высокое	24	высокое
Ah 35–50	20	высокое	21	высокое	21	высокое
<i>Содержание гумуса, %</i>						
Ahp1 0–12	3,47	средне-гумусный	3,59	средне-гумусный	3,67	средне-гумусный
Ahp1 10–20	3,33	средне-гумусный	3,30	средне-гумусный	3,37	средне-гумусный
Ahp2 20–35	3,07	средне-гумусный	3,08	средне-гумусный	3,05	средне-гумусный
Ah 35–50	2,75	мало-гумусный	2,71	мало-гумусный	2,76	мало-гумусный

Примечание. * Для оценки качества исследуемых почв использовались критерии, разработанные Canarache [1], Florea et al. [5].

Плодородие почвы тесно связано с ее структурным состоянием. Формированию структуры в значительной степени способствует внесение органических удобрений, но также и другие, не менее важные факторы. В процессе выращивания культурных растений структура почвы подвергается двум противоположным явлениям: разрушению и восстановлению. В зависимости от характеристик применяемой техники может преобладать одно из этих явлений. Восстановить структуру почвы можно систематическим внесением органических удобрений (навоз, сидератов), посевом, соблюдением севооборотов, правильным выполнением агротехнических мероприятий.

Проведенные нами опыты показывают, что почва восстанавливала свои свойства при системном внесении в почву зеленых удобрений. Качество структуры (сухое просеивание) и ее водоустойчивость (мокрое просеивание) оцениваются как *хорошие* по сравнению с такими же значениями на контрольном варианте. Согласно исследованиям, тенденции положительного изменения качества структуры наблюдались для слоя почвы 0–12 см, сформированного путем дискования и смешивания искусственных структурных элементов этого слоя с органическими остатками двух зеленых масс вики.

Неотъемлемой характеристикой физического состояния пахотного слоя почвы является величина его плотности. Данные опыта подтверждают оптимальные величины плотности для роста сельскохозяйственных культур в слое 0–12 см после внесения в почву зеленой массы вики. Значения показателей сопротивления проникновению исследуемых слоев почв коррелируют со значениями плотности почв и являются оптимальными для рыхлых слоев и высокими для уплотненных нижележащих слоев.

Слой почвы 0–12 см в результате заделки двух урожаев зеленой массы вики характеризуется увеличением содержания лабильного органического вещества примерно на 0,20 % по сравнению с его содержанием в почве на контрольном варианте. Положительное изменение содержания органического вещества на 0,20 % не означает, что это полноценный гумус, но это лабильное органическое вещество, которое легко минерализуется в результате активации микробиологических процессов, протекающих в почве.

Стратегической задачей остается восстановление содержания подвижного фосфора в пахотных почвах, сокращение запасов которого в пахотном слое становится катастрофическим. Использование зеленой массы вики в качестве органического удобрения решает проблему азота в почве, но не фосфора. Данные исследований подтверждают, что внесение в почву зеленой массы вики, решая проблему азота, не приводят к массовому увеличению содержания нитратного азота в почве, что является положительным фактом с экологической точки зрения.

Основным критерием оценки изменений качества почвы является реакция сельскохозяйственных культур на эти изменения, которая выражается через состояние посевов, уровня урожая последующих посевных культур. Средняя урожайность на контрольном варианте составила 3,8 т/га озимой пшеницы. По варианту с внесением одного урожая зеленой массы вики в почву путем дискования, урожай озимой пшеницы составил 6,2 т/га; на участке внесения в почву двух урожаев зеленой массы вики – 7,0 т/га, прибавка урожая пшеницы составила 3,2 т/га. Систематическое внесение в деградированном пахотном слое почвы зеленой массы вики приводит к восстановлению его физических и химических свойств, увеличению урожайности культур и создает предпосылки для успешного внедрения системы консервативного земледелия.

Почва представляет собой органоминеральную систему, которая может обеспечить высокую производительность с/х производства только при наличии в ней постоянного притока свежего органического вещества. Создание сбалансированного или положительного баланса органических веществ в почве является основным условием для поддержания ее долгосрочного плодородия и предотвращения деградации пахотного слоя из-за дегумификации, деструктуризации и чрезмерного вторичного уплотнения. Достичь этого можно только постоянным внесением в почву органических удобрений-навоза или зеленых удобрений.

Выводы

Исследования, проведенные на черноземе выщелоченном, показали возможность восстановления качества пахотных почв фитомелоративными методами в сочетании с агротехническими, приводящими к формированию в почве положительного баланса гумуса и остановки процессов деградации пахотного слоя. В ситуации, сложившейся в сельском хозяйстве Молдовы, использование зеленых удобрений – един-

ственная возможность восстановить и сохранить в долгосрочной перспективе плодородие пахотных черноземов.

Системное восстановление содержания гумуса и структуры пахотного слоя черноземов возможно только путем использования в качестве органического удобрения зеленой массы озимой и яровой вики или гороха в качестве промежуточной культуры или в 5-польном севообороте, одно поле которого используется как занятый пар. Это позволяет внести в почву два урожая зеленой массы вики (озимой и яровой) за один сельскохозяйственный год.

Структура 5-польного севооборота может быть следующей: занятый пар под озимой и яровой викой → озимая пшеница → рапс → ячмень озимый → подсолнечник. Посредством систематического использования зеленых удобрений в сочетании с фосфорными и частично калийными можно постепенно восстановить физические, химические и биологические свойства почв и увеличить их производственную способность.

Список литературы

1. Canarache, A. Fizica solurilor agricole / A. Canarache. – București: Cereș, 1990. – 268 p.
2. Cerbari, V. Agricultura verde – șansă de salvare a cernoziomurilor Moldovei de degradare / V. Cerbari // Agricultura Moldovei. – 2015. – № 9–10. – P. 13–19.
3. Florea, N. și al. Metodologia elaborării studiilor pedologice: Partea III-a / N. Florea, V. Bălă-ceanu, A. Canarache. – București, 1987. – 226 p.
4. Jigău, Gh. Cadrul agrofizic de asigurare a sistemelor agricole adaptiv – landșaftice în scopul diminuării riscurilor pedoclimatice / Gh. Jigău // Mater. confer. «Integrare prin cercetare și inovare» (10–11 noiembrie 2015). – Ch.: CEP USM. – P. 21–24.
5. Leah, C. Proprietățile morfologice comparative ale cernoziomului cambic înțelenit și arabil / C. Leah // Академику Л.С.Бергу – 140 лет: Сборник научных статей. – Бендеры: Eco-TIRAS, (Tipog. Elan Poligraf), 2016. – P. 604–608.
6. Leah, T. Grasslands of Moldova: quality status, vulnerability to anthropogenic factors and adaptation measures / T. Leah // Scientific Papers. Agronomy. – Bucuresti. 2016. – Vol. LIX. – P. 100–105.
7. Leah, T. Cover Crops – key to storing organic matter and remediation of degraded properties of soils in the Republic of Moldova / T. Leah, V. Cerbari // Scientific Papers. Agronomy. – Bucuresti. – 2015. – Vol. LVIII. – P.73–76.
8. Wiesmeier, M. Remediation of degraded arable steppe soils in Moldova using vetch as green manure/ M. Wiesmeier [etc.] // Solid Earth. – 2015. – №. 6. – P. 609–620.

ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ АДАПТИВНО-ЛАНДШАФТНОГО И ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В АГРОЛАНДШАФТАХ БЕЛАРУСИ

Червань А. Н.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Разнообразие географических условий Беларуси, различия между северной, центральной и южной почвенно-экологическими провинциями требуют дифференцированного подхода к учету и оценке современного состояния, и сельскохозяйственному использованию почвенно-земельных ресурсов. Актуальная для Беларуси проблема деградации почвенных (земельных) ресурсов вызывает изменение функций почв, количественное и качественное ухудшение их состава, свойств и режимов, а, следовательно, снижает природно-хозяйственную значимость земель. Адаптивно-ландшафтное земледелие в первую очередь целесообразно в эрозионных и заболоченных агроландшафтах, которые в ряде почвенно-экологических районов республики занимают 50–70 % территории. Задача перехода на современные инновационные технологии может быть реализована только на основе адаптивной интенсификации, повышения плодородия и производительной способности почвенно-земельных ресурсов.

Территориальное планирование является консенсуальным решением многофункционального землепользования на основе анализа противоречий между экологическими, экономическими, социальными, технологическими условиями и интересами землепользователей. На основании многочисленных исследований области пригодности почв для возделывания различных сельскохозяйственных культур, организации территории в условиях проявления водной и ветровой эрозии почв, а также типизации и экологического районирования почвенного покрова, в лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии Института почвоведения и агрохимии разработана методика автоматизированного формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия с применением геоинформационных технологий. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия в границах закономерно организованных единиц территориального планирования (почвенных комбинаций) позволяют достичь гармонизации интенсификации и экологизации земледелия, то есть обеспечить адаптивную интенсификацию в агроландшафтах. В мировой практике планирования адаптивно-ландшафтного земледелия задачи оптимизации агротехнологий в аспекте соотношения с уровнем природного потенциала почвенно-земельных ресурсов имеют решающее значение.

Типовое проектирование систем адаптивно-ландшафтного земледелия в сельскохозяйственных организациях и районах Беларуси возможно на основе структурно-функционального анализа агроландшафтов и оценки

их почвенно-ресурсного потенциала. Инвентаризация почвенно-земельных ресурсов заключатся в выделении закономерно организованных почвенных комбинаций, содержащих информацию о природных особенностях территории, которая может рассматриваться в качестве типа земель, то есть природной (ландшафтной) системы, обладающей единством признаков и свойств, определяющих ресурсный потенциал.

Успех агротехнологий производства рентабельной и конкурентоспособной продукции зависит от пространственной адаптации к реальным почвенно-экологическим условиям, типовой анализ которых возможен при использовании предлагаемого геосистемного подхода к анализу структуры почвенного покрова. Поскольку основными факторами, влияющими на формирование структуры почвенного покрова, являются мезорельеф и литолого-геоморфологические условия, то в геоинформационной базе почвенных комбинаций целесообразно учитывать материалы дистанционного зондирования.

В Беларуси наиболее остро стоит проблема хозяйственной деятельности в эрозионных и заболоченных агроландшафтах. Недооценка информационно-насыщенного почвенно-ресурсного потенциала здесь предельно увеличивает риск проявления ускоренной деградации почв и приводит к невозможности достижения экологического равновесия в перспективе. Параметрами оценки агроэкологической составляющей потенциала в соответствии со степенью выраженности негативного влияния является: исходный балл почв; эродированность почв; заболоченность почв; степень неоднородности почвенного покрова. Для получения сопоставимых данных по критериям оценки агроэкологической составляющей почвенно-ресурсного потенциала земель используются система оценочных баллов. Агрохозяйственная оценка потенциала почвенно-земельных ресурсов проводится по степени окультуренности почв (индекс окультуренности) и величине общего балла кадастровой оценки земель.

При территориальном планировании адаптивно-ландшафтный подход к организации использования земель позволяет не только сформировать оптимальные агротехнологии исходя из ресурсного потенциала, но и главное – определить границы их наиболее эффективного применения в сельскохозяйственных организациях Беларуси. В границах почвенных комбинаций автоматизированное формирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия позволяет соотнести типизацию почвенно-земельных ресурсов и эффективные для данного ресурсного потенциала агротехнологии.

