

**РЕСПУБЛИКАНСКОЕ НАУЧНОЕ ДОЧЕРНЕЕ УНИТАРНОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ «ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ»**

**ОБЩЕСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВО ПОЧВОВЕДОВ И АГРОХИМИКОВ»**

**ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ – ОСНОВА
ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ГОСУДАРСТВА**

Материалы VI съезда Белорусского общества
почвоведов и агрохимиков

(Минск, 21 июля 2022 года)

Минск

Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси

2022

Плодородие почв – основа продовольственной безопасности государства: Материалы VI съезда Белорусского общества почвоведов и агрохимиков, Минск, 21 июля 2022 г. / Институт почвоведения и агрохимии, Белорусское общество почвоведов и агрохимиков ; редкол.: Ю. К. Шашко [и др.]. – Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2022. – 360 с. – ISBN 978-985-7149-83-4.

В материалах 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:

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

Цыбулько Н. Н., Шашко Ю. К., Жабровская Н. Ю. Белорусское общество почвоведов и агрохимиков	7
Аббасова Р. Я., Сулейманов Н. Р. Характерные особенности гидропроводности почвенной среды со смешанной структурой	19
Азарёнок Т. Н., Матыченкова О. В., Матыченков Д. В., Дыдышко С. В., Шульгина С. В. Научно-практическое использование материалов кадастровой оценки сельскохозяйственных земель	24
Азарёнок Т. Н., Матыченкова О. В., Дыдышко С. В. Диагностические параметры для оценки эколого-экономического ущерба от деградации органогенных почв	28
Антохина С. П., Булавко Г. И., Яковлев А. П. Азотфиксация под посадками клюквы крупноплодной на выработанных торфяниках Беларуси.....	32
Афонченко Н. В. Показатели плодородия почвы в склоновом агроландшафте Курской области.	36
Башкин В. Н. Оценка азотминерализующей способности почв	40
Белявская Ю. А., Бирюкова О. М., Кирдун Т. М., Торчило М. М. Агрономическая эффективность внесения компоста органического под сельскохозяйственные культуры на дерново-подзолистых почвах.....	45
Богатырева Е. Н., Серая Т. М., Кирдун Т. М., Белявская Ю. А., Бирюкова О. М. Влияние приемов основной обработки почвы и систем удобрения на содержание мортмассы в высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве.....	49
Богдевич И. М., Путятин Ю. В., Станилевич И. С. Динамика агрохимических показателей плодородия пахотных почв Беларуси	54
Босак В. М., Сачыўка Т. В., Акуліч М. П., Улаховіч Н. У. Накірункі выкарыстання новых відаў меліярантаў у аграбіяцэнозах.....	59
Бочарникова Е. А. Влияние кремниевых препаратов на подвижность и доступность растениям фосфора.....	62
Брескина Г. М. Влияние агробiotехнологий на рост и развитие гречихи (<i>Fagopyrum esculéntum l.</i>), возделываемой в зернопропашном севообороте.....	66
Буряк С. М., Черникова О. В., Мажайский Ю. А. Повышение плодородия выбывших из сельскохозяйственного оборота земель при использовании гранулированного индюшиного удобрения.....	70
Вафоева М. Б., Абдуазимов А. М. Влияние внекорневой подкормки на число побегов озимой пшеницы.....	74
Германович Т. М. Механизм экономического регулирования управления земельными ресурсами Республики Беларусь	78
Глинушкина Т. А., Севостьянов С. М., Сон Б. К., Деева Н. Ф., Демин Д. В. Влияние нового биостимулятора на формирование элементов вегетативной системы, урожайности и сокращение сроков созревания томатов сорта Пуговка при выращивании традиционным (почвенным) методом.....	83
Гуцева Г. З., Ласько Т. В., Леферд Г. А. Оценка эффективности возделывания теплолюбивых культур в почвенно-климатических условиях Беларуси	88
Даниленко К. В., Пироговская Г. В. Коэффициенты перехода радионуклидов при внесении новых форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками под яровые и озимые зерновые культуры	93
Двойных В. В. Динамика биологической активности почвы в склоновом агроландшафте ЦЧР.....	100

Дыдышко С. В., Матыченкова О. В., Азарёнок Т. Н., Ананько Е. Д. Почвенно-агроклиматический потенциал почв для возделывания сельскохозяйственных культур	104
Дыдышко С. В., Азарёнок Т. Н., Матыченкова О. В., Ананько Е. Д. Применение данных гранулометрического состава почв для мониторинга их агроэкологического состояния	109
Жмурин В. А., Курганова И. Н., Лопес де Гереню В. О., Мьякшина Т. Н., Сапронов Д. В. Межгодовая вариабельность температурной чувствительности дыхания почв лесных экосистем южного Подмосквья: анализ данных 20-летнего мониторинга.....	114
Зарудная Т. Я. , Прушик А. В. Динамика содержания общего гумуса на поле с контурно-мелиоративной организацией.....	119
Зинякова Н. Б., Лебедева Т. Н., Семенов В. М. Разложение растительных остатков: вклад в формирование активного органического вещества почвы и эмиссию углекислого газа.....	122
Зинякова Н. Б., Соколов Д. А., Лебедева Т. Н., Семенов В. М. Влияние длительного внесения минеральных и органических удобрений на содержание общего и биологически активного органического вещества в почве	125
Знаменская Т. И., Давыдова Н. Д. Идентификация химических элементов- загрязнителей, их аккумуляция в почвах степей и нормирование нагрузок	128
Калиниченко В. П., Глинушкин А. П., Свидзинский А. В., Минкина Т. М., Манджиева С. С., Сушкова С. Н., Раджпут В. Д., Будынков Н. И.,Муковоз П. П., Черненко В. В., Козлов А. Е. Методология биогеосистемотехники для управления эволюцией и здоровьем почвы	133
Каменев Р. А. Эффективность применения минеральных удобрений в зависимости от обеспеченности почвы обменным калием при выращивании кукурузы на зерно	138
Караулова Л. Н. Факторы влияния на фосфорный режим чернозема типичного	143
Кахраманова Т. Б. Использование вечнозелёных деревьев в целях ремедиации нефтезагрязненных земель.....	148
Киселева А. А., Курмашева Н. Г., Асылбаев И. Г. Агрохимическая оценка свойств темно-серых лесных почв Иглинского района Республики Башкортостан ..	150
Ковалев И. В., Ковалева Н. О. Железисто-марганцевые конкреции в почвах периодического переувлажнения и их трансформация под влиянием дренажа.....	153
Ковалева Н. О., Ковалев И. В. Эволюция почв полесий Русской равнины в голоцене.....	158
Костюченко Н. Н., Волчек А. А. Влияние штабелей подстилочного навоза на химический состав почвы	163
Кудреватых И. Ю. , Калинин П. И., Алексеев А. О. Влияние изменения биоразнообразия растений на химические свойства степных почв при аридизации климата	167
Кулеш О. Г., Мезенцева Е. Г., Симанков О. В., Грачева А. А., Зенькова С. М. Динамика потребления и вынос основных элементов питания яровой пшеницей	172
Лазарева М. А. Подходы к классификации и диагностике антропогенно- измененных почв Лисинского учебно-опытного лесхоза для целей создания регионального реестра почв Ленинградской области	177
Лапа В. В. Цифровые технологии в агрохимии	183

Ласько Т. В., Гудева Г. З. Использование комплексных минеральных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на загрязненных радионуклидами землях.....	187
Манафова Ф. А., Асланова Г. Г. Микробиологическая активность почв структур почвенного покрова Абшера 191	191
Матыченков В. В. Роль кремния в функционировании системы «почва – растение».....	196
Матыченкова О. В., Азарёнок Т. Н., Дыдышко С. В., Ананько Е. Д., Шульгина С. В. Влияние климатических условий на оценку плодородия почв	199
Матыченкова О. В., Азарёнок Т. Н., Дыдышко С. В., Матыченков Д. В. Оценка продуктивности проса на почвах различного гранулометрического состава в условиях изменяющегося климата Беларуси.....	204
Мезенцева Е. Г., Кулеш О. Г., Симанков О. В., Грачёва А. А. Особенности возделывания озимого рапса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высоким содержанием подвижных фосфатов	209
Митрохина О. А. Микроэлементы в почвах и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур в ЦЧР.....	214
Михайловская Н. А., Войтка Д. В., Юхновец А. В., Барашенко Т. Б. Потенциал трехкомпонентной микробной композиции в качестве биофунгицида при возделывании зерновых культур в эрозионных агроландшафтах	218
Михайловская Н. А., Мезенцева Е. Г., Погирницкая Т. В., Дюсова С. В. Влияние удобрений на энзиматическую активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы	222
Осипов А. И. Научные основы известкования кислых почв.....	227
Пироговская Г. В., Ермолович И. Е. Содержание подвижного кремния в наиболее распространенных почвах Республики Беларусь	232
Подольяк А. Г., Персикова Т. Ф. К вопросу возврата в хозяйственное использование земель, выведенных из оборота по радиационному фактору	236
Рак М. В., Пукалова Е. Н. Эффективность серных и борных удобрений при возделывании озимого рапса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве.....	241
Рак М. В., Пукалова Е. Н., Гузова Н. С., Гук Л. Н. Эффективность применения удобрений Лебозол при возделывании озимой пшеницы и кукурузы на дерново-подзолистых почвах.....	244
Садыгов Ф. А., Бахшиева Ч. Т. Современное состояние главного Миль-Муганского коллектора	247
Самсонова В. П., Кротов Д. Г., Кондрашкина М. И., Дядькина С. Е. Анализ данных агрохимического картографирования нескольких районов Брянской области.....	251
Седукова Г. В., Кристова Н. В. Эффективность применения минеральных удобрений в посевах сорго сахарного.....	254
Серая Т. М., Мачок Т. В., Богатырева Е. Н., Кирдун Т. М. Экономическая эффективность применения удобрений под озимую пшеницу на дерново-подзолистой супесчаной почве	258
Сидоренко Т. Н., Тихонова Л. Г. Влияние микроудобрений на рост и развитие картофеля в питомниках первого клубневого поколения при возделывании в сооружениях защищенного грунта.....	263
Сороко В. И., Максимчук А. С. Влияние сыромолотого доломита на сдвиг почвенной кислотности во второй год последствия на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве.....	268

Сулейманов Р. Р., Юркевич М. Г., Бахмет О. Н. Изменение содержания тяжелых металлов в почвах при внесении отходов целлюлозно-бумажной промышленности.....	272
Сулейманов Н. Р., Ализаде Н. Б. Обратимые процессы и ГТП в цепи цикличности почвенных процессов	275
Тарасов С. А. Лесные полосы как фактор повышения эффективного плодородия почв на склонах ЦЧР.....	280
Титова В. И., Борисычев И. А. Динамика почвенного плодородия и эффективность использования минеральных удобрений в Нижегородской области.....	285
Тишкович О. В. Использование эколого-экономической оценки земель при организации территории хозяйства.....	290
Тюгай З. Н., Иванов А. В., Шваров А. П. Органическое вещество и поверхностные свойства темногумусовой остаточно-гидроморфной лесной почвы Костромской области.....	294
Тюгай З. Н., Салимгареева О. А., Иванов А. В. Структурно-функциональные изменения чернозема типичного мощного Стрелецкой степи при длительной распашке от макро- до субмикроруровня	299
Федотова А. В., Яковлева Л. В. Особенности деградации засоленных почв аридной зоны.....	304
Наkimova N. F., Khudai A. A. Study of the impact of oil pollution on the soil ecology in the absheron peninsula	310
Хамитова С. М., Федченко Е. И., Воропай Л. М., Пестовский А. С. Химический состав почв рекреационных территорий города Вологды	315
Хлюпина С. В. Применение пестицидов в зерновых севооборотах Курской области.....	318
Хомяков Д. М. Почвы и агроэкологические основы землеустройства.....	323
Царёва М. В. Мониторинг агрофизических свойств и агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы разного гранулометрического состава вниз по профилю при использовании куриного помёта.....	328
Цховребов В. С. Роль дыхания почвы в её плодородии и декарбонизация земледелия.....	332
Цырыбка В. Б., Лагачоў І. А., Касьяненка І. І. Падыходы да перакладу назваў глебавых разнавіднасцяў з беларускай мовы на англійскую	336
Червань А. Н., Киндеев А. Л. Современные направления географии почв и почвенного картографирования.....	340
Чечеткина И. В., Гуляка М. И. Влияние безотвальной обработки почвы на её агрохимические свойства.....	344
Чуян Н. А. Микробиологическая активность чернозема типичного, в условиях применения агробиотехнологии.....	347
Юркевич М. Г., Сулейманов Р. Р., Курбатов А. А. Влияние отклика дерново-подзолистых почвогрунтов различного гранулометрического состава на применение лигносульфоната натрия	352
Яцухно В. М. О правовом статусе почв Беларуси и его совершенствовании.....	354

БЕЛОРУССКОЕ ОБЩЕСТВО ПОЧВОВЕДОВ И АГРОХИМИКОВ

Н. Н. Цыбулько, Ю. К. Шашко, Н. Ю. Жабровская

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

Введение. Если открыть книгу «Исторические сведения о примечательных местах в Белоруссии», составленную генерал-майором М. О. Корниловичем в 1855 г., то можно прочесть: «По общему мнению, землю в Белоруссии считают малоурожайной, ее неплодородие, многие относят к худой и холодной почве, препятствующей хорошему росту хлебных растений. Что подпочва холодна, не спору, но чтоб сама почва была неурожайна, не могу согласиться... Если происходят неурожаи, то не от почвы, имеющей все качества плодородия, а от того, как она обработана, удобрена и засеяна. Земля в Белоруссии требует ежегодного хорошего удобрения и больших трудов, вознаграждающихся только после долговременной и деятельной заботливости о ней».

Впервые сведения о почвах Белоруссии были изложены в двухтомном сочинении академика Российской академии наук Василия Михайловича Севергина «Опыт минералогического землеописания Российского государства» (1820–1821). Во время многочисленных путешествий В. М. Севергин особенно подробно изучил и описал природу и почвы, в том числе и сельскохозяйственного использования, западной и северо-западной части Европейской России. При полевом описании пахотного слоя почв он отмечал их цвет, сложение, механический и минералогический состав, карбонатность, окультуренность и отношение к ним различных сельскохозяйственных растений.