Практически вся информация о почвенном покрове в любом масштабе (провинция, почвенно-экологический район, агроландшафт) имеет пространственную привязку. Поэтому при инвентаризации СПП и оценки потенциала почвенно-земельных ресурсов целесообразно использовать геоинформационные системы. Требование большой серии взаимосвязанных тематических карт при исследовании почвенных комбинаций делает необходимым использование баз данных. Применение ГИС-технологий и спут-

никовых данных обеспечивает в границах почвенных комбинаций не только системный учет огромного массива почвенных данных для оптимизации размеров и конфигурации производственных участков, но и повышает наукоемкость агротехнологий, разрабатываемых на такой картографической основе. Использование современных ГИС (ArcInfo, open-source приложения, ENVI) позволяет сохранить пространственную точность результатов на всех этапах исследования и подготовить землепользователям картографическую основу оптимизации систем земледелия с перечнем и дифференциацией агротехнологий разного уровня интенсификации в регламентированных сценариях территориального планирования агроландшафтов. Для учета орографических и гипсометрических особенностей местности на основе гипсометрических карт при помощи модулей ArcGIS Spatial Analyst и 3D Analyst в базах данных СПП создается цифровая модель рельефа. В ходе экспертной идентификации почвенных комбинаций вначале применяется метод зональной статистики при переклассификации поверхностей абсолютных высот и уклонов рельефа, затем карта СПП драпируется поочередно слоями условий землепользования. Определение структурных параметров почвенных комбинаций, коэффициентов расчлененности, контрастности и неоднородности почвенного покрова выполняется статистико-картометрическими методами для ключевых участков типов земель в базе данных структуры почвенного покрова на основе почвенных карт в векторном формате.

Формирование адаптивно-ландшафтных, а затем точных систем земледелия на основе агроэкологической оценки почвенно-земельных ресурсов в программной среде ГИС поэтапно представлен следующим образом:

1. Разработка структуры геореляционной базы данных в программной среде ГИС. Формирование единой пространственной привязки классов данных.

2. Идентификация границ основных единиц (районов, округов, провинций) почвенно-экологического районирования республики.

3. Подбор типовых сельскохозяйственных предприятий в каждом почвенно-экологическом округе республики.

4. Создание слоев пространственных данных в базовых агроландшафтах:

4.1. Заполнение соответствующих факторов землепользования в атрибутивных таблицах:

- естественных условий местности;
- детерминирующих факторов по видам хозяйственной деятельности;
- видов районирования естественных ресурсов (климатических, почвенных, геоботанических, гидрографических, иных);
- геосистемной инвентаризации структуры почвенного покрова с формулами почвенных комбинаций.

4.2. Использование методов семантической и геометрической генерализации пространственных объектов в базе данных.

4.3. Разработка в геоинформационной среде доменов, определяющих цифровое описание:

- кодов почвенных разновидностей;
- кодов степени увлажнения и эродированности почв;
- типов и видов земель, заболоченных участков, геоботанических условий в агроландшафте.

5. Формирование слоев по факторам землепользования и проверка топологической корректности их взаимного расположения с помощью встроенных модулей геообработки данных устойчивости почв.

6. Разработка скриптов для автоматизированного анализа атрибутивных данных пространственных слоев.

7. Автоматизированная агротехнологическая группировка почв – установление объективных показателей производительной способности почв. Сочетание кадастровой оценки и типологии земель на основе почвенно-экологического микрорайонирования:

7.1. Формирование в базе данных границ землепользования (земельные и рабочие участки).

7.2. Формирование классов данных границ мониторинга и обследования почв (элементарные участки, почвенные ареалы).

7.3. Пространственная привязка растровых планово-картографических материалов, например, картосхем агрохимического обследования земель.

7.4. Учет лимитирующих факторов землепользования: эродированности (дефлированности), завалуненности, окультуренности, мелкоконтурности и других.

7.5. Расчет баллов агротехнологической оценки по основным в республике сельскохозяйственным культурам с известным значением бонитета почв.

7.6. Группировка рабочих участков в базовых агроландшафтах по целесообразности возделывания сельскохозяйственных культур.

8. Геосистемная оценка почвенно-ресурсного потенциала в агроландшафтах.

8.1. Картометрический анализ структуры почвенного покрова агроландшафта в ранге микрокомбинаций с применением данных дистанционного зондирования земли для определения актуальных границ геосистем. Определение меры естественной неоднородности по коэффициентам контрастности и расчлененности почвенного покрова.

8.2. Пространственное пересечение слоев почвенных комбинаций, рабочих участков и видов фактического использования земель с применением средств генерализации по номерам рабочих участков.

8.3. Формирование поправочных коэффициентов на неоднородность структуры почвенного покрова дифференцированно по группам возделываемых культур. Должен соблюдаться принцип площадного доминирования определенного класса неоднородности в границах каждого оцениваемого рабочего участка.

8.4. Качественный учет буферности и самовосстановления почвенных комбинаций по критериям экологической емкости почв.

8.5. Расчет снижения бонитета почв по геосистемным условиям в границах рабочих участков агроландшафтов.

8.6. Группировка рабочих участков по целесообразности возделывания сельскохозяйственных культур.

9. Автоматизированное проектирование севооборотов с определением суммарных площадей из числа наиболее перспективных в границах обрабатываемых участков. Пространственное сочетание результатов агротехнологической и геосистемной оценок с учетом типа базового агроландшафта: типичного, эрозионноопасного, гидротехнически мелиорируемого, радиоактивно загрязненного.

10. Формирование системы земледелия в базовом агроландшафте с расчетными показателями целесообразных севооборотов и возделываемых культур.

11. Дифференциация адаптивно-ландшафтных систем земледелия в почвенно-экологических районах (округах) республики исходя из соотношения типов агроландшафтов.

Использование ГИС, а именно баз данных структуры почвенного покрова, автоматизирует процесс идентификации типов земель и оценки их почвенно-ресурсного потенциала с составлением карт СПП, а также позволяет получать вторичный картографо-статистический материал, использующийся при корректировке результатов геопространственного и картометрического анализов.

Рассмотренные принципы, технологические этапы и приемы учета и анализа данных о состоянии почвенно-земельных ресурсов в автоматизированном проектировании элементов систем адаптивно-ландшафтного и точного земледелия определяют экологически обоснованное увеличение интенсивности ведения сельскохозяйственного производства в республике.

УДК 631.45:938.6

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ В АГРОЛАНДШАФТЕ

Чуян О. Г., Караулова Л. Н.

*Курский ФАНЦ – ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии,
г. Курск, Россия*

Выявление закономерностей формирования и изменения совокупности параметров, определяющих агрономические качества почв, является основой разработки долговременных и эффективных приемов контроля за состоянием почвенных ресурсов, а также совершенствования критериев регулирования баланса биогенных элементов в агроценозах. Различия гидротермических условий на склонах обуславливает значительную неодно-

родность свойств почв для территорий со сложным рельефом, к которым относятся практически все области ЦЧР. Согласно В. А. Ковде, баланс веществ при почвообразовании является основным суммарным объектом эволюции почв.

Общей закономерностью является возрастание степени разрушения или преобразования минералов различных групп устойчивости при повышении температуры и количества осадков [1–5].

Цель исследований заключалась в количественной оценке влияния рельефа и агротехнических факторов на формирование состава и свойств черноземных почв ЦЧР РФ.

Материалы и методы. Анализ свойств почвы в зависимости от местоположения в рельефе проводили на опытных участках ФБГНУ «Курский ФАНЦ» ВНИИЗиЗПЭ (Медвенский район, Курской области) в 2011–2019 гг. Почва – чернозем типичный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, залегающий на разных элементах рельефа: водораздельном плато и склонах СЗ (4,6°) и ЮВ (5,4°) экспозиций.

Среднемноголетнее количество годовых осадков (1985–2019 гг.) варьировало от 422 мм до 752 мм, а гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова составил в среднем 1,12 (0,48...1,81, 24 %). Почвенные свойства определяли: гумус – по Тюрину (ГОСТ 26213-91); рН – в 1,0 н КСl вытяжке (ГОСТ 26483-85); гидролитическая кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-84); сумма поглощенных оснований – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88); подвижный калий и фосфор – по Чирикову (ГОСТ 26204-84). Валовый состав почв оценен рентгенофлуоресцентным спектрометром EDX-800HS «Shimadzu». Эколого-генетическая оценка состава почв проведена по содержанию окислов элементов (Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Ti, Mn, P) и их молекулярным отношениям [6]. В исследовании использованы методы корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализа.

Анализ свойств чернозема типичного, залегающего на территориально сопряженных элементах рельефа выявил значительные различия как в элементном, так и вещественном его составе (табл. 1).

Выявлено, что значения молекулярных отношений окиси кремния к содержанию полутораокисей ($\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$) снижаются в направлении от северного склона к водораздельному плато и южному склону, с ростом глубины горизонта в профиле почв, а также при длительном внесении минеральных удобрений. Степень влияния этих факторов оценивается соответственно в 35, 26, и 7 % (рис. 1). На 78 % такие изменения связаны с перераспределением в профиле окислов кремния и алюминия (по степени их накопления и выноса). Условия более влажного северного склона способствуют большей элювиально-иллювиальной дифференциации почвенного профиля, а влияние минеральных удобрений приводит к аналогичному состоянию и почвы водораздельного плато (рис. 2). Наибольший вклад в варьирование показателя дифференциации профиля вносит глубина горизонта – 37 % и экспозиция склона – 28 %.

Таблица 1

**Химический состав чернозема типичного на разных элементах рельефа
(без внесения удобрений)**

Глубина, см	Гумус, %	pH _{KCL}	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Валовой состав на абсолютно сухую почву, %						
			мг-экв/100г	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Северный склон										
0–20	5,15	5,4	24,3	71,57	13,31	5,824	1,927	1,221	3,617	0,499
20–40	4,39	5,8	23,9	71,24	13,68	5,765	1,971	1,315	3,406	0,531
40–60	3,45	6,0	23,9	71,00	13,92	5,905	1,866	1,34	3,568	0,579
60–80	2,74	7,2	22,7	69,51	13,76	6,514	2,657	1,369	3,54	0,553
80–100	2,45	7,5	21,9	65,18	13,14	6,867	7,152	1,417	3,493	0,501
Водораздельное плато										
0–20	5,42	5,8	25,5	70,17	13,25	6,856	2,063	1,282	3,507	0,614
20–40	4,91	6	24,7	70,91	13,62	5,794	2,129	1,404	3,630	0,472
40–60	4,01	6,8	24,6	70,87	13,55	5,759	2,149	1,372	3,689	0,531
60–80	3,49	7,3	23,9	69,93	13,44	5,664	3,340	1,406	3,741	0,601
80–100	2,99	7,5	23,1	65,02	12,71	5,767	9,158	1,471	3,388	0,562
Южный склон										
0–20	4,94	7,2	28,4	68,96	13,63	5,981	3,585	1,458	3,699	0,587
20–40	4,13	7,3	28,0	67,73	13,32	5,934	5,319	1,399	3,611	0,549
40–60	3,31	7,4	26,0	65,94	13,10	5,968	7,308	1,432	3,57	0,565
60–80	2,72	7,5	22,7	65,33	12,97	5,814	8,416	1,496	3,415	0,484
80–100	2,46	7,6	21,5	63,81	13,00	5,95	9,747	1,584	3,392	0,505