О почвах отдельных областей Белоруссии упоминалось также в губернских географо-экономических описаниях И. Зелинского «Материалы для географии и статистики России» (1864), А. Крылова «Подзол Могилевской губернии и происхождение его и растительных биолитов Эренберга вообще» (1873), Ф. Ястремского «Краткий очерк Минской губернии в физико-географическом и статистико-экономическом отношении» (1897) и «Почвы Минской губернии в связи с геологическим устройством и поверхностью» (1898), в работах географа А. С. Дембовецкого (1884) по Могилевской губернии с почвенной картой и В. М. Долгорукова «Витебская губерния» (1890). В этих работах приводится характеристика почв, дающая еще неточное представление о почвах Белоруссии.

В 1872 г. образуется «Комиссия для исследования нынешнего положения сельского хозяйства и сельской производительности в России» под председательством П. А. Валуева. В результате работы этой комиссии были изучены почвы Минской, Могилевской и Гродненской губерний, отмечена необходимость осушения заболоченных земель и болот.

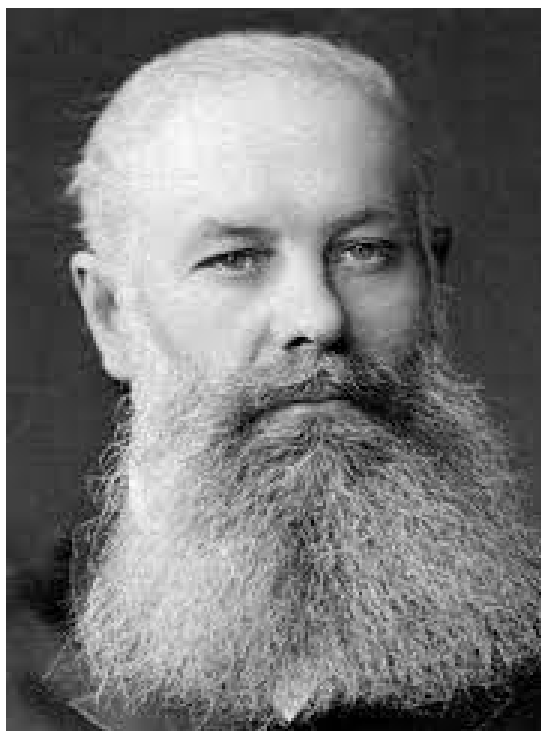
История создания общества. В продолжение истории почвенных исследований широкому кругу читателей хочется рассказать о Докучаевском обществе почвоведов, кого оно объединяет и какие цели ставит перед собой.

Это сообщество ученых имеет славную многолетнюю историю, уходящую своими корнями в XIX век, когда в 1888 г. В. В. Докучаев основал в Санкт-Петербурге при Вольном Экономическом Обществе России «Почвенную комиссию». Это было первое официальное научно-общественное содружество специалистов в области науки о почве. В 1912 г. правительство России утвердило научное Общество почвоведов с наименованием «Докучаевский почвенный комитет», которое было наделено юридическими и финансовыми правами.

Из Устава Общества (1912 г.): «Докучаевский почвенный комитет имеет целью: 1) разработку научных вопросов почвоведения и соприкасающихся с ним областей знания; 2) распространение научных знаний из тех же областей, 3) содействие правительственным учреждениям, общественным организациям и частным лицам в производстве почвенно-геологических и геобиологических исследований».

Общество являлось соучредителем журнала «Почвоведение», первый выпуск которого состоялся в 1899 г. Обществом издавались избранные работы классиков почвоведения, оригинальные монографии известных ученых, справочники и методическая литература, литература по истории почвоведения, а также труды и тезисы докладов съездов, конференций, совещаний.

В конце 1890-х годов под руководством В. В. Докучаева с участием Н. М. Сибирцева, Г. И. Танфильева и А. Ф. Ферхмина была составлена почвенная карта Европейской части России, на которой почвенный покров территории Белоруссии получил более точное отражение. В 1900 г. данная карта демонстрировалась на Всемирной выставке в Париже и была издана в 1901 г.



Васи́лий Васи́льевич Докуча́ев
(1846–1903) – русский геолог и почвовед, профессор минералогии и кристаллографии Санкт-Петербургского университета.

Известен как основоположник школы научного почвоведения и географии почв. Создал учение о почве как о самостоятельном природном теле, открыл основные закономерности генезиса и распространения почв (природная зональность).

В 1924 г. общество вошло в Международную ассоциацию почвоведов (МАП), организованную в Риме в этом же году, и стало называться Советской секцией МАП, которая в 1939 г. преобразуется во Всесоюзное общество почвоведов (ВОП).



Разбор почвенных проб, 1924 г.

В 1938 году Советская секция МАП переходит в подчинение Академии наук СССР и преобразуется во Всесоюзное общество почвоведов (ВОП). Официальной датой образования Всесоюзного общества почвоведов следует считать 16 сентября 1939 г., когда было принято постановление Президиума Академии наук СССР «об организационном оформлении» Общества почвоведов при Академии наук СССР.

Великая Отечественная Война и последовавшая за ней разруха отодвинули проведение I Делегатского съезда ВОП на 1958 год. Съезд состоялся в Москве. Принятый на съезде Устав Всесоюзного общества почвоведов при АН СССР был утвержден Президиумом АН СССР 15 августа 1958 г. за № 571.

Белорусское общество образовано в 1958 г. как филиал ВОП, который возглавляли крупные ученые-почвоведы – И. С. Лупинович, П. П. Роговой, Т. Н. Кулаковская, Н. И. Смяян.

Съезды Всесоюзного общества почвоведов. С 1958 по 1990 г. состоялось 8 съездов ВОП, которые проходили в разных республиках бывшего Советского Союза: I съезд в 1958 г., Россия, Москва; II съезд в 1962 г., Украина, Харьков; III съезд в 1966 г., Эстония, Тарту; IV съезд в 1971 г., Казахстан, Алма-Ата; V съезд в 1977 г., Беларусь, Минск; VI съезд в 1981 г., Грузия, Тбилиси; VII съезд в 1985 г., Узбекистан, Ташкент; VIII съезд в 1989 г., Россия, Новосибирск.

Особо хочется рассказать о V делегатском съезде Всесоюзного общества почвоведов, который проводился в Минске 11–16 июля 1977 года.

Тематика съезда:

- Задачи почвоведения и агрохимии по интенсификации сельскохозяйственного производства
- Задачи сельскохозяйственного производства и науки в Белорусской ССР в X пятилетке
- Земельные ресурсы СССР, их использование и улучшение
- Концепция элементарных почвенных процессов (ЭПП) – современная научная основа для понимания генезиса почв и управления их свойствами
- Почвы Нечерноземной зоны и их рациональное использование
- Аридные почвы и их рациональное использование
- Моделирование в почвоведении



Делегаты V съезда Всесоюзного общества почвоведов, г. Минск, Дом офицеров

На пленарных заседаниях были заслушаны доклады заместителя министра сельского хозяйства СССР А. А. Гольцова «Задачи почвоведения и агрохимии по интенсификации сельскохозяйственного производства», министра сельского хозяйства БССР В. А. Козлова «Задачи сельскохозяйственного производства и науки в Белорусской ССР в X пятилетке», президента ВОП, член-корреспондента АН СССР В. А. Ковды «Земельные ресурсы СССР, их использование и улучшение». Также работали три симпозиума – «Почвы Нечерноземной зоны и их рациональное использование», «Почвы субаридных и аридных регионов и их рациональное использование в условиях неорошаемого и орошаемого земледелия», «Моделирование в почвенных исследованиях».



Т. Н. Кулаковская, директор БелНИИ почвоведения и агрохимии открывает V Делегатский съезд Всесоюзного общества почвоведов

Была организована научная полевая экскурсия «По почвам Белоруссии», посвященная ознакомлению с формированием дерново-подзолистых автоморфных и полугидроморфных почв на лесовидных и моренных суглинках, торфяно-болотных и бурых лесных почв страны.



Полевая экскурсия V съезда почвоведов

Создание Белорусского общества почвоведов и агрохимиков. Всесоюзное общество почвоведов состояло при Академии наук СССР, поэтому после распада Советского Союза в 1991 г. руководством Белорусского филиала ВОП и Белорусского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии (в настоящее время Институт почво-

ведения и агрохимии НАН Беларуси) было принято решение о создании Белорусского общества почвоведов.

В мае 1993 г. отечественный филиал Всесоюзного общества почвоведов реорганизован в республиканское объединение «Белорусское общество почвоведов». Официальной датой его образования является 26 октября 1995 г., когда БОП было зарегистрировано в Министерстве юстиции Республики Беларусь.

МІНІСТЭРСТВА ЮСТЫЦЫІ РЭСПУБЛІКІ БЕЛАРУСЬ

ПАСВЕДЧАННЕ
АБ РЭГІСТРАЦЫІ СІМВОЛІКІ АБ'ЯДНАННЯ ГРАМАДЗЯН
№ 0170

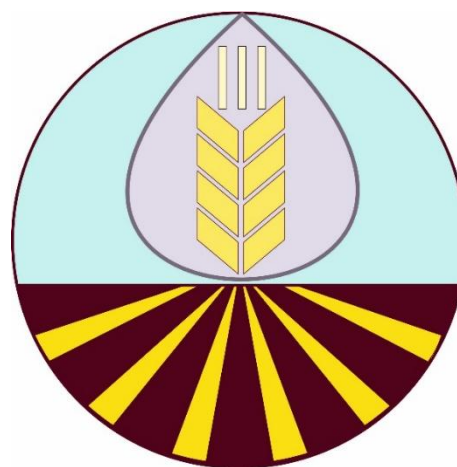

Назва аб'яднання Беларускае таварыства глебзнаўцаў

Від сімволікі эмблема

Апісанне круг, абмежаваны лініяй карычневага колеру, у верхняй частцы (2/3) круга галубога колеру размешчана падаючая капля светла-серага колеру, усярэдзіне каплі - стылізаваны залаціста-жоўты колас, ніжняя частка круга (1/3) падзелена на сем карычневых і шэсць залаціста-жоўтых палос, знешчаных па чарзе.

Дата рэгістрацыі 26 кастрычніка 1995 г.

Міністр юстыцыі В.А. СУКАЛА



Свидетельство о регистрации ОО «Белорусское общество почвоведов»

В 2011 г. Белорусское общество почвоведов переименовано в Общественное объединение «Белорусское общество почвоведов и агрохимиков» (БОПиА). Это самостоятельная республиканская общественная организация деятельности научного характера, в которую на добровольных началах на базе общности интересов в области почвоведения, агрохимии и других смежных наук входят работники академических и отраслевых научно-исследовательских учреждений, высших учебных заведений и производственных организаций.

В обществе состоит более 100 членов, из них 6 академиков, 1 член-корреспондент и 14 докторов наук. Почетными членами являются 25 человек, из них ряд зарубежных представителей: академик Российской академии наук В. Г. Сычев (Россия), академик Национальной академии аграрных наук Украины С. А. Балюк (Украина), доктор с.-х. наук, профессор В. В. Чербарь (Молдова), доктор с.-х. наук, профессор Б. Ф. Апарин (Россия), доктор с.-х. наук А. Карклинш (Латвия).

Главной целью деятельности БОПиА является объединение усилий ученых разных профессий для решения актуальных научных фундаментальных и прикладных проблем, связанных с дальнейшим развитием почвенно-агрохимической науки, а также популяризация профильных знаний путем активизации научных и культурных связей с учебными и научными организациями других стран, проведения совместных научно-исследовательских работ по всестороннему изучению почвенно-земельных ресурсов, проблем их рационального использования.

С 1993 по 2007 г. Белорусское общество почвоведов и агрохимиков возглавлял крупный белорусский ученый в области почвоведения, академик, заслуженный деятель науки Республики Беларусь Н. И. Смян, с 2007 по 2017 г. – А. Ф. Черныш, известный ученый-почвовед страны, заместитель директора по научной работе Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент. В настоящее время председателем является Н. Н. Цыбулько, заместитель директора по научной работе Института почвоведения и агрохимии, доктор сельскохозяйственных наук, профессор.



Николай Иванович Смян



Андрей Феликсович Черныш

Белорусское общество почвоведов и агрохимиков: съезды. I съезд БОПиА «Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях» состоялся 1995 г. в Гомеле и был посвящен 100-летию со дня рождения академика АН БССР П. П. Рогового. Программа включала пленарные и секционные доклады, научную полевую экскурсию по почвам Гомельской области, измененным под влиянием агрогенеза.



Президиум I съезда почвоведов, 1995 г. Л. В. Хотылёва, В. И. Ипатьев,
Н.И. Смян, П. Шипук, С. Г. Скоропанов, Г. В. Добровольский

II съезд «Почвы и их плодородие на рубеже столетий» был организован в Минске 25–29 июня 2001 г. и посвящен 70-летию Белорусского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии.

Было заслушано более 300 докладов по различным аспектам и направлениям почвоведения и агрохимии.

Полевая экскурсия включала ознакомление с распространенными на территории республики почвами на двучленных почвообразующих породах в их естественном и окультуренном состоянии (Докшицкий район Витебской области) и почвами Березинского биосферного заповедника.



Экскурсию проводит академик
НАН Беларуси Н. И. Смян



Профессор кафедры физики и мелиорации
почв факультета почвоведения МГУ
Ф. Р. Зайдельман

В работе III съезда в июне 2006 г. участвовали ученые из России, Украины, Молдовы, Прибалтики, Чехии, Швейцарии, Италии. В докладах освещались результаты исследований по генезису, классификации, диагностике, эволюции и производительной способности почв, рациональному применению удобрений и повышению урожайности сельскохозяйственных культур, экологически безопасному и экономически выгодному землепользованию.



Пленарное заседание III съезда Белорусского общества почвоведов, 2006 г.
Слева направо: 1 ряд – Н. И. Смеян, Г. И. Кузнецов, В. Г. Гусаков, В. В. Лапа
2 ряд – А. Р. Цыганов, Г. В. Добровольский, И. М. Богдевич



Почвенная полевая экскурсия под руководством Н.И. Смеяна, III съезд, 2006 г.

Основной целью проведения очередного IV съезда Белорусского общества почвоведов (Минск, 26–30 июля 2010 г.) под девизом «Плодородие почв – основа устойчивого развития сельского хозяйства», несомненно, стал обмен научной информацией с учеными из регионов с разными почвенно-климатическими и экономическими условиями.

Участниками съезда стали представители научной элиты России, Украины, Польши, Латвии, Молдовы, Казахстана, Азербайджана. На форуме широко обсуждались современные проблемы почвенной науки, агрохимические исследования и разработки по повышению продуктивности сельскохозяйственных культур. Его участники провели научную полевую экскурсию в хозяйства Солигорского района. В рамках проведения съезда сотрудниками Белорусской сельскохозяйственной библиотеки им. И. С. Лупиновича была организована выставка международной научной литературы в области почвоведения и агрохимии, представлена экспозиция новых разработок Института почвоведения и агрохимии.



Пленарное заседание IV съезда, 2010 г.

Пятая встреча членов Белорусского общества почвоведов и агрохимиков «Воспроизводство плодородия почв и их охрана в условиях современного земледелия» состоялась 22–26 июня 2015 г. и включала обсуждение современных проблем почвенной науки, агрохимических исследований и разработки адаптивно-ландшафтных и почвозащитных систем земледелия.

На регулярной основе проводят научно-практические семинары для специалистов почвенной службы Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь по вопросам качества выполнения всех видов почвенно-картографических работ. Оказывается консультативная помощь по вопросам применения удобрений, пригодности почв под те или иные сельскохозяйственные культуры. Члены Общества активно участвуют в учебном процессе вузов республики (БГУ, БГСХА, БГТУ, БГЭУ и др.).



Члены БОПиА поддерживают тесные научные и деловые контакты с коллегами Общества почвоведов им. В. В. Докучаева (Россия), Украинского общества почвоведов и агрохимиков, обществами почвоведов других стран СНГ.

Важное значение придается публикации результатов научных исследований. Среди многочисленных изданий в последние годы опубликованы «Атлас почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2017); научные издания и монографии «Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика» (2017), «Осушенные торфяные и дегроторфяные почвы в составе сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практическое пособие» (2018), «Поступления, потери элементов питания растений в системе атмосферные осадки – почва – удобрение – растение» (2018), «Почвы Республики Беларусь» (2019), «Почвы Полесского государственного радиационно-экологического заповедника» (2019), «Инновационные технологии применения азотных удобрений: теория, методология, практика» (2020), «Справочник агрохимика» (2021), «Комплексные минеральные удобрения: разработка, применение, эффективность» (2021), «Почвенно-агрохимические основы адаптивного использования загрязненных радионуклидами земель» (2022) и другие.

Актуальные исследования почвоведы и агрохимики Беларуси и других стран публикуют в научном журнале «Почвоведение и агрохимия», который согласно приказу ВАК Республики Беларусь от 01.04.2014 № 94 (в редакции приказа Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь 28.01.2022 № 14) включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований. Журнал распространяется через подписку (подписной индекс

00383). Электронная версия журнала размещена на сайте института brissa.by, в Научной электронной библиотеке (eLIBRARY.RU), передается в Национальную библиотеку Республики Беларусь и БелСХБ им. И. С. Лупиновича, в открытом доступе для читателей.



Таким образом, Белорусское общество почвоведов и агрохимиков консолидирует многих ученых постсоветского пространства, готовых к обмену знаниями и ценным опытом, научной информацией во всех профильных направлениях, что обуславливает необходимость проведения встреч и конференций с целью совместного решения задач повышения плодородия и охраны почв – основного природного ресурса.

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГИДРОПРОВОДНОСТИ ПОЧВЕННОЙ СРЕДЫ СО СМЕШАННОЙ СТРУКТУРОЙ

Р. Я. Аббасова, Н. Р. Сулейманов

*Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан*

Введение. Гидротермические ресурсы почвенной среды являются лимитирующими факторами, формирующие ее структурное состояние, так как количество тепла и уровень влагообеспеченности почвы определяют границы колебания ее структурной стабильности и целостности. Сезонное колебание гидротермического режима почв более резко проявляется в верхних такыровидных слоях, в основном, у линии, примыкающей к дневной поверхности почвы.

Абсолютные максимумы гидротермических показателей устанавливают условные границы изменения структурного состояния почвенной среды тяжелых почв.

Для определения характерных особенностей гидропроводности почвенной среды со смешанной структурой, необходимо изучение процесса в почвенных образцах с различной степенью структурной организации (естественной-ненарушенной, смешанной-нарушенной). Сравнительный анализ результатов исследований даст возможность вычислить величину объемов влаги находящихся под воздействием различных сил (менисковые, гравитационные) дисперсной среды.

Объект и методы исследования. Насыщение почвенной среды осуществлено капиллярно, в виде восходящего потока влаги, методом декантации, состоящей из семи сеансов. Задача исследований заключалась в разработке почвенно-экологического приема опреснения почв, основанная на принципах адаптирования к условиям ландшафта, предусматривающая постепенное наращивание выщелачивающего эффекта воды, формирующегося максимальными атмосферными осадками.

Согласно поставленной задаче, на опытном участке проводились следующие работы:

- исследование эффективности выщелачивания солей в почвенной среде с ненарушенной структурой (контроль);
- исследование эффективности выщелачивания солей в почвенной среде со смешанной структурой;
- исследование эффективности выщелачивания солей в почвенной среде со смешанной структурой, закрепленной слабым раствором полимера «ВО».

Предварительные исследования по изучению влияния структурного состояния почвы на водно-физические свойства проводились в лабораторных условиях, на монолитах с различным уровнем структурной орга-

низации (нарушенной, ненарушенной). Опыты проводились на фильтровальном аппарате конструкции Н. Р. Сулейманова [1].

Преимуществом аппарата является создание условий регулирования количества подачи воды на опыт в широком диапазоне, а также возможность подачи нормы увлажнения с помощью капельниц, что является важным условием в создании капиллярного режима подачи воды. Водоподача при опытах соответствовала природным ливневым режимам атмосферных осадков, т. е. 14,6 мм. Режим водоподдачи осуществлялся методом декантации почвенных образцов, которая проводилась до 7 раз, с интервалом, лимитируемым временем достижения почвенной средой наименьшей влагоёмкости.

Почва обрабатывается специальными препаратами, выполняющие роль закрепителя. В качестве такого закрепителя нами был использован полимер «ВО», синтезированный ПО «Полимер» г. Баку. Полимер «ВО» представляет собой 5 %-й гелеобразный водный раствор натриевой соли гидролизованного полиакрилонитрила.

Разность в скоростях водоподъема, между естественной и смешанной структурами формируется при растущем значении свободной пористости почвы, связанной с обработкой. Создание дополнительных поровых пространств больших, чем объем набухания почвы, способствует компенсации потери пористости, которой подвергается почвенная среда при набухании тяжелых почв. Приращение свободной пористости над объемом набухания обеспечивает дополнительный резерв, который именуется реальной пористостью [1].

Результаты исследований. Из-за больших размеров пор смешанной структуры, силы, формирующие нисходящие потоки, превосходящие восходящие, являются доминирующими на определенных отрезках путей следования почвенной влаги, где вода, освобождаясь от действий менисковых сил, принимает свободную, объемную форму и гравитационные силы преобладают над капиллярными (табл. 1, 2).

Таблица 1

Влияние структурного состояния почвы на водоподъемную способность

Варианты опыта, структурное состояние	Высота монолита, мм	Время увлажнения, час	Скорость капиллярного поднятия воды		Коэффициент усиления
			мм/час ⁻¹	мм/сут. ⁻¹	
Естественное	110	195,5	0,563	13,5	–
Смешанное	110	71,5	1,538	36,9	2,73

Таблица 2

Влияние структурного состояния на фильтрационные свойства почвы

Варианты опыта, структурное состояние	Время увлажнения, мин	Глубина промачивания, мм	Водопроницаемость структуры		Коэффициент усиления
			мм/мин. ⁻¹	мм/час ⁻¹	
Естественное	31	23	0,74	44,4	–
Смешанное	31	91	2,94	176,4	3,97

Результаты исследований показывают, что структурное состояние почвенной среды влияет на выщелачивание солей между тактами-декантации.

Между скоростью просачивания воды в почве и выщелачиванием солей существуют определенные пределы, при достижении которых оптимизация выноса солевых компонентов в естественных условиях становится определяемым, что, в целом, делает процесс регулируемым.

Придание почвенной среде смешанной структуры, способствует росту влагопроводности почвы в 3,97 раза или до 176,4 мм/час, против 44,4 мм/час в естественном сложении. Смешанная структура почвы с устойчивыми горизонтальными свободными поровыми пространствами, создает условия, при которых свободная пористость почвенной среды сохраняется, а влагопроводность структуры дает возможность сохранить достигнутый предел высоких значений в течении определенного времени (до начала процесса пептизации внутри почвенных агрегатов).

Смешанная структура, закрепленная полимером «ВО», способствует стабилизации повышенного уровня выноса солей до шестой декантации, что является важным показателем в повышении выщелачивающего эффекта воды. Далее вынос солей, во всех вариантах опыта, падает до естественного уровня выщелачивания, наблюдаемое в природе, особенно на делювиальных равнинах. Значение количественных показателей выноса солей при различном уровне структурной организации почвы дает возможность констатировать общий характер процесса выщелачивания солей, имеющий тенденцию к убыванию. Диапазон изменений выноса солей составляет 0,042–0,391 в варианте опыта с монолитом естественного сложения, а смешанная структура дает возможность увеличению выщелачивания солей в диапазоне 0,055–0,683. Несмотря на не большую разницу между минимальными значениями (0,025 %), максимальное значение диапазонов велико (0,63 %), а абсолютная величина максимума равна 1,021 %.

Общее количество выщелоченных солей при декантации в естественном смешанном и смешанном, закрепленном полимером, составляет соответственно 1,21, 1,63, 2,24 % относительно абсолютно сухой почвы.

Целостность капиллярных ходов является лимитирующим фактором транспортировки влаги и солей. Нарушение целостности вертикальных капиллярных связей является инструментом регулирования миграции солей и влаги. Иными словами, изменяя длину и геометрические размеры капиллярных и свободных пор можно регулировать режим увлажнения, а значит управлять процессом внутреннего перемещения легкорастворимых солей почвы по профилю.

Из анализа теоретических предпосылок и взглядов, посвященных движению воды в почвенной среде, следует, что для почвенно-экологической оптимизации движения влаги, имеются следующие теоретически обоснованные механизмы регулирования:

– изменение структурного состояния почвенной среды, физическая сущность которой является в создании почвенной среды с нарушенными капиллярными связями, стимулирующими гидравлическую проводимость за счет нейтрализации отрицательного эффекта набухания;

– регулирование режима увлажнения почвы, обеспечение ускоренного иссушения почвы за счет увеличения свободных пор и геометрии порового пространства за счет коротких капиллярных пор в площади поперечного сечения почвы;

– абстрагирование направления иммобилизационных (восходящих) потоков влаги и интенсификация испарения влаги за счет увеличения площади поверхности почвенных агрегатов.

Энергетическая связанность поясов ландшафта и составляющих его экосистем, диктует на необходимость разработки мелиоративных методов, основанных на принципах экологической оптимизации почвенных процессов, выдвинутых В. В. Волобуевым, предусматривающих «лучшее согласование практики решения хозяйственных задач с законами природы» [2].

В контексте вышеизложенного, появляется необходимость определения границ колебания почвенных параметров при изменении структурного состояния почвенной среды от воздействия естественных климатических факторов, а также от трансформации и закрепления структуры, т. е. от комплекса воздействий на почву.

Переагрегация почвенной массы происходит в результате циклов набухание-усадка при увлажнении и высыхании. В результате этих процессов идет формирование новых почвенных агрегатов и порового пространства, то есть иного структурного состояния почвы, называемой смешанным структурным состоянием [3–5].

В набухающих естественных солончаках Сиязань-Сумгаитского массива процессы набухание-усадка, в годичном цикле компенсируясь между тактами, возвращаются к исходному уровню. В естественных условиях, созданные процессом усадки, трещины полностью закупориваются после увлажнения почвы в зимний период.

Почвенная среда, с пористостью большего объема набухания почвы, имеет теоретическую основу сохранения естественной водопроницаемости среды и увеличения её, после цикла полного набухания дисперсной среды. Именно смешанная почвенная структура с указанными параметрами пористости в состоянии обеспечить нисходящий поток влаги, следовательно, перемещение солей вниз по профилю.

Смешанная структура, трансформированная из естественного структурного состояния, стабилизируясь, приобретает новое физическое равновесие. Находясь в иерархии структурной организованности почвы на высшей ступени, сохраняет иерархические связи с исходным физическим состоянием почвы, имеет определенную схожесть и приобретенные различия [3].

Приобретенные дополнительные свободные поры увеличивают емкость гравитационных пор, способствующие изменению температурного градиента между отдельно взятым почвенным агрегатом и окружающим его поровое пространство, наконец, площади испарения влаги непосредственно с поверхности почвенных агрегатов, комков, блоков.

Преследуя цель разработки приема регулирования влаго- и солепереноса в дисперсной среде, определены предельные значения лимитиру-

ющих факторов, стимулирующие элементарные почвенные процессы. Сказанное подтверждается разностью между скоростями водоподъемной и фильтрационной, которые колеблются в пределах 43,84–174,86 мм/час.

Результаты исследований гидродинамической сущности процессов, происходящих в почвенной среде, и оценка соленакопления в естественной модели с точки зрения почвенно-экологической совместимости, создают условия для разработки ландшафтно-адаптивного почвенно-экологического метода, обеспечивающего обратимость процесса засоления в естественных солончаках.