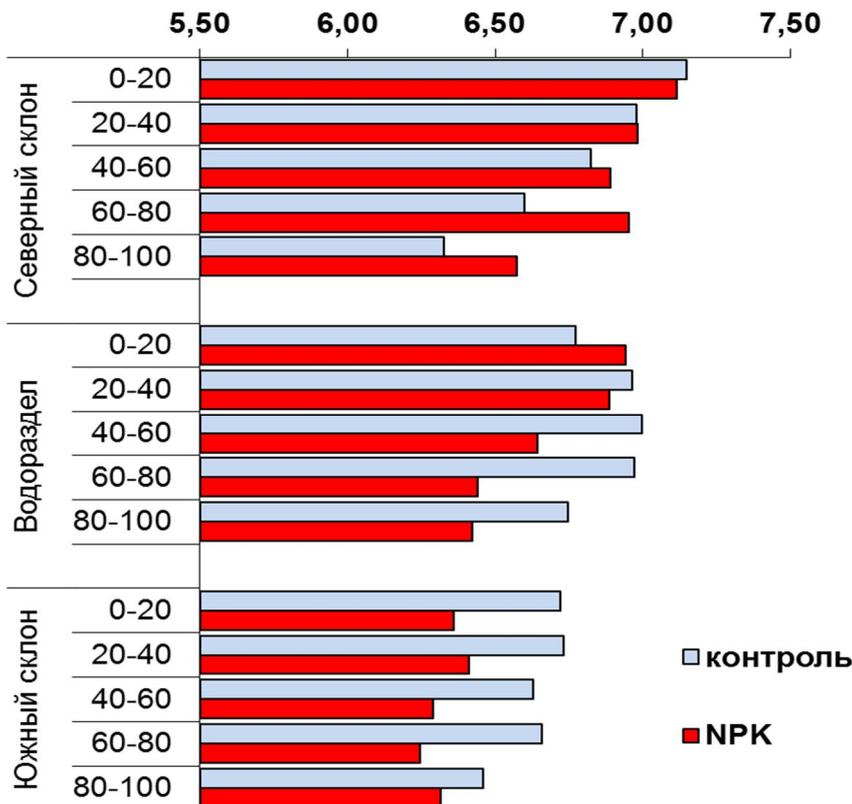


Рис. 1. Значения молекулярных отношений окиси кремния к содержанию полтораокисей (SiO₂ : R₂O₃) по элементам рельефа

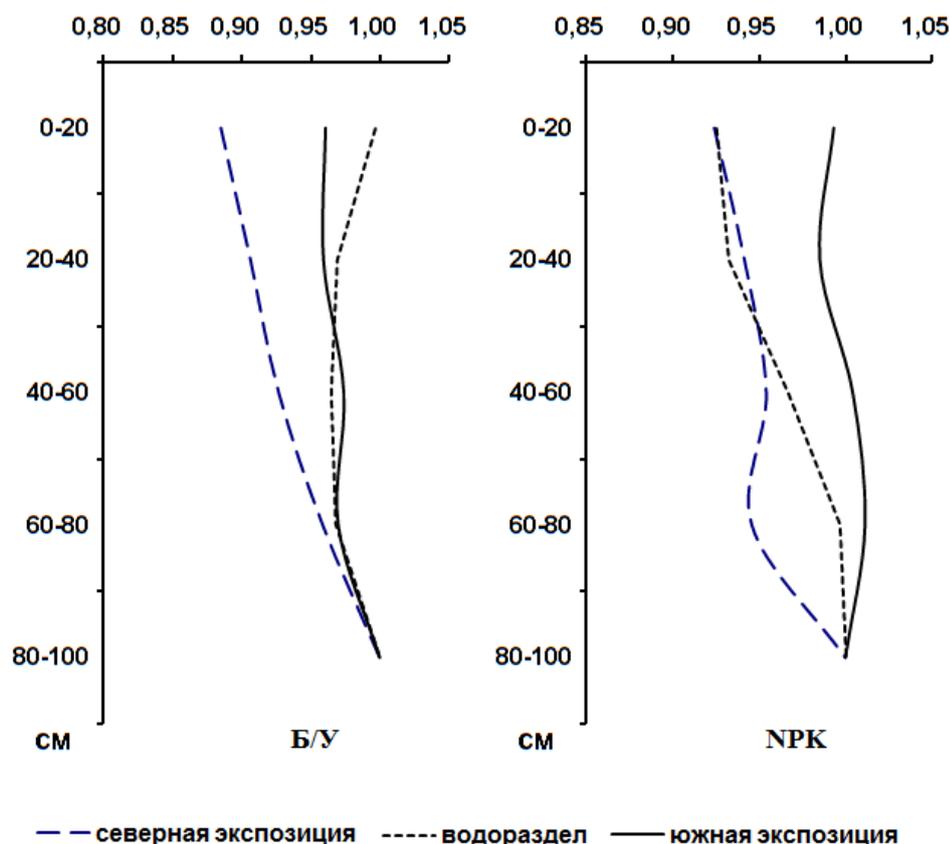


Рис. 2. Коэффициент элювиально-иллювиальной миграции в профиле чернозема типичного на разных элементах рельефа ($\text{SiO}_2: \text{R}_2\text{O}_3$ в породе к $\text{SiO}_2: \text{R}_2\text{O}_3$ в горизонте)

Для всех территориальных условий соответствует слабая степень элювиирования полуторных окислов, характерная для черноземов. По степени влияния на показатель элювиально-иллювиальной дифференциации почвенного профиля основные скелетные окислы можно расположить в следующий иерархический ряд: $\text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3$. Следует отметить абсолютный и относительный рост содержания окиси кремния в направлении от южной к северной экспозиции, а также до 10–15 % потери окиси железа на северной экспозиции.

Наиболее чувствительными к гидротермическому режиму являются абсолютное и относительное содержание щелочных и щелочноземельных элементов (рис. 3). Варьирование содержания окислов кальция и магния в профиле почв зависит от экспозиции – 33 и 46 %, а также глубины горизонтов – 58 и 44 % соответственно. Степень выщелоченности профилей почв на 45 % связана с глубиной горизонта и на 25 % с экспозицией, возрастая от склона южной экспозиции к водоразделу и склону северной экспозиции. Накопление окислов кальция и магния в продуктах выветривания начинается с глубины 40, 60 и 80 см соответственно. Влияние удобрений способствует изменению типа распределения окислов щелочноземельных элементов к типичному элювиально-иллювиальному.

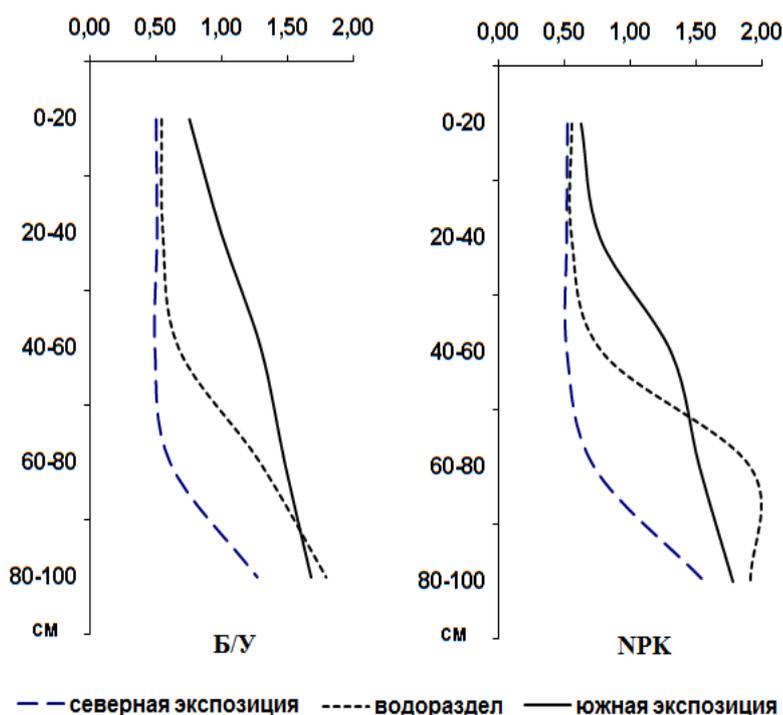


Рис. 3. Потери и накопление щёлочноземельных элементов в продуктах выветривания $(CaO + MgO) / Al_2O_3$

Степень выноса CaO в 0–20 см и 20–40 см слоях почвы возрастает от применения удобрений на 5,1 % на склоне северной экспозиции, 3,6 % на водораздельном плато и 14,4 % – на склоне южной экспозиции. На данном объекте от минеральных удобрений установлены потери $CaCO_3$ из пахотного слоя за 32-летний период величиной 10,2–10,4 т/га или 1,2 кг $CaCO_3$ на 1 кг НРК/га [7]. Таким образом, в условиях периодически промывного водного режима складывается отрицательный баланс оснований. В наибольшей мере это характерно для теневых склонов северных ориентаций.

Валовый состав почв лежит в основе формирования агрономически важных свойств почв. Для верхнего 0–20 см слоя почвы величина pH_{KCl} прямо и тесно сопряжена с валовым содержанием суммы окислов щёлочноземельных $(CaO + MgO)$ элементов почвы ($R = 0,905$). Соответственно, в условиях северного склона величина pH почвы на 0,4 ед. ниже, а на южном склоне на 1,4 ед. выше, чем в условиях водораздельного плато. Выщелачивающее действие минеральных удобрений (225 кг д.в./га год) в наибольшей мере проявляется в снижении pH на водораздельном плато – 0,29 и склоне северной экспозиции – 0,12 ед.

Наибольшие запасы гумуса в слое 0–100 см отмечены на водораздельном плато – 495–525 т/га, а на северном и южном склонах – 441–491 и 429–442 т/га – соответственно.

Содержание обменно-поглощенных оснований $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ (мг-экв/100 г) в профилях почв зависит от емкости катионного обмена, связанной с содержанием органического вещества (Γ , %) и кислотности почв (pH_{KCl}):

$$Y = 0,478 + 2,55 \cdot \Gamma + 2,08 \cdot pH, \quad F = 44,7, \quad R^2 = 0,768, \quad P < 10^{-4}$$

Содержание (мг/100г) подвижного фосфора зависит от содержания органического вещества (Г, %) и структуры минеральных фосфатов:

$$Y = 5,63 + 0,059 \cdot \text{EXP}(Г) - 0,641 \cdot (\text{CaO}/\text{MgO}), \quad F = 78,7, R^2 = 0,853, P < 10^{-4}$$

Содержание (мг/100 г) обменного калия также прямо зависят от содержания гумуса (Г, %) и снижается с ростом молекулярных отношений окиси кремния к полутораокисям, то есть, связано с минералогическим составом и типом глинистых минералов:

$$Y = 34,66 + 3,73 \cdot Г - 6,31 \cdot (\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3), \quad F = 6,77, R^2 = 0,601, P = 0,0161$$

Выводы. Различия гидротермических условий в склоновом рельефе определяют различную направленность и интенсивность миграционных и химических процессов, валовый химический состав почв, что является основой их неоднородности по содержанию органического вещества, физико-химическим свойствам и обеспеченности элементами питания. В процессе сельскохозяйственного использования природные факторы и режимы почвообразования изменяются под влиянием агротехнических воздействий, оставаясь, вместе с тем, доминирующими.

Список литературы

1. Толстой, М. П. Геология с основами минералогии и петрографии / М. П. Толстой. – М.: Высшая школа, 1968. – С. 171–178.
2. Парфенова, Е. И. Минералогические исследования в почвоведении / Е. И. Парфенова, Е. А. Ярилова. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 206 с.
3. Антипов-Каратаев, И. Н. О роли материнской породы в почвообразовании. / И. Н. Антипов-Каратаев, И. Г. Цюрупа // Исследования в области генезиса почв. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 5–52.
4. Добровольский, В. В. География почв / В. В. Добровольский. – М.: Просвещение, 1968 – С. 23–54.
5. Глазовская, М. Л. Общее почвоведение и география почв / М. Л. Глазовская. – М.: Высшая школа, 1981. – 400 с.
6. Вальков, В. Ф. Методы оценки валового состава почв в генетических исследованиях. Методические указания к научно-исследовательской работе по почвоведению / В. Ф. Вальков, В. С. Крыщенко. – Ростов на Дону: изд-во РГУ, 1983. – 22 с.
7. Чуян, О. Г. К вопросу оценки динамики кислотности пахотных почв / О. Г. Чуян // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 12. – С. 5 – 9.

КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ

**Шибут Л. И., Азарёнок Т. Н., Цыбулько Н. Н., Матыченкова О. В.,
Матыченков Д. В., Дыдышко С. В.**

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

Одной из важнейших характеристик почвенно-ресурсного потенциала сельскохозяйственных земель Беларуси является их оценка, которая периодически проводится в республике. К настоящему времени в Беларуси проведено пять туров оценки сельскохозяйственных земель: три тура качественной оценки (бонитировки) и два тура кадастровой оценки. Последний тур кадастровой оценки сельскохозяйственных земель в Беларуси был проведен в 2009–2016 гг. Основными показателями, характеризующими качество земель, которые определялись в этом туре оценки, являлись: общий балл кадастровой оценки, балл плодородия почв, нормативный чистый доход, дифференциальный доход, кадастровая стоимость земель. Они были установлены по всем видам земель (пахотные, под постоянными культурами, луговые улучшенные, луговые естественные и в среднем все сельскохозяйственные земли) для всех хозяйств, районов, областей и республики в целом.

Из всех этих показателей наиболее важным и значимым является **балл плодородия почв**, который дает возможность оценить производственный потенциал земельных ресурсов в соизмеримых единицах (баллах). Он может применяться самостоятельно для решения различных задач в сфере сельскохозяйственного производства (оптимизации размещения посевов с учетом качества земель, совершенствования специализации сельскохозяйственных организаций и структуры посевных площадей в них, прогнозирования урожайности культур, анализа окупаемости удобрений и др.), а также используется для расчета других показателей. Балл плодородия почв с учетом корректировки материалов кадастровой оценки, проведенной в 2017–2019 гг. по видам сельскохозяйственных земель в разрезе областей и по республике в целом приведен в таблице 1.

Таблица 1

Балл плодородия почв по видам сельскохозяйственных земель*

Области	Пахотные и под постоянными культурами	Улучшенные луговые	Естественные луговые	Всего сельскохозяйственные
Брестская	31,8	31,1	16,6	30,5
Витебская	28,4	27,2	12,4	26,2
Гомельская	28,5	28,6	14,6	27,1
Гродненская	35,5	30,3	14,9	32,8
Минская	33,4	29,8	13,9	31,3
Могилевская	31,5	29,0	14,3	28,6
Беларусь	32	29	14	29

Примечание. *С учетом корректировки 2017–2019 гг.

По пахотным землям, как основному виду сельскохозяйственных, которые занимают 67,5 % от их общей площади, среди областей максимальным баллом оценены пахотные земли Гродненской области – 35,5 балла, затем идет Минская область (33,4 балла), Брестская (31,8 балла) и Могилевская (31,5). Самый низкий балл имеют Витебская (28,4 балла) и Гомельская (28,5 балла) области. По административным районам наблюдаются еще большие колебания по баллу плодородия почв. Максимальный балл плодородия почв по пахотным землям имеет Несвижский район (43,9 балла), минимальный – Городокский (22,5 балла). Наглядное представление о качестве пахотных земель в масштабе всей республики дает картограмма «Балл плодородия почв пахотных земель по районам» (рис. 1).

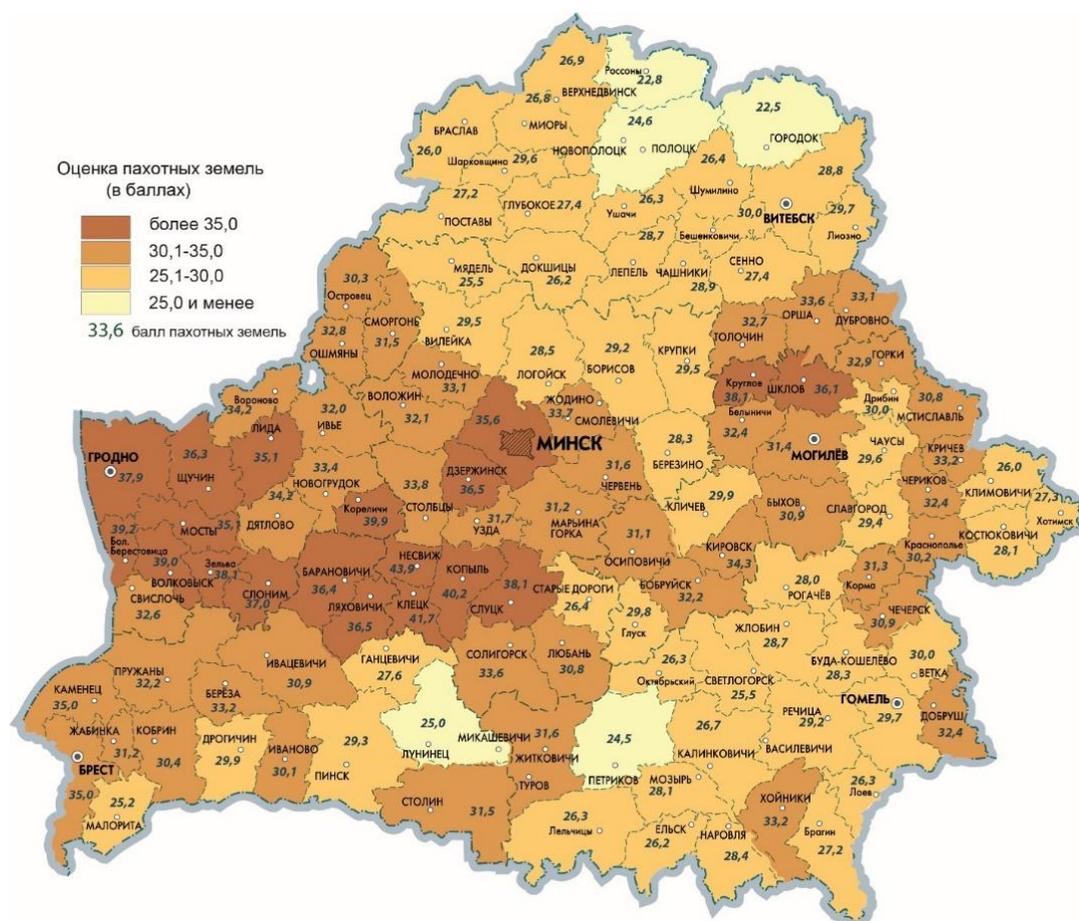


Рис. 1. Балл плодородия почв пахотных земель по районам

Картограмма, а также группировка районов по баллу плодородия почв (табл. 2) показывают, что высокую оценку (более 35 баллов) имеют 19 районов республики, из них 9 районов расположено в Гродненской области (Берестовицкий, Волковысский, Гродненский, Зельвенский, Кореличский, Лидский, Мостовский, Слонимский, Щучинский) и 6 в Минской (Дзержинский, Клецкий, Копыльский, Минский, Несвижский, Слуцкий). В Брестской и Могилевской областях по 2 таких района (Барановичский, Ляховичский и Круглянский, Шкловский), а в Витебской и Гомельской областях нет районов с баллом плодородия более 35.

Таблица 2

Группировка районов по баллам плодородия почв пахотных земель

Области	Средний балл по области	Распределение районов по баллу плодородия почв					Колебания баллов по районам (мин.-макс.)
		всего районов	в том числе по баллам				
			< 25,0	25,1–30,0	30,1–35,0	> 35,0	
Брестская	31,8	16	1	4	9	2	25,0–36,5
Витебская	28,4	21	3	15	3	–	22,5–33,6
Гомельская	28,5	21	1	15	5	–	24,5–33,2
Гродненская	35,5	17	–	–	8	9	30,3–39,9
Минская	33,4	22	–	7	9	6	25,5–43,9
Могилевская	31,5	21	–	8	11	2	26,0–38,1
Беларусь	32	118	5	49	45	19	22,5–43,9

Большинство районов республики относится к группе со средней оценкой (30,1–35,0 баллов) – 45 районов и к группе с низкой оценкой (25,1–30,0 баллов) – 49 районов. Очень низкую оценку (25 баллов и меньше) имеют 5 районов республики, три из них расположены в Витебской области (Городокский, Полоцкий, Россонский,) и по одному в Брестской (Лунинецкий) Гомельской (Петриковский). Важное значение для создания кормовой базы животноводства имеют также **луговые земли** и в первую очередь улучшенные луговые, которые в настоящее время занимают 23,1 % общей площади сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств. Плодородие этих земель по областям и в целом по республике показано в таблице 3 и на картограмме (рис. 2). По улучшенным луговым землям самым высоким баллом оценены земли Брестской области (31,1 балла). Затем идут Гродненская (30,3 балла), Минская (29,8 балла), Могилевская (29,0 балла) и Гомельская (28,6 балла) области. Минимальным баллом оценены улучшенные луговые земли Витебской области (27,2 балла). Максимальный балл Брестской области объясняется тем, что здесь в составе улучшенных луговых земель преобладают дерновые заболоченные и торфяные почвы, которые под луговые земли оцениваются более высоким баллом, чем дерново-подзолистые заболоченные почвы, преобладающие в других областях в составе луговых земель.

Таблица 3

Группировка районов по баллам плодородия почв улучшенных луговых земель

Области	Средний балл по области	Распределение районов по баллу плодородия почв					Колебания баллов по районам (мин.-макс.)
		всего районов	в том числе по баллам				
			< 25,0	25,1–30,0	30,1–35,0	> 35,0	
Брестская	31,1	16	–	5	11	–	27,1–34,7
Витебская	27,2	21	4	14	3	–	21,6–32,6
Гомельская	28,6	21	1	14	6	–	25,0–31,8
Гродненская	30,3	17	–	7	9	1	26,9–35,2
Минская	29,8	22	–	12	7	3	25,4–38,9
Могилевская	29,0	21	1	16	3	1	23,7–38,1
Беларусь	29	118	6	68	39	5	21,6–38,9