Обоснованность подхода в решении проблемы складывается из теории обратимости почвенных процессов вообще, а влагопереноса в частности, что связано с цикличностью гидротермического режима почвы и лимитируемостью геометрии зоны увлажнения.

Для обеспечения обратимости процесса соленакопления, необходимо решение следующих задач, состоящих из двух этапов. В первый этап входят приемы, интенсифицирующие фильтрационные свойства почвенного слоя, которые предусматривают придание природной модели – естественному солончаку с такыровидной морфологией – смешанную структуру, со свободной реальной пористостью большего объема набухания почвы, физической сущностью которого, является создание почвенной среды с нарушенными вертикальными и горизонтальными капиллярными связями. Во втором этапе предусмотрены территориально-организационные мероприятия по накоплению необходимого количества нормы воды, эквивалентной трем и более кратной величине суточных атмосферных максимумов осадков.

Выводы:

1. Неустойчивость почвенной среды, формирующая подвижность водно-физических свойств склонных к набуханию тяжелых почв, согласуется с представлением о реальной пористости, что подтверждает возможность управления процессом.

2. Капиллярную водоподъемную и фильтрационную способность тяжелых почв, склонных к набуханию можно довести до 2,7 и 3,97 соответственно путем преобразования структурного состояния.

Список литературы

1. Сулейманов, Н. Р. Ландшафтно-адаптивное почвенно-экологическое освоение такыровидных солончаков / Н. Р. Сулейманов, Р. Я. Аббасова. – Баку: Элм, 2012. – 145 с.
2. Волобуев, В. Р. Экология почв / В. Р. Волобуев. – Баку: Элм, 1963. – 259 с.
3. Сулейманов, Н. Р. Критерии оценки физического состояния набухающих почв со смешанной структурой / Н. Р. Сулейманов // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям: тез. докладов Всерос. конф. – М.: 2002. – С. 44–45.
4. Круглицкий, Н. Н. Физико-химические основы применения поверхностно активных веществ и полимеров в мелиорации / Н. Н. Круглицкий, В. П. Батюк, Ю. Ф. Ковальчук. – Киев: Науково-думка, 1971. – С. 20–30.
5. Сулейманов, Н. Р. Понятие реальной пористости и оценка его в набухающей почвенной среде со смешанной структурой / Н. Р. Сулейманов // Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям: тез. докладов Всерос. конф. – М. 2002. – с. 115.

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Т. Н. Азарёнок¹, О. В. Матыченкова¹, Матыченков Д. В.¹,
С. В. Дыдышко¹, С. В. Шульгина²

¹ *Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

² *ВАК Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь*

Одной из важнейших характеристик почвенно-ресурсного потенциала сельскохозяйственных земель является их оценка, которая периодически проводится в Беларуси. К настоящему времени в республике проведено пять туров оценки сельскохозяйственных земель: три тура качественной оценки (бонитировки) и два тура кадастровой оценки. Последний тур оценки (второй тур кадастровой) завершился в 2016. [1].

Основными показателями, характеризующими качество земель, которые определялись в этом туре оценки, являлись: балл плодородия почв, нормативный чистый доход, дифференциальный доход и общий балл кадастровой оценки 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 [2].

Материалы оценки для широкого применения переданы всем сельскохозяйственным организациям, по которым проводилась оценка, районным и областным управлениям сельского хозяйства и продовольствия, Министерству сельского хозяйства и продовольствия, размещены на сайте Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь (Госкомимущество) и опубликованы в монографии «Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика» [3].

Кроме основных показателей оценки, в методике кадастровой оценки приведены ряд дополнительных показателей и характеристик, которые могут в дальнейшем использоваться для различных целей. Это – информация о технологических свойствах и местоположении земельных участков, климатические характеристики на время проведения оценки, исходный балл почв, поправочные коэффициенты на неблагоприятные факторы ведения сельскохозяйственного производства, баллы почв под отдельные культуры, гранулометрический состав почв и его сравнение с предыдущим туром кадастровой оценки и др.

Современная методика кадастровой оценки земель предусматривает ежегодное обновление ее результатов с учетом новых исходных данных,

полученных за каждый, прошедший после завершения оценки (или предыдущей корректировки), год: новое почвенное обследование, очередной тур агрохимического обследования, перевод одних видов земель в другие, изменение границ землепользований и т. д. Такие корректировки уже проведены в 2017–2021 годах. Их результаты по хозяйствам, районам и областям также ежегодно публикуются на сайте Госкомимущества.

Из всех показателей кадастровой оценки наиболее важным и значимым является балл плодородия почв. Он характеризует пригодность земель для возделывания сельскохозяйственных культур по совокупности природных свойств: почвенного покрова, учитываемого по шкале оценочных баллов (исходный балл) и наличия других факторов, также влияющих на урожайность: культуртехнических, агрохимических, мелиоративных, климатических (учитываемых с помощью поправочных коэффициентов к исходному баллу). Балл плодородия почв используется для расчета других показателей оценки, а также может самостоятельно применяться для решения различных задач в сфере сельскохозяйственного производства.

Основными направлениями использования всех показателей оценки плодородия почв (исходного и окончательного баллов, баллов под отдельные культуры, поправочных коэффициентов на неблагоприятные факторы ведения сельскохозяйственного производства и др.) являются:

- оптимизация размещения посевов сельскохозяйственных культур с учетом качества земель, совершенствование структуры посевных площадей и специализации сельскохозяйственных организаций;
- агропроизводственная группировка почв и определение их площадей по степени пригодности под различные культуры, установление сырьевых зон перерабатывающих предприятий;
- разработка планов применения удобрений и анализ их окупаемости;
- прогнозирование урожайности сельскохозяйственных культур;
- анализ результатов хозяйственной деятельности с определением сопоставимых показателей в расчете на балло-гектар;
- определение резервов повышения плодородия почв и очередности мероприятий по улучшению их качества.

Также одним из главных показателей кадастровой оценки земель является нормативный чистый доход. Он характеризует степень экономической благоприятности земельных участков для возделывания сельскохозяйственных культур по отношению к средним по стране условиям. Это разница между стоимостью нормативной продукции с 1 га в расчетных среднереспубликанских ценах и нормативными затратами на ее производство, с учетом технологических свойств почв и местонахождения рабочих участков. Нормативный чистый доход показывает сколько можно получить продукции в денежном выражении с 1 га сельскохозяйственных земель, исходя из их качества.

Показатели нормативного чистого дохода могут использоваться при обосновании мероприятий по выравниванию экономических условий хозяйствования, по государственной поддержке товаропроизводителей, а также по оптимизации землепользования, при проведении которой поля и участки, имеющие отрицательный нормативный чистый доход исключаются из состава пахотных земель и переводятся в другие, менее интенсивные виды использования, или для несельскохозяйственных целей.

Дифференциальный доход – это сверхнормативный доход, образующийся на землях лучшего качества и местоположения по сравнению с худшими условиями возделывания сельскохозяйственных культур. Представляет собой разницу между стоимостью нормативной продукции с 1 га в кадастровых ценах и нормативными затратами на производство этой продукции. Кадастровая цена устанавливается по затратам в худших условиях. Показатели дифференциального, как и нормативного чистого дохода, дают представление об обусловленной качеством земли сравнительной доходности производства продукции земледелия и используются для расчета общего балла кадастровой оценки.

Общий балл кадастровой оценки – это балл, соответствующий баллу плодородия, обеспечивающему такой же по величине нормативный чистый или дифференциальный доход при фиксированных среднереспубликанских показателях оценки технологических свойств и местоположения земельных участков. Он дает представление об относительной ценности земельных участков как средства производства по совокупности свойств – плодородию, технологическим характеристикам и местоположению. Он также имеет функциональную связь с показателями нормативного чистого и дифференциального дохода. В силу этого он является объективным показателем для определения уровня и дифференциации ставок земельного налога и арендной платы за пользование земельными участками.

Кроме вышперечисленных, имеется также ряд других направлений использования материалов кадастровой оценки [3–5]:

- информация о технологических свойствах и местоположении рабочих участков, может быть использована для объективного нормирования полевых механизированных работ по возделыванию сельскохозяйственных культур;

- для выполнения отдельных видов землеустроительных работ, таких как разработка проектов внутрихозяйственного землеустройства, схем землеустройства районов, региональных схем;

- для определения размеров убытков и упущенной выгоды, причиненных землепользователям изъятием у них земель и для качественной оценки процесса деградации почв и сельскохозяйственных земель;

- для комплексной характеристики сельскохозяйственных земель в целях выполнения учебных, научно-исследовательских работ, в том

числе связанных с выявлением зависимости результатов хозяйственной деятельности от качества земель, сравнительной оценки производственного потенциала сельскохозяйственных организаций.

Таким образом, показатели кадастровой оценки земель способствуют решению задач в области агропочвоведения, агрономии, экологии, для целей научного обеспечения принятия решений в сфере рационального землепользования и эффективного возделывания сельскохозяйственных культур.

Список литературы

1. Шибут, Л. И. Новый этап оценки сельскохозяйственных земель в Беларуси / Л. И. Шибут, Т. Н. Азаренок, О. В. Матыченкова // Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия. Сборник докладов международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени Докучаева». – Курск: ФГБНУ Курский ФАНЦ», 2019. – С. 386–390.
2. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств. Содержание и технология работ. ТКП 302-2011 (03150) / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. – Минск, 2011. – 137 с.
3. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика / Г. М. Мороз [и др.]; под ред. Г. М. Мороза и В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 208 с.
4. Мороз, Г. О содержании материалов кадастровой оценки сельскохозяйственных земель и их использовании / Г. Мороз, С. Дробыш // Земля Беларуси. – № 2, 2016. – С. 13–18.
5. Шибут, Л. И. Показатели кадастровой оценки сельскохозяйственных земель в Беларуси, их назначение и применение / Л. И. Шибут, Т. Н. Азаренок // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 2(65). – С. 36–44.

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ ДЕГРАДАЦИИ ОРГАНОГЕННЫХ ПОЧВ

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

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

Оценка трансформации органогенных почв под влиянием антропогенных воздействий должна быть основана на определенных качественных критериях и параметрах, наиболее информативно характеризующих пространственно-временные изменения их состава и свойств. Установление таких показателей позволяет выявить эволюционное развитие органогенных почв, направленность произошедших изменений для последующей комплексной эколого-экономической оценки ущерба сельскохозяйственному производству от происходящих на них процессов деградации на основе характеристики их агроэкологического состояния.

Разработка критериев оценки состояния мелиорированных торфяных почв разной степени деградации относится к концептуальным подходам к решению вопросов рационального их использования, что является актуальным вопросом в современных условиях государственной экологической политики.

В соответствии с постановлением Совета Министров от 15 июня 2021 года № 341 утвержден Национальный план действий по предотвращению деградации земель (почв) на 2021–2025 гг. [1], в который включены 42 мероприятия, направленные на совершенствование правового регулирования в области предотвращения деградации земель, реализацию практических мер по предотвращению деградации и восстановлению деградированных почв, а также повышение уровня научно-технических знаний, наращивание потенциала информационного обеспечения и укрепления международного сотрудничества. В числе мероприятий – развитие мониторинга окружающей среды, совершенствование статистического учета в области окружающей среды, ведение кадастров природных ресурсов; оценка степени деградации экосистем; развитие информационной системы, обеспечение открытости, достоверности и своевременности экологической информации по вопросам состояния окружающей среды, ее охраны и использования природных ресурсов в отношении территории Беларуси.

Объектом исследований явилось все видовое разнообразие осушенных торфяных маломощных почв и дерготорфяных почв, дифференцированных по содержанию органического вещества (ОВ) в пахотном (торфяно-минеральном) горизонте – торфяно-минеральные (50,0–20,1 % ОВ), минеральные остаточно-торфяные (20,0–5,1 % ОВ), подстилаемые/сменяемые рыхлыми песками землепользований Октябрьского района Гомельской области (ОАО «Дербин», ОАО «Краснослободское» и др.). Исследования проведены с использованием данных полевых исследований 2021 г., корректировки почвенно-картографических материалов осушенных территорий Республики Беларусь (2006–2020 гг.), литературных и фондовых почвенных научно-исследовательских работ (1990–2021 гг.).

Все важнейшие свойства органогенных почв – агрофизические, физико-химические – зависят от содержания и состава органического вещества, и их изменение вследствие осушения является одним из важнейших факторов, обуславливающих эволюцию мелиорированных почв, а запасы органического вещества почвы определяют ее агроэкологическое состояние, влияют на их продуктивность [2].

В результате полевых и лабораторных исследований с применением методов математического моделирования были построены и апробированы модельные уравнения, отражающие ведущую роль количественного содержания органического вещества (ОВ). Для разработки критериев и параметров, характеризующих степени деградации почв, находящихся на разных стадиях антропогенной эволюции установлены тесные корреляционные связи между содержанием ОВ, производительной способностью почв и показателями содержания и запасов валового химического состава (углерода, азота, калия, кальция, ($R^2 = 0,61–0,98$, $r = 0,55–0,89$); общим азотом, его органических и минеральных соединений, их запасов ($R^2 = 0,63–0,98$, $r = 0,55–0,82$); биохимическими показателями плодородия ($R^2 = 0,61–0,89$, $r = 0,51–0,63$).

Для обоснования оценки ущерба от деградации органогенных почв различной степени антропогенной трансформации требуется выбор и расчет показателей, отражающих производственно-экологические функции почв/земель в качестве меры эффективности затрачиваемых средств и материальных ресурсов возделывания различных групп культур применительно к конкретной территории землепользования. В настоящее время нет единства классификации эколого-экономических показателей эффективности использования земель в сельском хозяйстве.

Нами были рассчитаны среднестатистические данные и получены ориентировочные параметры по содержанию и запасам валовых форм азота, углерода, оксидов фосфора, калия, кальция; запасы ОВ; содержанию и запасам общего азота, эмиссии CO_2 и др. для каждой из выделенных 4 сте-

пеней деградации («слабой», «средней», «сильной» и «очень сильной степени деградации»), характеризующие агроэкологический потенциал почв и, трансформация которых ведет к изменению производительной способности почв, урожайности сельскохозяйственных культур (табл.).