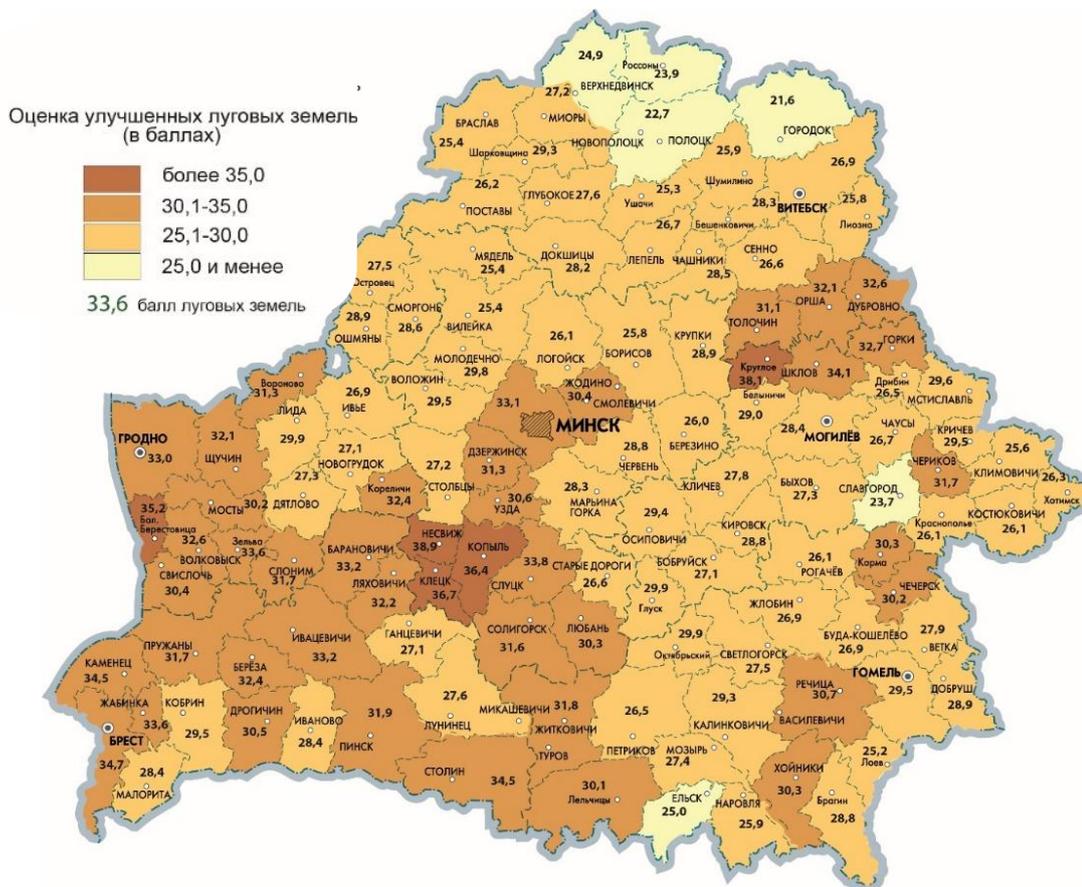


Рис. 2. Балл плодородия почв улучшенных луговых земель по районам

Среди районов максимальным баллом оценены улучшенные луговые земли Несвижского района (38,9 балла), минимальным – Городокского (21,6 балла). Всего высокую оценку (более 35 баллов) имеют только 5 районов республики, из них 3 района расположено в Минской области (Клецкий, Копыльский, Несвижский), по одному району в Гродненской (Берестовицкий) и Могилевской (Круглянский) (табл. 2). Большинство районов республики относится к группе с низкой оценкой (25,1–30,0 баллов) – 68 районов и к группе со средней оценкой (30,1–35,0 баллов) – 39 районов. Очень низкую оценку (25 баллов и меньше) имеют шесть районов республики, четыре из них расположены в Витебской области (Городокский, Полоцкий, Россонский, Верхнедвинский) и по одному в Могилевской (Славгородский) и Гомельской (Ельский). Для анализа хозяйственной деятельности сельскохозяйственных организаций (особенно в области животноводства) часто используется как балльная оценка сельскохозяйственных земель (средневзвешенный балл по всем видам земель, входящих в сельскохозяйственные).

Эти баллы представлены на картограмме (рис. 3).

Среди областей максимальным баллом оценены сельскохозяйственные земли также Гродненской области (32,8 балла), затем идет Минская (31,3) и Брестская (30,5 балла) области.

Картограмма плодородия сельскохозяйственных земель в общих чертах соответствует картограмме плодородия пахотных земель.

Оценка сельскохозяйственных земель
(в баллах)



33,6 балл сельскохозяйственных земель

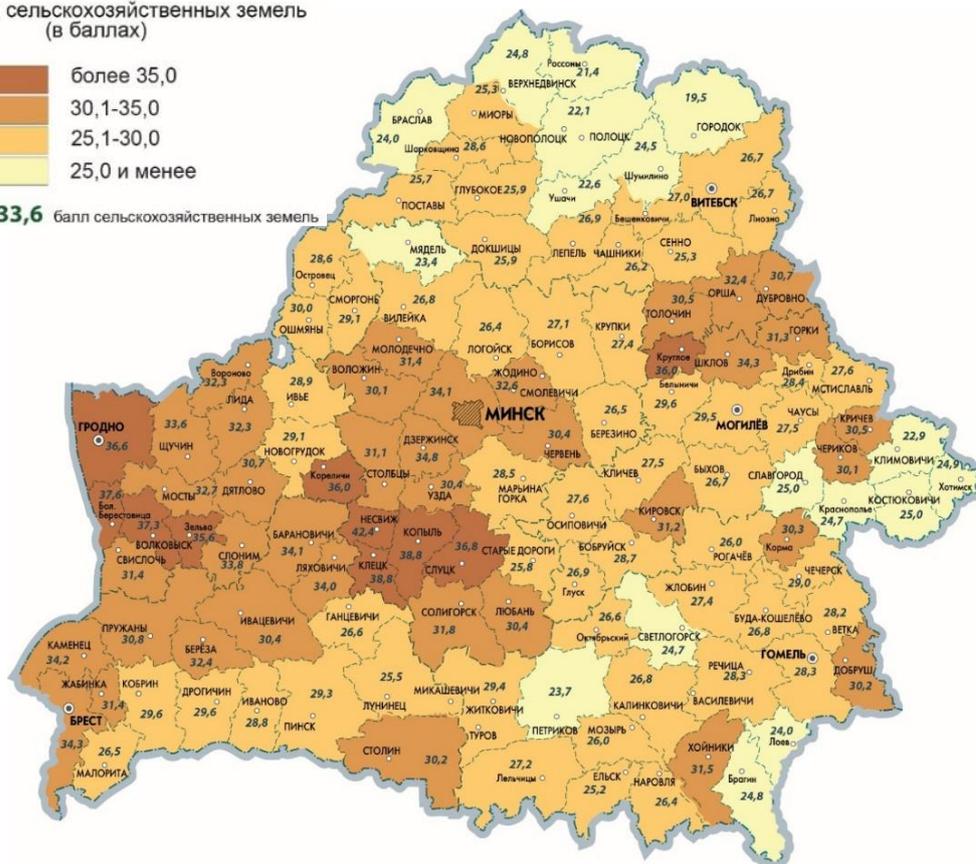


Рис. 3. Балл плодородия почв сельскохозяйственных земель по районам

Однако в целом баллы плодородия сельскохозяйственных земель ниже, чем пахотных. Поэтому количество районов с баллом плодородия более 35 здесь меньше (10 районов), а менее 25 – больше (17 районов), чем по пахотным землям (19 и 5 районов соответственно).

Баллы плодородия почв, а также другие показатели кадастровой оценки находят широкое применение в республике: они используются для установления ставок земельного налога на сельскохозяйственные земли, определения размера убытков, причиненных землепользователям изъятием у них земельных участков, обоснования проектов внутрихозяйственного землеустройства, оптимизации размещения посевов и землепользований сельскохозяйственных организаций с учетом качества земель, для прогнозирования и оценки результатов хозяйственной деятельности сельскохозяйственных организаций, при решении других задач обеспечения рационального использования и охраны земель.

ПОКАЗАТЕЛИ НОРМАТИВНОГО ЧИСТОГО ДОХОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ РЕСПУБЛИКИ

Шибут Л. И., Азарёнок Т. Н., Матыченков Д. В.

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

В результате проведения второго тура кадастровой оценки сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств оценочные показатели нормативного чистого дохода (как и других показателей оценки) были установлены по всем видам земель (пахотные, под постоянными культурами, улучшенные луговые, естественные луговые и в среднем все сельскохозяйственные) по всем рабочим (оценочным) участкам, хозяйствам, районам, областям и республике. В целом по республике оценка пахотных земель по нормативному чистому доходу равна 226 долл. США/га, по улучшенным луговым – 78, по естественным луговым – 38 и в среднем по всем сельскохозяйственным землям – 175 долл. США/га.

Анализ результатов оценки свидетельствует о значительной разноразнокачественности пахотных и других сельскохозяйственных земель. По пахотным землям, как основному виду сельскохозяйственных, самый высокий показатель нормативного чистого дохода имеет Гродненская область (301), затем следует Минская (277), Брестская (252), Могилевская (215) и Гомельская (180). Самый низкий показатель в Витебской области (120 долл. США/га) (табл. 1).

Таблица 1

**Оценка сельскохозяйственных земель по нормативному чистому доходу
(долл. США/га)**

Области	Пахотные и под постоянными культурами	Улучшенные луговые	Естественные луговые	Всего сельскохозяйственные
Брестская	252	96	51	187
Витебская	120	50	28	93
Гомельская	180	68	34	141
Гродненская	301	88	45	230
Минская	277	91	37	221
Могилевская	215	74	38	167
Республика Беларусь	226	78	38	175

По административным районам и хозяйствам наблюдаются еще большие колебания показателей нормативного чистого дохода. Среди районов максимальный показатель имеет Несвижский район (496 долл. США/га), минимальный – Городокский (–48). На межхозяйственном уровне лучшие показатели в СПК «Агрокомбинат Снов» Несвижского

района (595), худшие – в ГП «Степановичи» Городокского района (–146 долл. США/га). Отрицательные значения нормативного чистого дохода свидетельствуют о том, что товарное производство растениеводческой продукции на таких землях будет убыточным.

Исходя из показателей нормативного чистого дохода по районам, проведена их группировка по благоприятности пахотных земель для земледелия (для возделывания сельскохозяйственных культур).

Всего выделено шесть групп: 1) наиболее благоприятные (нормативный чистый доход более 400 долл. США/га); 2) благоприятные (400...301); 3) хорошие (300...201); 4) удовлетворительные (200...101); 5) сложные (100...1 долл. США/га); 6) плохие (в эту группу входят земли, имеющие нулевой или отрицательный нормативный чистый доход). Распределение районов по этим группам по областям и республике в целом приведено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение районов по нормативному чистому доходу (пахотные земли)

Области	Средний показатель по области	Распределение районов по нормативному чистому доходу (долл. США/га)							Колебания по районам (макс.-мин.)
		все-го рай-онов	в том числе по показателям						
			более 400	400...301	300...201	200...101	100...1	0...–100	
Брестская	252	16	–	4	9	3	–	–	347...108
Витебская	120	21	–	–	3	7	9	2	237...–48
Гомельская	180	21	–	–	6	14	1	–	293...99
Гродненская	301	17	–	8	9	–	–	–	395...208
Минская	277	22	4	1	10	6	1	–	496...86
Могилевская	215	21	–	2	10	8	1	–	347...97
Беларусь	226	118	4	15	47	38	12	2	496...–48

1. В первую группу по благоприятности для земледелия (наиболее благоприятные) входят 4 района Минской области (Клецкий, Копыльский, Несвижский и Слуцкий), где нормативный чистый доход превышает 400 долл. США/га.

2. Во вторую группу (благоприятные) входят 15 районов республики, из них 8 районов расположено в Гродненской области (Берестовицкий, Волковысский, Гродненский, Зельвенский, Кореличский, Мостовский, Слонимский, Щучинский), 4 района в Брестской (Барановичский, Брестский, Каменецкий, Ляховичский), 2 района в Могилевской (Круглянский и Шкловский) и 1 район в Минской (Дзержинский). В этих районах нормативный чистый доход составляет 301...400 долл. США/га.

3. Хорошие условия для возделывания сельскохозяйственных культур (нормативный чистый доход от 201 до 300 долл. США/га) имеют 47 районов республики. Из них по 10 районов в Минской и Могилевской областях, по 9 районов в Брестской и Гродненской, 6 районов в Гомельской и 3 в Витебской.

Как видно из картограммы более высокие показатели нормативного чистого дохода (более 200 долл. США/га) имеют районы, расположенные в центральной и западной части республики (это большая часть районов Гродненской, Минской и Брестской областей, северо-западная часть Могилевской, юго-восточная часть Витебской и восточная часть Гомельской области. Более низкую оценку (менее 200 долл. США/га) имеют районы, расположенные на севере (многие районы Витебской области, северная часть Минской) и на юге Беларуси (большинство районов Гомельской области и некоторые районы Брестской, приуроченные к Полесской низменности), а также восточные районы Могилевской области.

Проведен корреляционный анализ полученных в результате оценки показателей нормативного чистого дохода, баллов плодородия почв и урожайности зерновых и зернобобовых культур по районам республики. Так как балл плодородия почв положен в основу расчета нормативного чистого дохода, то между этими показателями (нормативный чистый доход и балл плодородия) существует очень тесная корреляционная связь ($R = 0,96$).

Предыдущими исследованиями установлена высокая корреляционная связь между урожайностью и баллом плодородия почв ($R = 0,78...0,83$, в зависимости от того за какой период использовалась урожайность). А так как нормативный чистый доход имеет очень тесную связь с баллом плодородия почв, то и связь нормативного чистого дохода с урожайностью зерновых и зернобобовых культур также тесная ($R = 0,72$).

Материалы кадастровой оценки сельскохозяйственных земель широко используются для решения различных практических вопросов в сфере земельных отношений, управления сельскохозяйственным производством, подготовки и обоснования мероприятий по организации использования и охраны земель и др. Наиболее важным направлением использования показателей нормативного чистого дохода является оптимизация землепользования сельскохозяйственных организаций.

Такая работа на основании материалов первого тура кадастровой оценки была проведена в масштабе всей республики. По каждому сельскохозяйственному предприятию были установлены участки (или поля) с отрицательным нормативным чистым доходом, на которых земледелие убыточно, составлены карты, где показаны эти участки, и даны рекомендации по их дальнейшему использованию (улучшению или репрофилированию в менее интенсивно используемые виды сельскохозяйственных земель или для несельскохозяйственных целей). Всего планировалось вывести из состава пахотных земель и перевести их в другие виды использования около 750 тыс. га. Однако эта работа в те годы не была завершена полностью. В настоящее время необходимо продолжить ее на основании уточненных показателей нормативного чистого дохода по материалам второго тура кадастровой оценки сельскохозяйственных земель, которая была проведена в Беларуси в 2009–2016 гг.

Показатели НЧД используются также для определения размеров убытков и упущенной выгоды, причиненных землепользователям изъяс-

тием у них сельскохозяйственных земель, который устанавливается в размере трехкратной величины нормативного чистого дохода с изымаемого земельного участка, определенного по результатам кадастровой оценки земель, при предоставлении земельного участка на срок до десяти лет и в размере пятикратной величины – при предоставлении земельного участка на срок более десяти лет. НЧД используются для расчета общего балла кадастровой оценки, который в свою очередь является основой для установления ставок земельного налога на сельскохозяйственные земли и арендной платы за пользование земельными участками.

УДК 631.412.417.2

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОНОАМИНОДИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ И ПРОЛИНА В ТЕМНЫХ СЕРОЗЕМАХ

Юлдашев Г., Хайдаров М. М.

Ферганский государственный университет, г. Фергана, Узбекистан

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, наряду с другими являются гумусное и энергетическое состояние почв, содержание и состав, а также энергетические особенности почвенных свободных аминокислот.

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

В качестве объекта взяты целинные и орошаемые темные сероземы, которые расположены на границе с Киргизией на территории зона 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. Польшова, 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». Элементный состав почв и состав аминокислот анализированы, рассчитан на основе созданной авторами программы на ЭВМ.

Определение содержания аминокислот и их идентификация выполнены методом жидкостной хроматографии с использованием жид-

костного хроматографа, работающего в режиме анализа белькового гидролизата.

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

Отдельными авторами [1, 2] были 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 Гафурова Л. А., Раимбаева Г. Ш. и др. [3].

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

Органическое вещество почвы содержит свободных и белковых аминокислот, играющие важную роль в процессе сероземообразования. Они занимают особое место среди множества разнообразных почвенных веществ, составляющих группу неспецифических соединений, а также входят в состав гумуса.

Качество и количество аминокислот, их состав зависят от типа и различных особенностей почв. Обогащение почвы аминокислотами (свободными и связанными) происходит в результате минерализации растительных и животных остатков, аммонификации гумусовых веществ. С белками в почве постоянно присутствуют свободные аминокислоты. Несмотря на небольшое содержание в их составе органического азота, аминокислоты, обладающие высокой биогеохимической активностью, имеют большое значение для питания сельскохозяйственных растений. Растения способны усваивать их без предварительной трансформации в минеральные соединения, что особенно важно в условиях дефицита питательных элементов минерального питания.

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 растительных 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.

В условиях водного стресса обычно аккумулируется пролин. О возникновении водного стресса говорят, как в случае чрезмерной влажности, так и при недостатке соответствующего количества воды в среде роста растений. Это приводит к значительным нарушениям в развитии расте-

ний и даже к их отмиранию. В условиях водного стресса накапливают большое количество аминокислоты пролина, которому способствует высокая температура, мороз, засоление, дефицит питательных веществ, заражение патогенами или газовое загрязнение воздуха и др.

Накопление значительного количества пролина в условиях водного стресса способствует эффективному поглощению воды в условиях засухи и препятствует обезвоживанию растений, повышается их засухоустойчивость. Пролин является фактором, стабилизирующим структуру белков и их синтез.

Стоит обратить внимание на тот факт, что во время засухи вещества, которые в обычных условиях направляются на рост растений, используются для синтеза пролина. Если эта аминокислота будет введена, например, в виде удобрения вместе с микроэлементами, растение не будет тратить энергию и питательных веществ на ее выработку, а назначит их на другие жизненные процессы.

Содержание потенциальной энергии гумуса и свободных аминокислот в дальнейшем в оценки плодородия орошаемых почв, разработки расчета элементного состава и их потенциальной энергии, которые расходуются в почвообразовательном процессе в результате биогеохимического круговорота массы и энергии.

Энергетический подход характеристики свободных почвенных аминокислот позволяет количественно и качественно определить потенциальную энергетическую ценность гумуса и свободных аминокислот почв, а также прогнозировать процессы дегумификации и восстановления плодородия почв. Из результатов анализа представленных в таблице видно, что по содержанию аспарагиновой кислоты и глутамина, а также суммы аминокислот существенно отличаются орошаемые темные сероземы от целинных их аналогов (табл.).

Таблица

Изменения содержание энергии в моноаминодикарбоновых аминокислот и пролина, млкал/г

Глубина, см	Аспарагиновая кислота	Аспарагин	Глутаминовая кислота	Глутамин	Пролин	Сумма аминокислот
Темные сероземы, целинные, 1х						
0–7	4,28	10,2	3,66	345,3	14,83	378,27
7–17	2,42	6,71	3,16	62,96	8,512	71,472
17–43	0	6,65	1,73	18,99	0	27,37
43–73	0	5,09	1,14	12,61	0	18,84
Темные сероземы, орошаемые, 2х						
0–30	0	14,5	0	0	20,8	35,3
30–42	0	4,45	1,49	0	0	5,94
42–70	0	5,36	0	0	0	5,36
70–100	0	3,36	0,77	0	0	4,13
100–135	0	2,52	0	0	0	2,52

Так, потенциальная энергия аспарагиновой кислоты, которая стимулирует прорастания семян и источник, как строительный материал для других аминокислот в дерновых горизонтах соответственно составляет

4,28; 2,42 мкал/г., а в орошаемых почвах ее отсутствует. Аналогичные изменения наблюдается в количестве потенциальной энергии глутамин, которая в целинных почвах колеблется в интервале 12,6–345,3 мкал/г., а орошаемых сероземах отсутствует.

В целом в указанных почвах изменения содержания потенциальной энергии изученных аминокислот практически пропорциональны с содержаниями в почве. Кроме того, они связаны с содержаниями гумуса почв.

Суммарная потенциальная энергия почвенных моноаминодикарбоновых кислот и пролина практически во много раз выше в целинных темных сероземах по отношению к их орошаемым аналогов, что говорит о более высоком потенциальном плодородии целинных почв, а отсутствия таких важных аминокислот как аспарагиновая кислота, глутамин в орошаемых почвах могут приводит к нарушению обменных процессов, синтеза новых аминокислот, энергетического баланса, ухудшению свойства растений противостоят к разным природным и антропогенных стрессам. Учитывая выше изложенных можно использовать различные аминокомплексы в сельском хозяйстве с учетом почвенно-климатических свойств региона.

Список литературы

1. Раимбаева, Г. Ш. Свободные аминокислоты в эродированных сероземах Междуречья Чирчик-Келес: автореф. дис ... канд. биолог. наук / Г. Ш. Раимбаева. – Т. 2000. – 24 с.
2. Раимбаева, Г. Ш. Свободные аминокислоты в эродированных типичных сероземах / Г. Ш. Раимбаева // Республиканская науч.-практич. конф. Сборник статей. – 2012. – С. 252–253.
3. Гафурова, Л. А. Свободные аминокислоты в почвах под хлопчатником. / Л. А. Гафурова, Г. Ш. Раимбаева // Сельское хозяйство Узбекистана. – 1999. – №65. – С. 55.

УДК 362.62:63.1

О ЗНАЧЕНИИ, УЧЕТЕ И ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ФАКТОРА ПРИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ЗЕМЕЛЬ

Яцухно В. М.

БГУ, г. Минск, Беларусь

В Республике Беларусь, не отличающейся богатством и разнообразием полезных ископаемых, почвенно-земельные ресурсы играют одну из ключевых ролей в социально-экономическом развитии страны, являясь территориально-природным объектом хозяйственного использования, сохранения окружающей среды, средством собственности и государственного управления. Специфической чертой земли, характеризующейся пространством, рельефом, почвами, водами, растительным и животным

миром, является их многофункциональность. С одной стороны, земля является всеобщим материальным условием производства, служит пространственным базисом для размещения отраслей хозяйственного комплекса, поселений; инфраструктуры, главным средством производства в сельском и лесном хозяйстве, базовым объектом социально-экономических (земельных) отношений и недвижимого имущества. С другой стороны, следует помнить, что земля и ее базовый компонент – почва является составной и неотъемлемой частью природных систем, в которых действуют объективно существующие экологические законы и правила: единство и взаимозависимость организмов и среды, сохранение необходимого биологического и ландшафтного разнообразия, биогенная миграция веществ, буферная способность, влаго-тепло-газообмен в экосистемах и др.

К числу уникальных и незаменимых свойств земель, а точнее, слагающих их почв, является плодородие – способность производить биомассу, в том числе растительную продукцию. Поэтому сохранение и поддержание плодородия земель, особенно сельскохозяйственного назначения, является одним из фундаментальных условий жизнедеятельности людей и обеспечения продовольственной безопасности. В связи с отмеченной дуалистической ролью, которую выполняют земли, включая почвы, в хозяйственной и природоохранной деятельности широкое развитие получила система эколого-экономической их оценки, в ходе которой определяется взаимосвязь и взаимовлияние между экономическими и экологическими условиями использования и охраны почвенно-земельных ресурсов. Наряду с чисто экономическими показателями, такими как доход, затраты, ставка капитализации, стоимость земельного участка и др., используются методические подходы, позволяющие выделить экологические факторы в качестве самостоятельных критериев такой оценки и способы их стоимостного выражения [1].