Таблица

Ориентировочные параметры для эколого-экономической оценки ущерба от деградации органогенных почв сельскохозяйственных земель (фрагмент)

Критерий	Параметры степени деградации почв			
	слабая	средняя	сильная	очень сильная
Запасы ОВ, т/га	>1060	1060–571	571–270	<270
Содержание N, %	>3,25	3,25–1,22	1,21–0,40	<0,40
Запасы в почве N, т/га	>48,5	48,5–25,8	25,7–11,9	<11,9
Содержание С, %	>31,14	31,13–12,68	12,67–5,17	<5,17
Запасы в почве С, т/га	>461,9	461,9–265,3	265,3–150,1	<150,1
Содержание P ₂ O ₅ , %	>0,56	0,56–0,29	0,28–0,19	<0,19
Запасы в почве P ₂ O ₅ , т/га	>8,1	8,1–6,0	6,1–5,1	<5,1
Содержание K ₂ O, %	>0,15	0,14–0,08	0,07–0,06	<0,06
Запасы в почве K ₂ O, т/га	>2,1	2,1–1,8	1,7–1,5	<1,5
Содержание СаО, %	>1,26	1,26–0,47	0,46–0,14	<0,14
Запасы в почве СаО, т/га	>18,8	18,8–9,9	9,8–6,9	<6,9
Содержание Нобщ, мг/кг	>32506	32506–12757	12756–6312	<6312
Запасы в почве, т/га	>47,5	47,5–26,8	26,7–13,9	<13,9
Содержание Ннгл, мг/кг	>29451	29451–11429	11428–3930	<3930

В результате проведенных исследований установлено, что трансформация экологических функций торфяных и дегроторфяных почв пахотных земель через изменение урожайности сельскохозяйственных культур в условиях республики может быть выражена и самостоятельными натуральными (нормативная урожайность, ц/га; валовый сбора зерна, (т); валовой сбор зерна, т/100 балло-гектаров) и стоимостными показателями (нормативные затраты, долл. США/га; нормативная себестоимость, ц; нормативный дифференциальный доход, долл./га; нормативный чистый доход, долл./га) для расчета издержек при их выращивании на деградированных почвах и принятия мер экономического регулирования состояния их плодородия.

Установлен рост нормативных затрат на дегроторфяных торфяно-минеральных почвах в 1,1 раза при возделывании озимой тритикале, в 1,3 раза – овса, снижение дифференциального дохода на дегроторфяной минеральной остаточно-торфяной почве в 3,0 раза при возделывании озимой ржи и в 31,9 раза – озимой пшеницы, снижение нормативного чистого дохода в 5,6 раза при возделывании озимой пшеницы и в 51,0 раза

при возделывании озимой тритикале по сравнению с торфяной маломощной почвой. Нормативные затраты на дегроторфяных торфяно-минеральных почвах возрастают в 1,2 раза при возделывании картофеля и в 1,3 раза – кукурузы, дифференциальный доход на дегроторфяной минеральной остаточно-торфяной почве снижается в 4,2 раза при возделывании кукурузы и в 6,4 раза – сахарной свеклы и нормативный чистый доход снижается в 8,2 раза при возделывании кукурузы и в 63,6 раза при возделывании сахарной свеклы по сравнению с торфяной маломощной почвой.

Установлена стоимость недополученного урожая через показатель валового сбора зерна (т) и производственного потенциала почв через показатель валового сбора зерна (т/100 балло-гектаров). В ряду почв от торфяной маломощной до деградированной минеральной остаточно-торфяной показатель валового сбора зерна (т) снижается и составляет 312, 262, 222 т соответственно. По валовому сбору зерна в расчете на 100 балло-гектаров самый высокий показатель имеют торфяные маломощные почвы 6,4 (т), а в дегроторфяной минеральной остаточно-торфяной – 4,9 (т), что указывает на снижение производственного потенциала и снижение эффективности использования дегроторфяных почв.

Полученные результаты исследования могут быть использованы для расчета эколого-экономической оценки ущерба от деградации органогенных почв сельскохозяйственных земель.

Список литературы

1. Постановление Совета Министров от 15.06.2021 г № 341 «Национальный план действий по предотвращению деградации земель (почв) на 2021–2025 годы» // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/C22100341_1623963600.pdf. – Дата доступа: 15.10. 2021).
2. Азаренок, Т. Н. Агроэкологические особенности антропогенной трансформации состава и свойств осушенных агроторфяных почв Беларуси / Т. Н. Азаренок, С. В. Шульгина // Земледелие и защита растений. – № 5. – 2016. – С. 3–5.

АЗОТФИКСАЦИЯ ПОД ПОСАДКАМИ КЛЮКВЫ КРУПНО-ПЛОДНОЙ НА ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНИКАХ БЕЛАРУСИ

С. П. Антохина, Г. И. Булавко, А. П. Яковлев

*Центральный ботанический сад НАН Беларуси,
г. Минск, Беларусь*

Из значительного разнообразия ягодных культур, возделываемых в Беларуси, агроэкосистемы плантационных культур клюквы крупноплодной являются специфическими насаждениями: во-первых, монокультура, выращиваемая на одном месте до 100 лет; во-вторых, культура нетребовательная к высоким дозам минеральных удобрений; в-третьих, ацидофил, в связи с чем успешная интродукция возможна только на кислых почвах.

Технология возделывания клюквы крупноплодной предусматривает применение минеральных удобрений, использование которых истощает естественный потенциал плодородия почв, ухудшает экологическую обстановку, снижает качество ягодной продукции. В связи с этим актуальна разработка биотехнологии повышения продуктивности растений, основанной на максимальном использовании потенциальных возможностей агроэкосистем и почвенных микроорганизмов. Направленное создание микробно-растительных систем и их широкое использование позволит обеспечить качественно иной уровень промышленного ягодоводства, сделав его малозатратным, экологически более безопасным, а, следовательно, и более конкурентоспособным.

По данным Э. И. Коломиец с соавторами [1], специалистами Института микробиологии НАН Беларуси подтверждена принципиальная возможность образования симбиоза diaзотрофных микроорганизмов с небобовыми растениями и доказана перспективность применения искусственных ассоциаций микроорганизмов в качестве агентов, способных активно колонизировать корневую систему и синтезировать гормоноподобные соединения.

Цель исследований – изучить особенности влияния различных видов удобрений на азотфиксирующую способность микробоценоза в условиях выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений Беларуси.

Полевой эксперимент проводился на выработанных торфяниках верхового типа «Зеленый Бор» (центральная агроклиматическая зона) и «Рамжино» (северная агроклиматическая зона) в вегетационные периоды 2020–2021 гг. В качестве объектов исследований были использованы 2-летние (молодые) и 8-летние (взрослые) растения модельных сортов *Oxycoccus macrocarpus* (Ait.) Pursh. – *Ben Lear* (раннеспелый) и *Stevens* (позднеспелый). Схема опыта для каждого сорта включала 5 вариантов: 1 – контроль, без внесения удобрений; 2 – внесение удобрения Basacot Plus 6 N₁₅P₈K₁₂ кг/га д. в. из расчета 15 г/м² методом равномерного разбрасывания с последующим поливом водой; 3 – некорневая обработка вегети-

рующих растений раствором удобрения Экогум-комплекс в концентрации 15 мл на 3 л воды из расчета 30 мл/м²; 4 – внесение 5 %-ного раствора препарата МаКлоР методом полива из расчета 2 л/м²; 5 – внесение 10 %-ного раствора препарата МаКлоР методом полива из расчета 2 л/м². Отбор образцов торфяного субстрата осуществлялся трижды за сезон – в июне (через месяц после обработки и внесения удобрений), июле и сентябре.

Активность азотфиксации определяли ацетиленовым методом [2] на газовом хроматографе с пламенным ионизационным детектором Хромос ГХ-1000. Аналитические определения выполнены в 3-кратной повторности. Статистическая обработка экспериментального материала проводилась с использованием пакета анализа данных *MS Office Excel*.

Выработанные торфяники обладают комплексом специфических свойств – высокий уровень кислотности, низкое содержание подвижных форм основных элементов питания, особые термо- и гидрологический режимы, но при этом обладают высоким ресурсным потенциалом для произрастания ягодных растений подсемейства *Vaccinioideae* [3]. При трансформации их в агроэкосистемы значительно меняется круговорот веществ и в целом биопродуктивность этих почв. Показатели, характеризующие величину активности азотфиксации под посадками клюквы крупноплодной, представлены в таблице.

Активность азотфиксации зависела от возраста и сортовой принадлежности опытных растений, вносимого препарата, а также места их культивирования (центральная или северная агроклиматическая зона).

Анализируя ход сезонной динамики изучаемых характеристик в контрольном варианте и для молодых, и для взрослых растений отмечалось преимущественное увеличение активности азотфиксации от начала к концу сезона вегетации. При этом только под посадками молодых растений сорта *Ben Lear* и у взрослых сорта *Stevens* по завершении вегетационного периода отмечено снижение относительно предыдущих сроков измерения.

Активность азотфиксации под посадками молодых ягод клюквы двух сортов была максимально высокой в варианте с использованием органического удобрения Экогум при возделывании на торфяниках в северной агроклиматической зоне. Возделывание клюквы в центральной агроклиматической зоне показала иную картину. Пик активности азотфиксации фиксировался при культивировании клюквы с использованием микробного удобрения МаКлоР и составлял 17,3–19,21 нМ азота на грамм почвы за час, что в 1,7–2,2 раза больше по сравнению с контрольным вариантом.

В центральной агроклиматической зоне при возделывании клюквы крупноплодной сорта *Ben Lear* с использованием минерального удобрения активность азотфиксации превышала контроль в 1,1 раза только при втором отборе проб (июль), когда в остальных вариантах отмечалось увеличение азотфиксации в 1,2–2,2 раза при первом отборе почвы (июнь). Хочется отметить, что в июле активность азотфиксации под данными посадками в вариантах с использованием органического и микробного удобрений была ниже контрольного варианта. Это свидетельствует лишь о том, что пик активности процесса азотфиксации происходил раньше,

чем в вариантах 1 и 2. При культивировании клюквы сорта *Stevens* в этой же агроклиматической зоне пик активности азотфиксации в начале вегетационного периода отмечался в вариантах с использованием органического удобрения Экогум и контроле, позднее – в вариантах с использованием МаКлоРа и минерального удобрения.

Таблица

Активность азотфиксации под посадками клюквы крупноплодной в полевом эксперименте

Варианты опыта	Сроки отбора образцов					
	10.06.		07.07.		29.09.	
	нМ азота на г почвы за час	%	нМ азота на г почвы за час	%	нМ азота на г почвы за час	%
г. м. «Рамжино»						
Сорт Бен Лир (молодые растения)						
Вариант 1	11,8±0,1	100	16,4±0,004	100	6,5±0,007	100
Вариант 2	12,2±0,1	103,2	18,2±0,1	110,6	13,2±0,02	203,9
Вариант 3	20,3±0,1	170,9	20,6±0,3	125,7	33,8±0,4	519,5
Вариант 4	18,8±0,04	158,6	15,7±0,2	95,9	23,2±0,27	356,6
Вариант 5	15,1±0,02	127,1	19,6±0,2	119,4	27,4±0,04	421,3
Сорт Стивенс (молодые растения)						
Вариант 1	18,0±0,1	100	18,3±0,1	100	21,9±0,1	100
Вариант 2	23,4±0,01	130,4	13,2±0,07	72,3	17,5±0,3	80,1
Вариант 3	27,1±0,06	150,5	16,4±0,02	89,9	28,7±0,1	130,9
Вариант 4	22,3±0,1	124,2	19,2±0,3	105,1	28,3±0,1	129,3
Вариант 5	18,2±0,01	101,3	20,02±0,05	109,4	30,2±0,003	137,9
Сорт Стивенс (взрослые растения)						
Вариант 1	20,2±0,2	100	3,8±0,02	100	10,8±0,16	100
Вариант 2	21,0±0,07	69,1	9,8±0,04	169,2	17,6±0,2	163,4
Вариант 3	22,0±0,3	72,6	8,4±0,02	217,8	16,6±0,3	153,5
Вариант 4	28,4±0,01	93,6	8,7±0,04	224,9	23,7±0,2	219,2
Вариант 5	40,6±0,02	133,8	13,6±0,04	351,1	28,2±0,2	261,1
г. м. «Зеленый Бор»						
Сорт Бен Лир (молодые растения)						
Вариант 1	8,7±0,03	100	12,9±1,1	100	42,0±0,2	100
Вариант 2	7,2±0,02	83,6	14,8±0,3	114,4	38,8±0,5	92,2
Вариант 3	10,6±0,03	122,7	5,1±0,01	39,7	43,9±0,2	104,3
Вариант 4	13,2±0,03	152,0	11,7±0,1	90,1	37,6±0,02	89,3
Вариант 5	19,2±0,11	220,7	6,2±0,04	48,2	40,1±0,02	95,4
Сорт Бен Лир (взрослые растения)						
Вариант 1	20,6±0,1	100	22,3±0,2	100	26,5±0,3	100
Вариант 2	17,1±0,06	82,8	13,6±0,1	61,1	15,2±0,3	57,5
Вариант 3	23,7±0,06	114,7	23,5±0,3	105,2	13,7±0,02	51,9
Вариант 4	23,5±0,2	113,9	26,6±0,3	119,2	17,3±0,3	65,3
Вариант 5	21,6±0,06	105,0	18,1±0,02	80,8	22,9±0,3	86,4
Сорт Стивенс (молодые растения)						
Вариант 1	11,3±0,04	100	10,3±0,01	100	17,8±0,2	100
Вариант 2	11,2±0,04	99,3	15,2±0,09	147,6	19,4±0,2	108,9
Вариант 3	12,4±0,02	110,4	12,1±0,07	117,0	19,8±0,1	111,3
Вариант 4	11,2±0,05	99,6	17,3±0,1	167,9	33,9±0,1	190,8
Вариант 5	9,4±0,05	83,7	12,9±0,01	125,1	25,7±0,3	144,6
Сорт Стивенс (взрослые растения)						
Вариант 1	25,9±0,1	100	29,1±0,2	100	12,6±0,2	100
Вариант 2	22,0±0,1	84,8	38,7±0,3	133,3	16,3±0,3	128,6
Вариант 3	26,1±0,01	100,8	25,3±0,06	87,0	14,5±0,2	114,9
Вариант 4	23,7±0,001	91,3	28,5±0,08	98,0	10,5±0,08	83,0
Вариант 5	38,3±0,2	147,9	28,7±0,4	98,9	10,1±0,08	80,3

Показатели активности азотфиксации при культивировании клюквы крупноплодной в северной агроклиматической зоне Беларуси отличались от центральной. Пик активности азотфиксации для клюквы сорта *Stevens* наблюдался в начале вегетационного периода в вариантах с использованием органического, минерального и микробного (в концентрации 5 %) удобрений и превышал на 24–50 % контроль. При возделывании молодых саженцев клюквы сорта *Ben Lear* более активная азотфиксация протекала в середине вегетационного периода (второй отбор пробы) у большинства вариантов и составляла 18,20–20,68 нМ азота на грамм почвы за час.

Обработка удобрением МаКлоР взрослых растений клюквы крупноплодной так же приводила к максимальной активности азотфиксации: для сорта *Stevens* – концентрация МаКлоРа 10 %, для сорта *Ben Lear* – 5 %. При этом данный показатель в варианте с МаКлоРом превышал контроль на 30–50 % при культивировании клюквы сорта *Stevens*, и на 20 % – клюквы сорта *Ben Lear*.

Хочется отметить, что для молодых растений клюквы крупноплодной двух сортов активность процесса азотфиксации была выше в северной агроклиматической зоне по сравнению с центральной. Для взрослых саженцев такой закономерности не выявлено.

Таким образом, на данном этапе установлены различия азотфиксирующей способности почв выработанных торфяников под посадками клюквы крупноплодной в зависимости от возраста и сортовой принадлежности опытных растений. Внесение минеральных удобрений ингибировало азотфиксирующую способность торфяного субстрата по отношению к микробному препарату МаКлоР особенно в посадках молодых растений клюквы крупноплодной в северном регионе нашей республики. Полученные результаты показывают, что применение биопрепарата на основе diaзотрофов может рассматриваться в качестве варианта по замене минеральных азотных удобрений при культивировании клюквы крупноплодной.

Список литературы

1. Коломиец, Э. Экологически безопасные биотехнологии для сельского хозяйства / Э. Коломиец, Н. Сверчкова, М. Мандрик-Литвинович // Наука и инновации. – 2019. – № 3(193). – С. 4–9.
2. Умаров, М. М. Ацетиленовый метод изучения азотфиксации в почвенно-микробиологических исследованиях / М. М. Умаров // Почвоведение. – 1976. – № 11. – С. 119–123.
3. Яковлев, А. П. Реализация биосферносовместимой технологии рекультивации выработанных торфяных месторождений в Беларуси / А. П. Яковлев // Торфяники Западной Сибири и цикл углерода: прошлое и настоящее: мат-лы IV Междунар. полев. симпоз., Новосибирск, 4–17 авг. 2014 г.; под ред. А. А. Титляновой, М. И. Дергачевой. – Томск, 2014. – С. 372–374.

ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

Н. В. Афонченко

*Курский федеральный аграрный научный центр,
г. Курск, Россия*

Охрана и рациональное использование почвы, воды, воздуха, флоры и фауны – важнейшие составляющие стратегии развития агропромышленного комплекса. Почвы склонов, сформированные в условиях пересеченного рельефа и подверженные воздействию водной эрозии, имеют пониженное плодородие. Плодородие почвы характеризуется физическими, химическими, биологическими и иными показателями. Благоприятные агрофизические, агрохимические и биологические свойства почв являются необходимыми условиями, определяющими плодородие и получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур.

В процессе сельскохозяйственного использования плодородие почв склонов претерпевает ряд изменений, характер которых зависит от агроэкологических условий ландшафта [1]. Так, на поверхности склона с уклоном до 2° сток не достигает размывающей скорости, и эрозия почти не проявляется, на склонах с уклоном 2–4° происходит концентрация стока в струи, обладающие энергией размыва, на склонах с уклоном 4–8° наблюдается интенсивное разрушение почвенного покрова. На эродированных землях Центральной лесостепи недобор продукции растениеводства ежегодно составляет в пересчете на зерно 12,2 млн ц [2]. Наличие эродированных почв – одно из основных причин неполного использования биоклиматических ресурсов.

Основу почвенного плодородия составляет гумус. Дегумификация и дисбаланс нарушают эту основу. Основными причинами дегумификации является эрозия и минерализация почвенного органического вещества. В процессе эрозии почва теряет самый плодородный, гумусированный слой. Общая тенденция сокращения гумусового слоя черноземов, даже не подверженных эрозии, составляет 5 см с колебаниями 1–10 см за 18–20 лет. Потери 1 см чернозема означают потери 7–9 т гумуса с гектара, а для его восстановления природе понадобятся сотни лет.

Б. П. Ахтырцев в своих работах отмечал, что в пахотном горизонте разных подтипов черноземов за счет смыва среднее содержание гумуса сокращалось: в слабосмытых – на 15–20 %, среднесмытых – на 28–40 % и сильно смытых – на 47–55 %.

Очень важным показателем плодородия почвы является количество фосфора. Для эродированных почв черноземного типа почвообразования запас подвижных форм фосфора чаще всего находится в прямой зависимости от степени смытости почвы. В слабосмытом черноземе Курской

области содержалось 8,3 мг/100 г $P_2 O_5$ – при слабой окультуренности, при средней – 11,7, при высокой – 33,1 мг/100 г [3].

Изменение содержания калия в эродированных почвах по сравнению с неэродированными зависит от агрохимических свойств ниже лежащих генетических горизонтов, которые вовлекались вместо смытых в пахотный слой [3].

Одним из основных показателей почвенного плодородия является кислотность. Так, по данным А. Н. Каштанова и В. Е. Явтушенко считается, что реакция почвенного раствора слабо- и среднесмытых почв Нечерноземной зоны по сравнению с несмытыми не изменяется. Однако на всех типах и подтипах почв с увеличением степени смытости наблюдается снижение гидролитической кислотности и увеличение суммы поглощенных оснований. Основные различия в реакции почвенной среды как и для почв несмытых, так и при различной степени смытости, как правило, связаны с влиянием особенностей почвообразующих пород и их гранулометрического состава. Высокое содержание карбонатов и сдвиг реакции рН в сторону щелочной для верхних горизонтов эродированных почв особенно сильно проявляется в обыкновенных, южных и карбонатных черноземах [4].

Цель исследований – изучение пространственного варьирования показателей плодородия для разработки системы поддержки принятия решений по использованию природно-ресурсного потенциала в склоновом агроландшафте.

Методы исследований. Объектом исследований является опыт на поле с куполообразной формой рельефа площадью 86 га на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в Медвенском районе Курской области. Исследования проводятся с 2011 г. Поверхность склонов отличается явно выраженной волнистостью. Высота над уровнем моря составляет 170–220 м. Почвы – чернозем типичный и чернозем выщелоченный различной степени смытости и намытости на лессовидных суглинках. Характер комплексности почвенного покрова меняется от вершины вниз по склонам. Исследования проводились в 360 точках на всех экспозициях (северная, южная, восточная, западная, северо-восточная, северо-западная, юго-восточная, юго-западная и на плакоре). В точках исследований с помощью GPS–приемника были определены координаты, топографическая съёмка, и проведено картирование. Почвенные образцы для агрохимического анализа отбирались в каждой точке из 0–20 см слоя почвы. Содержание гумуса определяли по методу Тюрина в модификации Б. А. Никитина со спектрофотометрическим окончанием по Д. С. Орлову и Гриндель; подвижные формы фосфора и калия – по Чирикову (ГОСТ 26204-61); кислотность – (рН соевой вытяжки устанавливали потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85)). Для обработки полученных данных применяли статистические методы анализа с использованием Microsoft office EXCEL, STATISTICA.

Результаты исследований. При анализе результатов производственной деятельности по хозяйствам Курской области (продуктивность в среднем за 4 года), было установлено, что продуктивность пашни зависит от сочетаний исходного уровня плодородия почв и гидротермических условий территории. В таблице 1 приводится статистическая характеристика показателей плодородия почв по хозяйствам Курской области.

Таблица 1

Статистическая характеристика плодородия почв по хозяйствам Курской области (n = 530) [5]

Показатели	X сред.	X min	X max	S*	V**, %
Коэффициент увлажнения	1,0	0,88	1,09	0,07	7,0
Гумус, %	4,54	1,40	7,30	1,23	27,0
P ₂ O ₅ , мг/100 г	138,6	72,0	266,0	32,16	23,2
K ₂ O, мг/100 г	110,5	50,0	242,7	28,8	26,1
pH _{KCl}	5,49	4,5	7,1	0,45	8,2
Продуктивность, ц з. ед./га	25,0	9,3	53,9	6,86	29,4

*S – стандартное отклонение; **V – варьирование.

Анализ полученного материала по хозяйствам Курской области свидетельствует о варьировании показателей плодородия. Об этом свидетельствует коэффициент вариации (V, %), наибольшая его величина была для продуктивности культур и имела среднее значение (29,4 %), также средняя величина варьирования отмечалась для содержания гумуса, подвижных форм фосфора и калия.

В таблице 2 представлены статистические параметры показателей плодородия почвы полигона.

Таблица 2

Статистические параметры показателей плодородия полигона (Курская область, Медвенский район)

Показатели	X сред.	X min	X max	S	V, %
Уклон в градусах	2,23	0,045	4,51	1,22	54,7
Гумус, %	5,59	5,03	6,12	0,33	6,0
P ₂ O ₅ , мг/100 г	12,6	8,8	16,9	1,8	14,6
K ₂ O, мг/100 г	14,0	9,9	25,2	3,5	24,9
pH _{KCl}	6,0	5,3	7,2	0,5	8,8

Исследованиями было установлено, что содержание гумуса в почве на полигоне имело незначительное варьирование (6,0 %) и его содержание снижалось при увеличении угла склона. Наибольшее содержание гумуса отмечалось на склоне северо-восточной экспозиции и составляло 6,12 %. Наименьшее содержание гумуса в среднем отмечалось на склоне южной экспозиции и составляло 5,03 %.

Средний угол уклона составлял $2,23^\circ$, максимальный угол уклона составлял $4,51^\circ$ (северо-западная экспозиция). Коэффициент вариации по этому показателю был наиболее значимым и составил 54,7 %.

Среднее содержание подвижного фосфора на полигоне составляло 12,6 мг/100 г, а наибольшее его содержание отмечалось на склоне северо-западной экспозиции и составляло 15,0 мг/100 г. Коэффициент вариации по содержанию подвижного фосфора имел среднюю величину и составлял 14,6 %.

Среднее содержание подвижного калия на полигоне составляло 14,0 мг/100 г и имело значительное варьирование (24,9 %). Наибольшее содержание подвижного калия в среднем отмечалось на склоне юго-западной экспозиции и составляло 15,6 мг/100 г, наименьшее количество подвижного калия отмечалось в среднем на склоне северо-восточной экспозиции (12,8 мг/100 г).

Величина кислотности почвы (pH_{KCl}) на полигоне колебалась от 5,3 до 7,2 и имела незначительное варьирование (8,8 %). На южном и юго-западном склонах кислотность почвы составляла 7–7,2. На склоне северо-восточной экспозиции величина кислотности составляла 5,3–5,6.

Анализ полученного материала свидетельствует о том, что на полигоне, имеющем куполообразную форму, показатели плодородия почвы изменялись в зависимости от местоположения в рельефе (по экспозициям). Содержание гумуса на полигоне изменялось по экспозициям склона и снижалось при увеличении угла склона.

Список литературы

1. Каштанов, А. Н. Агрэкология почв склонов / А. Г. Каштанов, В. Е. Явтушенко. – М.: Колос, 1997. – 240 с.
2. Иванов, В. Д. Защита почв от эрозии и повышение их плодородия на основе комплекса противоэрозионных мероприятий в Центральной лесостепи: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук / В. Д. Иванов. – Минск. БНИИПА, 1984. – 40 с.
3. Чуян, Г. А. Пространственная изменчивость агрохимических свойств типичных черноземов в зависимости от степени смытости и экспозиции склонов / Г. А. Чуян, И. Г. Пыхтин, О. П. Тур, О. Н. Мирошниченко // Науч.-техн. Бюлл. ВНИИЗПЭ. – Курск, 1976. – Вып.4 (II) – С. 17–21.
4. Черемисинов, Г. А. Агрохимическая характеристика эродированных почв / Г. А. Черемисинов // Агрохимия. – 1972. – № 8. – С.136–149.
5. Чуян, О. Г. База данных для регулирования физико-химических свойств кислых почв в адаптивно-ландшафтном земледелии (для Центрального Черноземья) / О. Г. Чуян. – Курск, 2012. – С. 6.

ОЦЕНКА АЗОТМИНЕРАЛИЗУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ

В. Н. Башкин

*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
г. Пущино, Россия*

Известно, что суммарная оценка трансформации азота в почве под воздействием различных факторов (дозы удобрений, гидротермические параметры, агрохимические показатели почвы, микробиологическая активность) может быть сделана на основании определения азотминерализующей способности почв. Азотминерализующая способность почв может быть охарактеризована как количество органического азота в почве, способного к минерализации в течение прогнозируемого вегетационного сезона и которое будет включать в себя азот, поглощенный растениями, реиммобилизируемый микроорганизмами, теряемый при вымывании и денитрификации, а также остающийся в доступной форме после окончания периода вегетации [1, 2].

Оценивая результаты определения минерализации азота, полученные различными способами, следует подчеркнуть, что наряду с учетом ряда факторов, определяющих минерализацию азота в почве, не учитывается один из важнейших, а именно воздействие на этот процесс вносимых минеральных азотных удобрений. Следовательно, был разработан достаточно простой, но в то же время информативный метод определения азотминерализующей способности почв.