Одной из причин преобладания до настоящего времени экономически ориентированных методов оценки земель является отсутствие разделения на правовом уровне содержания понятий «земля» и «почва», что привело к тому, что в отраслях, не связанных с использованием плодородия почв, ценность земельного участка, как объекта оценки, не связывается с ценностью почвы, а рассматривается лишь только как территориальный базис размещения объектов недвижимости. В отраслях же, ориентированных на использование почвенного плодородия, качество почвы оценивается преимущественно со стороны ее биопродуктивности при фактически полном игнорировании экологических функций почв и предоставлению ими экосистемных услуг [2, 3].

Недостаточный учет почвенного фактора при оценке земельных ресурсов заметно снижает их объективную стоимость, ибо последняя определяется в большей степени внутренними экологическими особенностями почв и в меньшей степени – внешними экономическими факторами. Об этом в свое время подчеркивал основатель почвенной науки В. В. Докучаев: «... если почвы лежат в основе главнейших факторов,

влияющих на ценность и доходность земли, то само собой понятно, что при оценке земель исследования должны быть начаты с этого фактора, который и должен служить фундаментом для всех других факторов, связанных с ними генетически» [4].

Таким образом, современная практика землепользования нуждается в объективных результатах оценки земельных ресурсов, где должны быть в полной мере отражены как ресурсно-имущественные, так и экологическая составляющая ценности земель/почв. Последнее обстоятельство нашло отражение и закреплено в методических положениях Системы эколого-экономического учета природных активов, разработанных под эгидой ООН (SEEA-2012), в которых подчеркивается, что земля, включая почву, является уникальным экологическим активом, т.е. обладает накопленной стоимостью, приносящей экономическую выгоду [5]. В контексте этого актуальным и практически востребованным является совершенствование научного и нормативно-правового толкования понятий «земля» и «почва» с целью предотвращения их подмены друг другом и содержательного смешения. Во многих случаях в реальной практике землепользования и охраны окружающей среды это ведет не только к возникновению определенных недоразумений и неточностей, но даже противоречит в оценочной управленческой деятельности. Мы солидарны с некоторыми исследователями, предлагающими различать почву как компонент окружающей среды, а земли как социально-экономическую и территориально-организационную категории и рассматривать их в тесной взаимосвязи [6].

Так, почвы ограничены территорией проявления процессов почвообразования, их оценка производится и нормируется с учетом их природных свойств, определяющих экологическое состояние и отличающихся плодородием. Земельный же компонент окружающей среды представляет собой заключенный в фиксированные границы территории, природный комплекс определенного функционального назначения и использования, закрепленный законодательно. Таким образом, в отличие от почвы, которая является природным телом с характерным разнообразием экологических функций, земля и земельный участок имеют выраженную территориально-хозяйственную и социально-экономическую направленность.

Важнейшим и связующим звеном в природном комплексе земельного участка, как объекта эколого-экономической оценки земель, служит почва, характеризующаяся разнообразием экологических функций, которые регулируются в основном природоохранным законодательством. Одновременно требует закрепления на законодательном уровне статуса почвы как объекта недвижимости, что позволяет отнести предоставляемые ими экосистемные услуги к экономическому активу. К сожалению, в Гражданском кодексе Республики Беларусь почвы не нашли отражение и не признаются имуществом, несмотря на то, что почвы, или их верхний слой, снятый с поверхности земли считается имуществом, так как попадает под определение вещи, признаваемой в гражданском праве.

В целом статус почв, расположенных в пределах земельных участков с позиций отечественного законодательства, остается не определенным [7] и требует его закрепления на законодательном уровне, ибо почва, как и земля, согласно Закону Республики Беларусь об охране окружающей среды, относится к самостоятельному компоненту природной среды. Несмотря на существующие правовые пробелы, необходимость учета почвенного фактора при земельно-оценочных работах является очевидной. Об этом свидетельствуют результаты обобщения международного и отечественного опыта таких работ, позволяющих выделить несколько основных видов эколого-экономической оценки земель, используемых в практике принятия тех или иных решений (табл. 1).

Таблица

Основные виды эколого-экономической оценки земель и направления использования ее результатов

Виды оценки земель	Целевое назначение результатов оценки	Состояние вопроса в Республике Беларусь
Оценка земель/ почв как национально-богатства и природного ресурса.	Определение макроэкономических показателей эколого-экономического учета земель/ почв как природного актива и отражение их стоимости в системе национальных счетов [2, 3].	Данная система оценки в республике не получила применения и находится на стадии обсуждения.
Оценка земель для государственных нужд в рамках государственной кадастровой оценки сельскохозяйственных земель.	Установление ставок земельного налога, определение размеров убытков и ущербов, нанесенных в результате нерационального использования земель/почв, оценки эффективности аграрного землепользования, а также использование результатов оценки в практике планирования и территориальной организации земельного фонда для сельскохозяйственных целей [7, 10].	В 2016 г. в Республике Беларусь завершён второй тур кадастровой оценки сельскохозяйственных земель, включающий оценку плодородия почв рабочих участков, оценку их технологических свойств и местоположения, оценку земли как средства сельхозпроизводства с установлением общего кадастрового балла и кадастровой стоимости сельхозземель. Составной частью указанной оценки земель является бонитировка почв [10].
Оценка рыночной стоимости земельных участков.	Проводится преимущественно в целях совершения сделок с недвижимым имуществом как товара (купля-продажа, передача земли в собственность по наследству, дарение, получение банковского кредита, раздел имущества и др.). Выполняется согласно международным стандартам оценки (МСО) [5].	В 2018 г. Национальным кадастровым агентством Республики Беларусь завершена кадастровая оценка земельных участков по видам функционального использования земель, учитывающий его местоположение, физические и экономические характеристики, целевое назначение, обременение, наличие движимого имущества и др. [12]. Почвенный фактор практически не учитывается при оценке.

Виды оценки земель	Целевое назначение результатов оценки	Состояние вопроса в Республике Беларусь
Оценка экологического вреда, причиненного землям/почвам	Используются для определения сумм возмещения причиненного ущерба в результате нерационального землепользования и антропогенного воздействия. Экологическая составляющая регламентируется международными и национальными нормативно-правовыми аспектами и методическими руководствами [11].	Величина экологического вреда земель определяется степенью их химического загрязнения и интенсивностью проявления деградационных процессов на землях/почвах, а также таксами для возмещения вреда, причиненного деградацией земель, включая почвы [16].
Оценка потерь при установлении ограничений (обременение) в использовании земель	Определение стоимости ограничений и установления размеров компенсации за потери при использовании земельных участков [7].	Ввиду отсутствия единого классификатора экологических требований и ограничений землепользования в республике, этот вид оценки не получил развития. Имеются лишь единичные исследования по этому вопросу, имеющие научно-поисковый характер [15].
Оценка стоимости земель как основных средств в системе финансовой отчетности.	Отражаются земельные активы предприятий и учреждений при бухгалтерском учете, согласно международного стандарта финансовой отчетности (IAS) 16 «Основные средства».	Согласно Методики по формированию счета операций с капиталом, утвержденной Пост. Белстатом от 27.01.2017, № 2. Земельные участки, вложения в них, а также улучшение земель принимаются в бухгалтерском учете в качестве основных средств. Земля рассматривается как почвенный покров и находящиеся на ее поверхности водные объекты.

Для каждого из них используются свои методические принципы и подходы. Так, в последние два десятилетия получила развитие оценка земель/почв как составной части природного капитала и объекта национального богатства с целью определения их ценности, включая стоимостное их выражение. Методология такой оценки развивается в рамках Системы эколого-экономического учета, стандарт которой принят ООН в 2012 г. [8], который определяет ценность земель/почв на основе предоставления ими экосистемных услуг. Последние выражаются в виде материальных и нематериальных выгод и благ в процессе их использования и функционирования. Более подробно эта проблема нами изложена в недавно опубликованном аналитическом обзоре [9]. Он свидетельствует, что, несмотря на важную роль, которую играют почвы в наземных экосистемах, многие вопросы, касающиеся перечня и классификации предоставляемых почвами экосистемных услуг, методических подходов эколого-экономической оценки, в частности, определения их стоимости, остаются слабо разработанными и носят дискуссионный характер и требуют глобального и всестороннего научного обоснования данной проблемы.

Наиболее полно почвенный фактор учитывается и используется при кадастровой оценке сельскохозяйственных земель. Примером такой

оценки служит кадастровая оценка сельскохозяйственных земель организаций аграрной отрасли и крестьянских (фермерских) хозяйств Республики Беларусь [10]. В качестве ключевого блока указанной оценки выступает бонитировка почв, в которой показателями, характеризующими качество земель, являются бонитет почв в баллах (исходный балл почв) и оценочный балл плодородия почв рабочих участков, используемых для сравнительной характеристики при возделывании основных 16-ти сельскохозяйственных культур.

Реальная их урожайность при проведении оценки учитывается с помощью поправочных коэффициентов, с учетом их влияния на продуктивность земель экологических, агротехнологических, территориальных факторов. На основании оценки плодородия почв определяется ряд экономических показателей, таких как нормативный чистый и дифференцированный доход, а также общая кадастровая стоимость земель. Что касается других, кроме производственных, экосистемных услуг кадастровая оценка сельскохозяйственных земель их не затрагивает и в этом направлении требует своего развития в будущем.

Отсутствие методов цены почв сельскохозяйственных земель в системе нормативно-закрепленных земельно-оценочных работ «... умаляет колоссальную роль почв в экосистемных услугах, оказываемых земельными участками, что не позволяет определить долю почв в общей стоимости земель, а также эффективность вкладываемых в почвы средств по повышению их плодородия и улучшению их свойств [11].

По нашему мнению, существует необходимость обязательного учета природной составляющей – почвы при кадастровой оценке земельных участков, как объектов недвижимости и выступающего в форме товара, для установления системы налогообложения, проведения сделок (купля-продажа, передача земли в собственность, по наследству, дарение, получение банковского кредита, разделение имущества). До настоящего времени его стоимость определяется исходя из местоположения земельного участка, наличия в пределах его инфраструктурных и иных объектов недвижимости, т.е. земельный участок представляется в качестве обычного товара без какой-либо природоохранной регламентации и без учета его ключевой составляющей – почвы [12]. В связи с созданием в Беларуси, начиная с 2021 г., системы массового (систематического) формирования объектов недвижимости и их кадастровой оценки, учет в ней почвенного фактора позволит более обоснованно устанавливать допустимые уровни антропогенного воздействия на окружающую среду с учетом категорий земель и функциональных зон, избегать чрезмерной ликвидации зеленых насаждений, установления оптимальных размеров застроенных территорий, изменения целевого назначения земель, в частности, целесообразности перевода сельскохозяйственных земель в несельскохозяйственные земли [13]. Так, последнее должно осуществляться на сопоставлении вариантов сравнительной экономической эффективности и экологической безопасности по критерию более высокой кадастровой стоимости с уче-

том всего спектра многофункциональности земли. Для успешного осуществления вышеуказанного требуется совершенствование правового регулирования земельного участка с целью придания ему статуса не только объекта недвижимости, права собственности и иных прав на землю, но и объекта природы и природного ресурса [14].

В настоящее время в Республике Беларусь в целях обеспечения охраны земель законодательно закреплены ограничения по использованию земельных участков, которые сгруппированы посредством выделения системы специальных зон: охранных зон, зон санитарной охраны, защитных зон. Для них устанавливается особый режим земель смежных с подлежащими охране антропогенных и природных объектов. Несмотря на значительное количество ограничений землепользования в республике отсутствует единый (унифицированный) их классификатор, а также общая методика экономических потерь в результате введения таких ограничений, что затрудняет определение размеров компенсации для землевладельцев и землепользователей. Учитывая, что указанная процедура направлена на обеспечение экологических требований землепользования, целесообразно использовать, наряду с экономическими потерями, получаемые экологические выгоды конкретных ограничений земельных участков, обусловленные предоставлением слагающими их почвами экосистемных услуг. Немногочисленные исследования данного вопроса свидетельствуют об их востребованности и практической значимости в условиях сложившегося землепользования [15, 16].