Отбор проб для определения азотминерализующей способности почв осуществляется один раз в два-три года в течение всего вегетационного периода (за исключением месяца после внесения минеральных удобрений или года после внесения органических удобрений). Из каждого образца почвы (воздушно-сухой, просеянной через сито с диаметром отверстий 2 мм, или нативно-влажной) берется 5 навесок по 50 г и помещается в полиэтиленовые пакеты. К навескам почвы прибавляется азотное удобрение (аммиачная селитра или другое, преимущественно используемое под выращиваемые культуры) в виде его раствора из расчёта доз, планируемых под различные сельскохозяйственные культуры: для зерновых культур – 0, 0,5, 1,0, 2,0 и 2,5 мл раствора с концентрацией 1 мг N/мл; для картофеля, кукурузы и технических культур – 0, 0,5, 1,0, 3,0 и 4,0 мл; для интенсивных овощных культур – 0, 1,0, 3,0, 4,0 и 5,0 мл. Общая влажность почвы устанавливается в пределах 60–80 % ППВ путём добавления необходимого количества дистиллированной воды. После тщательного перемешивания почвы пакеты плотно закрываются и компостируются в термостате при 18–28 °С в течение 4 недель. Точное значение влажности температуры компостирования выбирается в зависимости от преимущественных гидротермических условий кон-

кретного региона. После окончания компостирования во влажных образцах (с отбором проб на влажность) или в воздушно-сухих, растертых и просеянных через сито с диаметром отверстий 2 мм, осуществляется определение суммы обменного аммония и нитратов по любому стандартному методу.

Определение величины азотминерализующей способности осуществляется путем решения уравнения кривой, описывающей накопление доступного N – ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+_{\text{обм}}$) в почве (y) в зависимости от доз азотного удобрения (x):

$$y = ax^2 + bx + c$$

Все величины используются в одной размерности. Степень аппроксимации различных видов уравнений оценивается по остаточной дисперсии. Сама величина АМС рассчитывается по следующей формуле:

$$X = [f(0) \times x^*] / [f(0) - f(x^*)],$$

где X – азотминерализующая способность почвы;

f(0) – решение получаемого квадратического уравнения при x = 0 (или величина «с» в уравнении (1));

f(x*) – при x = 0,1 первой используемой дозы N уд (например, 0,1 мг N/100 г почвы или 3 кг/га).

При этом, учет гидротермических условий предстоящего вегетационного периода осуществляется следующим образом: отклонение средних температур почвы от интервала 18–28 °С учитывается с коэффициентом 0,2 на каждый градус; отклонение средних значений влажности от интервала 40–80 % ППВ с коэффициентом 0,023 на каждый % ППВ. Также учитывается и относительная доля периода отклонений этих значений от длительности периода вегетации выращиваемой культуры. В годы с ожидаемым оптимальным режимом поправочные коэффициенты не учитываются [3].

Способ определения азотминерализующей способности (АМС) почвы был испытан в условиях ряда полевых опытов на различных почвах. Все опыты были проведены с использованием меченных ^{15}N азотных удобрений, что позволило рассчитать вклад азота почвы и удобрений в обеспечение растений этим элементом. Определение азотминерализующей способности во всех случаях проводилось согласно указанного выше метода. В почве определялось содержание доступного N – ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+_{\text{обм}}$). При оценке азотминерализующей способности образцы почвы для компостирования отбирались с соответствующих вариантов полевых опытов до внесения удобрений. После уборки урожая в растениях определяли общий азот, соотношение изотопов $^{15}\text{N} : ^{14}\text{N}$ и рассчитывали вынос азота почвы и удобрения.

Учитывая равную доступность азота удобрения и почвы, коэффициенты его использования, полученные с помощью ^{15}N для азота удобрения, могут быть отнесены и к использованию азота почвы. Таким образом, после уборки урожая были рассчитаны запасы доступного азота почвы, эквивалентного по усвояемости азоту удобрений. Полученные величины послужили основой для сравнительной оценки показателей обеспеченности рас-

тений доступным азотом в течение периода вегетации (суммарные величины запасов аммиачного и нитратного азота в слое 0–20 см и АМС).

Серая лесная почва. На серой лесной почве оценка применимости способа определения азотминерализующей способности была проведена в условиях многолетнего полевого опыта с кукурузой. Схеме опыта представлена в табл. 1. Фон – внесение двойного суперфосфата и хлористого калия по 90 кг/га действующего вещества. В качестве азотного удобрения – меченная ^{15}N и немеченная аммиачная селитра. Схема позволяла вычлнить действие и последствие азотных удобрений. В данном случае рассматривались результаты 5-го года эксперимента.

В таблице показано, что вынос азота удобрения изменялся от 27 до 49 кг/га, или 23–40 % от дозы внесенного N. Вынос почвенного азота на контрольном варианте составил 24 кг/га, на вариантах с изучением действия азотного удобрения – 43–58 кг/га, с изучением последствия – 35–63 кг/га.

Перед началом вегетационного сезона было оценено содержание доступного почвенного азота в слое почвы 0–20 см и определены величины АМС согласно указанного выше метода. Содержание доступного азота в верхнем слое почвы изменялось от 28 до 58 кг/га, отражая предшествующую историю удобрения. Внесение азота в течение первых 4-х лет эксперимента сказалось и на величинах АМС почвы, которые составили 48–115 кг/га (табл. 1).

Таблица 1

Оценка величин азотминерализующей способности серой лесной почвы при выращивании кукурузы, кг N/га

Варианты действия и последствия N ₁₂₀ на фоне P ₉₀ K ₉₀					Урожай сухой массы, т/га	Расчет по выносу азота кукурузой с использованием ^{15}N (А)	Оценка величин доступного азота перед началом вегетационного сезона			Разность А – Б
Год опыта							В слое 0–20 см	АМС	Сумма (Б)	
1-й	2-й	3-й	4-й	5-й						
0	0	0	0	0	4,6	82	28	66	94	-12
0	0	0	0	^{15}N	13,5	120	36	76	112	+8
0	0	0	^{15}N	^{14}N	14,6	135	36	96	132	+3
0	0	^{15}N	^{14}N	^{14}N	15,0	124	33	80	113	+11
0	^{15}N	^{14}N	^{14}N	^{14}N	15,1	135	36	106	142	-7
^{15}N	^{15}N	^{15}N	^{15}N	^{15}N	13,5	163	58	104	162	+1
^{15}N	0	0	0	0	7,2	85	36	48	84	+1
^{14}N	^{15}N	0	0	0	9,2	152	33	115	148	+4
^{14}N	^{14}N	^{15}N	0	0	9,8	135	35	102	137	-2
^{14}N	^{14}N	^{14}N	^{15}N	0	11,2	148	51	96	147	+1

Минимальные величины этого показателя были зафиксированы в вариантах без внесения азота или с изучением его длительного последствия – 48–66 кг/га. Периодическое внесение азотных удобрений увеличивало лабильный фонд почвы и приводило к увеличению величин азотминерализующей способности в 1,5–2 раза (до 115 кг/га). Гидротер-

мические условия в течение периода **вегетации** кукурузы практически не отличались от оптимальных, поэтому поправочный коэффициент в данном случае не применялся.

Разность между величинами доступного растениям азота, определенными по выносу кукурузы с использованием метки и с использованием предлагаемого способа, составила 1–11 кг/га, или 1–10 % на вариантах с изучением действия и последствий азотных удобрений.

Пойменная почва. Изучение азотминерализующей способности пойменной почвы среднего течения р. Ока проводилось в условиях производственного опыта с капустой при орошении. На производственных картах в 6-кратной повторности размещались опытные делянки площадью 3 м² с внесением меченных ¹⁵N удобрений. Схема опыта включала в себя наложение возрастающих доз азота в виде аммиачной селитры (0, 100, 150, 200 кг N/га на фоне 150 кг/га P₂O₅ (двойной суперфосфат) и 280 кг/га K₂O (хлористый калий). Производственные дозы – N₂₀₆P₂₁₅K₃₁₅. Влажность почвы поддерживалась в течение вегетационного сезона на оптимальном для данной культуры уровне путем проведения соответствующего количества поливов. Поправки на гидротермические условия не вводились.

Систематическое внесение высоких доз азотных удобрений привело к увеличению в данной пойменной почве количества азота, способного к минерализации. Например, после уборки урожая в почве оставалось 60–75 % азота внесенного удобрения, в основном, в органической форме. Азотминерализующая способность пойменной почвы в этих условиях составила 336 кг/га (среднее для различных вариантов). В корнеобитаемом слое, который при выращивании капусты составляет 40–50 см, перед началом периода вегетации содержалось в среднем 167 кг N/га (нитраты и обменный аммоний), то есть суммарные запасы доступного азота в пойменной почве перед началом вегетации равнялись 503 кг/га. Оценка доступного растениям азота, выполненная по выносу почвенного азота с использованием метки ¹⁵N, дала 550 кг/га. Следовательно, разница составила 47 кг N/га, или 8 %.

Резюмируя представленные результаты опытов с мечеными ¹⁵N азотными удобрениями в различных почвенно-климатических и экологических условиях, можно отметить, что независимо от почвы и схемы опыта величина доступного растениям азота, определенные разными методами, были близкими. При этом установлено, что величины АМС (x) имели достоверную обратную корреляционную связь с величинами коэффициентов использования азотных удобрений (y):

$$y = 43,4 - 0,0550 x, r = -0,928, P_{0,01}$$

Аналогичная связь была отмечена и для величин суммы доступного растениям азота (суммарное количество N – (NO₃⁻ + NH⁺_{обм}) и АМС):

$$y = 44,5 - 0,0449 x, r = -0,942, P_{0,01}.$$

В общей сумме азота, доступного в течение периода вегетации растениям, величины АМС составляют в основном более 70–75 %, т. е. яв-

ляются определяющими. Их оценка позволяет диагностировать азотный режим почв и возможность использования азотных удобрений, поскольку, как показано, коэффициенты использования этих удобрений тесно связаны с величинами АМС почв: возрастают при уменьшении количества почвенного минерализуемого азота и уменьшаются при его увеличении (рис.).

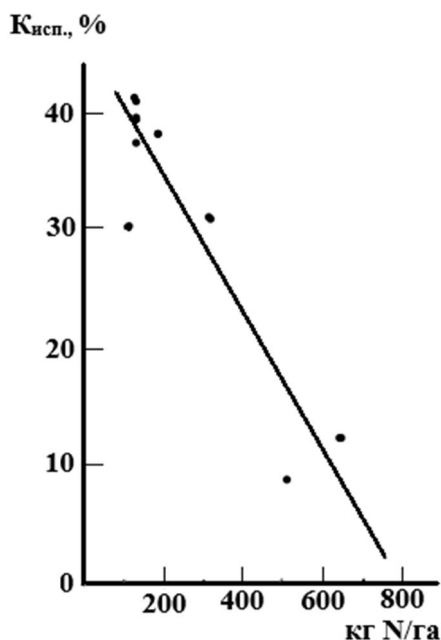


Рис. Зависимость величин коэффициента использования азота удобрений (y) различными культурами от азотминерализующей способности почвы (x)

Количество минерального азота, присутствующего в почве перед началом вегетационного сезона, как правило, не имеет статистической достоверной связи с величинами азотминерализующей способности, которые в значительно большей степени определяются дозами азотных удобрений и складывающейся в течение всего вегетационного сезона динамики минерального N. В целях диагностики азотного режима почв этот показатель должен быть определен, поскольку характеризует обеспеченность азотом растений в начальный период вегетации. Сумма исходного N и азотминерализующей способности почвы позволяет диагностировать потребность растений в этом элементе в течение всего вегетационного периода.

Список литературы

1. Гамзиков, Г. П. Азотминерализующая способность серой лесной почвы Новосибирского Приобья при компостировании и паровании растительных остатков / Г. П. Гамзиков, С. З. Сулейменов // Почвоведение. – 2021. – №5. – С. 582–591.
2. Башкин, В. Н. Агрогеохимия азота / В. Н. Башкин. – Пушино: ОНТИ НЦБИ, 1987. – 270 с.
3. Башкин, В. Н. Метод определения азотминерализующей способности почв / В. Н. Башкин, В. Н. Кудяров. – Авторское свидетельство СССР, 1983, № 1206703.

АГРОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕСЕНИЯ КОМПОСТА ОРГАНИЧЕСКОГО ПОД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

Ю. А. Белявская, О. М. Бирюкова, Т. М. Кирдун, М. М. Торчило

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

В настоящее время проблема утилизации промышленных отходов различного происхождения становится все более актуальной, поскольку их несанкционированное складирование, а также хранение в больших объемах в специально отведенных местах приводит к необходимости дополнительного нерационального использования земельных ресурсов, способствует загрязнению окружающей среды и, как следствие, ухудшению экологической ситуации. В связи с этим, разработка и внедрение новых технологий по утилизации отходов в настоящее время является одним из перспективных и широко распространенных направлений, обеспечивающих, прежде всего, возврат продуктов технологической деятельности человека в природный круговорот веществ. При этом промышленные отходы могут использоваться в качестве сырья для производства органических и биологических удобрений, а также как материалы для восстановления деградированных почв [1, 2]. Однако включение промышленных отходов в хозяйственный оборот требует предварительного изучения доз и сроков их внесения под сельскохозяйственные культуры, установления влияния на плодородие почвы, урожайность и качество продукции растениеводства во избежание неблагоприятных последствий во всех звеньях экосистемы [3–5].

Цель наших исследований заключалась в установлении агрономической эффективности компоста органического ТУ ВУ 191307958.005-2018 при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах.

Данный компост представляет собой органическое удобрение, производимое на основе органических отходов растительного и иного происхождения с использованием либо без применения влагопоглощающих материалов растительного происхождения (торф, солома, опилки, кора, стружка и пр.). Компост органический ТУ ВУ 191307958.005-2018 характеризуется следующими показателями: массовая доля азота общего в расчете на сухое вещество не менее 0,6 %, фосфора общего – 0,5 %, калия общего – 0,6 %, органического вещества – 50 %, показатель рН – 5,5–8,5 ед., влажность – не более 75 %.