В целом, на основании вышеуказанного материала, можно сделать вывод, что в сложившейся системе эколого-экономической оценки земель, определяющей их ценность, преобладают хозяйственно-экономические и территориальные характеристики. Для полноты ее отражения необходим обязательный и более полный учет почв, характеризующихся разнообразием экологических функций и представляющие экосистемные услуги, т.е. материальные и нематериальные выгоды и блага, которые дополняют экономическую значимость земель, в том числе используемых в аграрной сфере производства.

Список литературы

1. Савич, В. И. Оценка почв / В. И. Савич [и др]. – Астана, 2003. – 556 с.
2. The role of soils in the ecosystem processes // Status of the World's Soil resources: main report. – FAO, 2015. – P. 13–30.
3. Mapping and assessment of ecosystem and their services. Soil ecosystems. European Commission, DG Environment. – Luxemburg, 2018. – 139 p.
4. Докучаев, В. В. Избранные сочинения, том 2. Труды по геологии и сельскому хозяйству. Госиздательство сельскохозяйственной литературы/ В. В. Докучаев. – М., 1949. – 446 с.
5. System of Environmental-economic accounting. – General Framework, UN, N.Y., 2014. – 347 p.
6. Категории почвы и земли в современном законодательстве России / С. Н. Чуков, А. С. Яковлев // Почвоведение. – 2019. – № 7. – С. 891–898.

7. Методические рекомендации по оценке земли по текущей рыночной стоимости. – М.: Росстат, 2015. – 409 с.
8. SЕЕА Technical note: Land accounting, UN, N.Y., 2016. – № 9. – 31 p.
9. Яцухно, В. М. От изучения свойств и функций земель и почв к оценке их экосистемных услуг: обзор / В. М. Яцухно, Е. В. Цветнов // Журнал БГУ. География. Геология. – 2019. – № 2. – С. 3–14.
10. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика; под ред. Г. М. Мороз, В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 208 с.
11. Экономическая оценка почв: существующий опыт и перспективы развития научного направления / О. Макаров, А. Яковлев, Е. В. Цветнов // АПК: экономика и управление – 2017. – № 7. – С. 58–67.
12. ТКП 52.2.07–2018 (33520) Оценка стоимости земельных участков. – Минск: Госкомимущество, 2018. – 24 с.
13. Помелов, А. С. Обоснование изменения целевого назначения земель / А. С. Помелов, Г. М. Мороз, С. В. Дробыш // Земля Беларуси. – № 3. – С. 18–24 (начало) и № 4. – С. 13–18 (продолжение).
14. Крассов, О. И. Земельный участок как объект природы и природный ресурс / О. И. Крассов // Экологическое право. – 2013. – № 6. – С. 8–11.
15. Ольшевский, А. В. Использование геоинформационных технологий при формировании ограничений землепользования / А. В. Ольшевский // Земля Беларуси. – № 1. – С. 37–40 (начало) и № 2. – С. 46–48 (продолжение).
16. Экология землепользования / В. В. Вершинин [и др.]. – М.: Издательские технологии, 2015. – 335 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Лапа В. В., Жабровская Н. Ю. Институту почвоведения и агрохимии – 90 лет	3
Азаренок Т. Н., Матыченкова О. В., Дыдышко С. В., Матыченков Д. В., Шульгина С. В. К вопросу об оценке эколого-экономического ущерба от деградации почв органогенных почв Беларуси	12
Азарёнок Т. Н., Шибут Л. И., Цыбулько Н. Н. Резервы повышения плодородия почв Беларуси	17
Азарёнок Т. Н., Шульгина С. В., Матыченкова О. В., Дыдышко С. В. Методические аспекты полевой диагностики и картографирования антропогенно-преобразованных почв Беларуси.....	20
Афонченко Н. В. Изменение структуры почвы и урожая озимой пшеницы в склоновом агроландшафте ЦЧР	25
Беленков А. И. Влияние обработки на урожайность культур зернопропашного севооборота и плодородие дерново-подзолистой почвы в опыте ЦТЗ	30
Бирюкова О. М., Богатырева Е. Н. Влияние различных систем удобрения на ферментативную активность дерново-подзолистой супесчаной почвы	35
Булыгин Д. А., Лужанский И. Ю., Малярчук В. Н. Влияние разной основной обработки темно-каштановой почвы на солевой режим в пропашном севообороте на землях ингулецкой оросительной системы	40
Вавин В. Г. Экологическое состояние полей защитных лесных полос на опытных полях Курского ФАНЦ	42
Гафурова Л. А., Мадримов Р. М., Мазиров М. А., Эргашева О. Х. Почвы юго-восточной части Хорезмского оазиса и оценка их плодородия	45
Германович Т. М. Земельные ресурсы Республики Беларусь и критерии их оценки	49
Гончаревич Т. В., Серая Т. М. Влияние способов основной обработки почвы на её физические свойства в звене зернового севооборота	54
Грановская Л. Н., Малярчук А. С. Теоретические и практические аспекты формирования плодородия орошаемых почв в Украине	58
Двойных В. В. Особенности биологической активности почв	61
Демидов В. В., Кухарук Е. С. Водопроницаемость и эродруемость чернозема типичного	66
Дудкина Т. А. Действие севооборота и минеральных удобрений на некоторые агрофизические свойства почвы и урожайность озимой пшеницы	70
Дыдышко С. В., Азаренок Т. Н., Шульгина С. В. Особенности интерпретации гранулометрического состава дерново-палево-подзолистых легкосуглинистых почв	73
Зарудная Т. Я. Применение контурно-мелиоративного земледелия в Курской области	79
Исмонов А. Ж., Каландаров Н. Н., Мамажанова У. Х., Каттаева Г. Н. Основные свойства орошаемых почв Приаралья	82
Клебанович Н. В., Киндеев А. Л., Богатырева Е. Н. О пространственной изменчивости свойств почвенного покрова (на примере полевых опытов)	86
Ковалев И. В., Ковалева Н. О. Лигнин в почвах как основа их плодородия .	90

Курвантаев Р., Ботиров Ш. А. Общие физические свойства деградированных почв Сырдарьинской области	96
Курвантаев Р., Хакимова Н. Х. Почвы средней части долины Зерафшана ...	100
Kuharuk E. S., Kuharuk R. A., Crivova O. N. Research methods of soils water erosion and pollution in Republic of Moldova	103
Кучер А. В., Кучер Л. Ю. Управление проектами достижения нейтрального уровня деградации земель	107
Лапа В. В., Матыченков Д. В. Информационные системы для рационального использования почв на основе цифровых технологий	111
Логачёв И. А. Влияние возделываемых культур на устойчивость почв к водной эрозии	115
Лях Т. Г., Чербарь В. В. Сравнительная характеристика свойств пахотных и целинных серых почв северной части Молдовы	119
Макаров О. А., Цветнов Е. В., Строков А. С., Абдулханова Д. Р., Крючков Н. Р., Марахова Н. А. Сравнительный анализ оценки деградации почв и земель регионов Российской Федерации при помощи различных методов	124
Макарычев С. В., Патрушев В. Ю. Влияние бесконтрольного орошения на водный режим дерново-подзолистой почвы при возделывании земляники	129
Мамбетуллаева С. М., Отенова Ф. Т. Экологическое состояние почв аридных территорий Узбекистана (на примере Южного Приаралья)	134
Матыченкова О. В., Азаренок Т. Н., Матыченков Д. В., Дыдышко С. В. О создании электронного реестра почв Беларуси и его офлайн-макета	138
Михайловская Н. А., Юхновец А. В., Барашенко Т. Б., Дюсова С. В. Эффективность азотфиксирующих и калиймобилизующих инокулянтов в лабораторных и полевых экспериментах с зерновыми культурами	142
Неведров Н. П., Фомина М. Ю., Проценко Е. П. Модели педогенеза подзолов песчаных иллювиально-железистых в условиях лесостепной зоны ...	145
Николаев В. А., Щигрова Л. И. Влияние разноглубинной заправки пожнивного сидерата на структурное состояние почвенного покрова	149
Огородников С. С. Оценка деградации почв при сравнении с эталонными значениями	152
Олифир Ю. Н., Габриель А. И., Партыка Т. В., Гаврышко О. С. Изменение физико-химических свойств светло-серой лесной поверхностно оглеенной почвы при длительном антропогенном воздействии	155
Погорелова В. А., Мазиров М. А., Мельченко А. И. Накопление в травянистой растительности ⁹⁰ Sr при его поверхностном расположении на почве	160
Подлесных И. В. Влияние противоэрозионного комплекса на биологическую активность почвы на черноземе типичном	164
Прущик А. В. Изучение свойств почвы на склонах с лесными полосами	167
Разаков А. М., Гафурова Л. А. Эволюционно-генетические особенности и классификация серо-бурых почв Узбекистана	171
Романова Т. А., Ивахненко Н. Н. Водный режим почв и климат	176
Салимгареева О. А., Ковалева Н. О., Вытовтов В. А. Запасы и формы карбонатов в черноземах курской области (в условиях контурно-мелиоративного земледелия)	180

Солоха М. А. Мониторинг температуры и влажности почвы с помощью электронных датчиков онлайн	185
Сюрис А. И., Боаге Л. В. Приемы регулирования плодородия эродированных почв и повышения эффективности сельскохозяйственных культур	190
Цыбулько Н. Н., Цырибко В. Б., Устинова А. М, Касьяненко И. И., Логачёв И. А., Митькова А. А. Влияние органических удобрений и известкования на устойчивость к водной эрозии дерново-подзолистых почв, сформированных на лессовидных суглинках	194
Цыганов А. Р., Веремейчик Л. А., Носников В. В. Влияние пожаров на плодородие лесных почв	197
Цытрон Е. В. Изучение экологического состояния почв в процессе подготовки педагогов-биологов	201
Чербарь В. В., Лях Т. Г. Изменение свойств чернозема, выщелоченного под влиянием мелиоративных культур	204
Червань А. Н. Территориальное планирование адаптивно-ландшафтного и точного земледелия в агроландшафтах Беларуси	210
Чуян О. Г., Караулова Л. Н. Геохимические основы формирования почвенных ресурсов в агроландшафте	214
Шибут Л. И., Азарёнок Т. Н., Цыбулько Н. Н., Матыченкова О. В., Матыченков Д. В., Дыдышко С. В. Качественная характеристика сельскохозяйственных земель Беларуси	220
Шибут Л. И., Азарёнок Т. Н., Матыченков Д. В. Показатели нормативного чистого дохода сельскохозяйственных земель республики	225
Юлдашев Г., Хайдаров М. М. Энергетические особенности моноаминодикарбоновых кислот и пролина в темных сероземах	229
Яцухно В. М. О значении, учете и перспективах использования почвенного фактора при эколого-экономической оценке земель	232

Научное издание

**ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И
ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ**

Материалы Международной
научно-практической конференции
(Минск, 22–25 июня 2021 г.)

Ответственный за выпуск Н. Ю. Жабровская

Редакторы Т. Н. Самосюк, А. С. Атлас

Издано по заказу РУП «Институт почвоведения и агрохимии».
Подписано в печать 08.06.2021. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 14,12. Уч.-изд. л. 15,35. Тираж 100 экз. Заказ 16.
Издатель и полиграфическое исполнение: Государственное предприятие
«Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/39 от 20.09.2013.
Ул. Казинца, 103, 220108, Минск.