Исследования по изучению влияния компоста органического на урожайность и показатели качества сельскохозяйственных культур проводили в краткосрочных полевых опытах на опытных полях

РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в 2020 и 2021 годах. Опыты с картофелем Бриз и сахарной свеклой Смежо были заложены в ОАО «Гастелловское» на дерново-подзолистой суглинистой почве, с кукурузой Мованна – на дерново-подзолистой супесчаной почве в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского». Пахотный слой суглинистой почвы перед закладкой опыта характеризовался следующими агрохимическими показателями: pH_{KCl} – 6,3–6,8; содержание гумуса – 2,24–2,54 %, подвижных форм P_2O_5 – 444–525 мг/кг и K_2O – 282–315 мг/кг почвы, обменных соединений CaO – 1648–2433 мг/кг и MgO – 283–343 мг/кг почвы; супесчаной – pH_{KCl} – 6,10, содержание гумуса – 2,49 %, подвижных форм P_2O_5 – 199 мг/кг и K_2O – 162 мг/кг почвы, обменных соединений CaO – 1381 мг/кг и MgO – 243 мг/кг почвы. Площадь опытных делянок в опыте с картофелем – 25 м², сахарной свеклой – 27 м², кукурузой – 36 м²; повторность вариантов в опытах – 3-кратная.

Агротехника возделывания картофеля, сахарной свеклы и кукурузы на зерно общепринятая для Республики Беларусь. Уборку и учет урожайности сельскохозяйственных культур проводили сплошным методом поделяночно.

Картофель. При соблюдении основных элементов технологии возделывания картофеля за счет плодородия высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почвы сформировано 262 ц/га клубней (табл. 1).

Таблица 1

Влияние компоста органического на урожайность и показатели качества клубней картофеля

Вариант	Урожайность, ц/га	Сбор к.ед., ц/га	NO_3^- , мг/кг сырого вещества	Содержание крахмала, % в сыром веществе	Сбор крахмала ц/га
Без удобрений (контроль)	262	78,7	47	14,5	38,1
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	357	107,0	99	14,3	50,8
Компост органический, 60 т/га	347	104,0	99	14,0	48,5
НСР ₀₅	21	9,0	7	1,3	

Применение подстилочного навоза КРС в дозе 60 т/га увеличило их выход на 95 ц/га, или 36 % по сравнению с вариантом без удобрений. Компост органический, внесенный под картофель в аналогичной дозе, способствовал формированию урожайности картофеля 347 ц/га, что было на уровне варианта с внесением подстилочного навоза, относительно контроля прибавка составила 85 ц/га.

Химический анализ показал, что значительного влияния применяемых органических удобрений на накопление азота и зольных элементов в клубнях не установлено; их содержание было сопоставимо с аналогичными показателями в варианте без удобрений, варьируя по опыту в пределах 1,19–1,23 % по азоту, 0,66–0,68 % по фосфору, 2,47–2,58 % по калию, 0,08–0,09 % по кальцию и 0,13–0,14 % по магнию.

Содержание крахмала в клубнях картофеля по опытным вариантам также изменялось в довольно узких пределах (14,0–14,5 %), при этом

разница между вариантами не превышала ошибки опыта. Расчет кормовой продуктивности показал, что минимальный выход кормовых единиц получен в варианте без удобрений (78,7 ц/га) при наименьшем по опыту показателе сбора крахмала (38,1 кг/га). Внесение компоста органического способствовало увеличению выхода кормовых единиц на 25,3 ц/га, крахмала – на 10,4 ц/га, что было на уровне данных показателей в варианте, где вносили подстилочный навоз КРС.

Сахарная свекла. Внесение компоста органического в дозе 60 т/га позволило дополнительно получить 155 ц/га (+35 %) корнеплодов сахарной свеклы, что существенно выше, чем в варианте без удобрений (табл. 2). При это по сравнению с подстилочным навозом КРС разница в урожае корнеплодов не превышала ошибки опыта.

Таблица 2

Влияние компоста органического на урожайность и показатели качества корнеплодов сахарной свеклы

Вариант	Урожайность, ц/га	Сахаристость, %	Калий	Натрий	α-азот	Фактическая сахаристость, %	Фактический сбор сахара, ц/га
			ммоль/100 г сырой свеклы				
Без удобрений (контроль)	439	16,3	5,63	0,23	1,85	14,0	61
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	610	16,5	5,64	0,24	2,04	14,3	87
Компост органический, 60 т/га	594	16,5	5,77	0,24	2,04	14,0	83
НСР ₀₅	52	1,3	0,39	0,02	0,20		

Установлено, что внесенные под сахарную свеклу компост органический и подстилочный навоз КРС в одинаковых дозах значимо не влияли на сахаристость, содержание калия, натрия и альфа-аминного азота в корнеплодах по сравнению с вариантом без удобрений при их уборке в фазу наступления технической спелости.

Фактическая сахаристость корнеплодов в удобренных вариантах также была на уровне контроля (14,0–14,3 %). При этом за счет различий в урожайности сахарной свеклы в варианте с внесением компоста органического фактический сбор сахара составил 83 ц/га, что выше на 22 ц/га, или 36 % относительно неудобренного варианта и аналогично его выходу в варианте с внесением подстилочного навоза.

Кукуруза. В результате исследований установлено, что на дерново-подзолистой супесчаной почве наиболее низкая урожайность зерна кукурузы при уборке в фазу полной спелости получена в варианте без удобрений (табл. 3). Применение подстилочного навоза КРС под кукурузу позволило дополнительно получить 10,2 ц/га зерна (+26 %). При внесении компоста органического сформировано 51,2 ц/га зерна, что сопоставимо с его урожаем в варианте, где применяли традиционный подстилочный навоз и на 12,5 ц/га (32 %) выше, чем в варианте без удобрений.

Химический анализ растительных образцов в расчете на сухое вещество показал, что значимых изменений в содержании белка, крах-

мала и жира под влиянием применяемых удобрений относительно неудобренного варианта не установлено, наблюдаемые различия находились в пределах ошибки опыта.

Таблица 3

Влияние компоста органического на урожайность и показатели качества зерна кукурузы

Вариант	Урожайность, ц/га	Сырой белок, % в сухом в-ве	Сбор сырого белка, кг/га	Сбор	Сбор	Сбор	Крах- мал	Жир
				КПЕ	к. ед.	крах- мала		
Без удобрений (контроль)	38,7	8,4	280	39	51	24	73,6	4,93
Подстилочный навоз КРС, 60 т/га	48,9	8,4	352	51	64	32	74,9	5,07
Компост органический, 60 т/га	51,2	8,5	374	53	67	33	75,1	4,93
НСР ₀₅	2,3	0,4			3,0		1,6	0,21

Внесение компоста органического по сравнению с контролем увеличило сбор кормовых единиц на 16 ц/га (31 %), сырого белка – на 94 кг/га (34 %), кормопротеиновых единиц – на 14 ц/га (36 %), крахмала – на 9 ц/га (38 %), что было равнозначно влиянию подстилочного навоза.

Таким образом, применение компоста органического в дозе 60 т/га при возделывании картофеля, сахарной свеклы и кукурузы на зерно по агрономической эффективности аналогично внесению подстилочного навоза КРС в такой же дозе. За счет применения компоста достоверная прибавка клубней картофеля с гектарной площади составила 32 % при увеличении сбора крахмала на 27 %; выход корнеплодов сахарной свеклы увеличился на 35 % при дополнительном фактическом сборе сахара на уровне 36 %. Внесение компоста под кукурузу обеспечило рост зерна на 12,5 ц/га при увеличении сбора кормовых единиц на 16 ц/га, сырого белка – на 94 кг/га, кормопротеиновых единиц – на 14 ц/га, крахмала – на 9 ц/га.

Список литературы

1. Мельник, О. А. Влияние отходов сельскохозяйственного и промышленного производства на содержание в почве органического вещества / О. А. Мельник // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2010. – Т. 6. – № 1. – С. 40–44.
2. Белюченко, И. С. Отходы быта и производства как сырье для подготовки сложных компостов: монография / И. С. Белюченко // Краснодар: КубГАУ, 2015. – 419 с.
3. Славгородская, Д. А. Влияние органоминерального компоста на физические и агрохимические свойства чернозема обыкновенного / Д. А. Славгородская // Экол. Вестник Сев. Кавказа. – 2012. – Т. 8. – № 2. – С. 5–11.
4. Мельник, О. А. Влияние отходов промышленности и сельского хозяйства на продуктивность растений и качество их урожая / О. А. Мельник, Д. А. Славгородская // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2010. – Т.6, №4. – С. 30–33.
5. Гукалов, В. Н. Перспективы использования отходов сельскохозяйственных и промышленных производств для повышения плодородия почвы / В. Н. Гукалов // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: материалы II Всерос. науч. конф. – Краснодар, 2010. – С. 179–182.

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ МОРТМАССЫ В ВЫСОКООКУЛЬТУРЕННОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

**Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, Т. М. Кирдун,
Ю. А. Белявская, О. М. Бирюкова**

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

Лабильное органическое вещество почвы (ЛОВ) представляет ту часть органического вещества, которая достаточно легко разлагается почвенными микроорганизмами, обеспечивая растения элементами питания. При сельскохозяйственном использовании земель именно ЛОВ как наиболее динамичная и легкотрансформирующаяся составляющая часть органического вещества почв формирует их эффективное плодородие. К числу основных фракций ЛОВ относят, как правило, детрит, мортмассу и подвижный гумус. Анализ научной литературы показал, что наименее изучено влияние применяемых агротехнологий на содержание мортмассы [1, 2].

Цель исследований – установить влияние разных систем удобрения на содержание мортмассы при традиционной и поверхностной обработке высокоокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почвы.

Полевой опыт с озимой пшеницей заложен в ОАО «Гастелловское» на высокоокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве. Пахотный слой почвы перед закладкой опыта имел следующие агрохимические показатели: pH_{KCl} 5,99–6,93, содержание гумуса – 1,93–2,62 %, подвижных форм фосфора – 409–583 мг/кг и калия – 250–345 мг/кг почвы, обменных соединений СаО – 1539–2689 мг/кг и MgO – 214–393 мг/кг почвы. В опыте изучали три фактора: А – приемы обработки почвы (вспашка на глубину 20–22 см, дискование на глубину 10–12 см); В – системы удобрения; С – глубина отбора образцов почвы (0–10 см и 10–20 см). Почвенные образцы отбирали в начале возобновления весенней вегетации озимой пшеницы (1-й отбор), в фазу выхода флаг-листа перед подкормкой посевов азотными удобрениями (2-й отбор) и перед ее уборкой (3-й отбор). Мортмассу (ММ) отделяли от почвы методом декантации и высушивали при температуре 60 °С.

В суглинистой почве в блоке со вспашкой равномерное распределение ММ между слоями 0–10 см и 10–20 см наблюдалось лишь от начала весенней вегетации до фазы выхода флаг-листа; перед уборкой урожая ее накопление в слое 10–20 см было на 9–19 % выше по сравнению с верхним слоем (табл.). При дисковании дифференциация почвенных слоев по содержанию ММ сохранялась практически на протяжении всего исследуемого периода. При 1-ом отборе количество ММ в слое 10–20 см меньше на 7–38 %, чем в слое 0–10 см, в фазу выхода флаг-листа – на 11–34 %, перед уборкой – на 4–24 %.

Содержание мортмассы в разных слоях дерново-подзолистой суглинистой почвы в зависимости от систем удобрения и приемов обработки почвы, мг/кг почвы

Вариант	Глубина отбора, см	Вспашка			Дискование		
		1-й отбор*	2-й отбор	3-й отбор	1-й отбор	2-й отбор	3-й отбор
1. Без удобрений (контроль)	0–10	3300	3550	2725	3750	2875	2850
	10–20	3125	3350	3250	2775	2550	2700
2. N ₉₀₊₄₀₊₅₀ P ₃₀ K ₆₀ – фон	0–10	3325	3800	3325	4000	2850	3750
	10–20	3150	3900	3625	2750	2500	3000
3. ПН КРС, 40 т/га + N ₆₀₊₄₀₊₅₀	0–10	3200	4375	3850	4975	4650	4050
	10–20	3225	4675	4300	3090	3175	3350
4. Фон + солома, 2,5 т/га	0–10	3700	4350	2900	4650	3300	3125
	10–20	3500	4575	3350	3025	2750	3000
5. Фон + солома + Жыцень, 3 л/га	0–10	2825	4100	2750	3900	3625	3125
	10–20	2875	4250	3125	3000	2775	3000
6. Фон + солома + N _{25(КАС)}	0–10	3100	3750	3150	3300	4200	3575
	10–20	3025	3775	3625	3075	2775	2725

* 1 отбор: НСР₀₅ фактор А – 357 мг/кг, фактор В – 343 мг/кг, фактор С – 220 мг/кг;
 2 отбор: НСР₀₅ фактор А – 373 мг/кг, фактор В – 310 мг/кг, фактор С – 315 мг/кг;
 3 отбор: НСР₀₅ фактор А – 300 мг/кг, фактор В – 360 мг/кг, фактор С – 293 мг/кг

В зависимости от систем удобрения в исследуемой почве отмечены некоторые различия в накоплении ММ в период наблюдений. Так, в блоке со вспашкой при 1-м отборе наиболее высокому накоплению ММ (3500–3700 мг/кг) способствовала запашка соломы озимого рапса в дозе 2,5 т/га; ее существенный рост по сравнению с фоновым вариантом составил 350–375 мг/кг (11 %). При обработке соломы удобрением Жыцень и КАС содержание ММ значимо снизилось (на 14–24 %), что возможно обусловлено активизацией процессов трансформации легкоминерализуемого органического вещества почвы микрофлорой.

Ранневесенняя подкормка посевов озимой пшеницы азотом в дозе 90 кг д. в./га по фону Р₃₀К₆₀ положительно влияла на накопление ММ: к фазе выхода флаг-листа в изучаемых слоях по вспашке ее прирост по сравнению с контролем составил 250–550 мг/кг (7–16 %). В варианте с внесением навоза содержание ММ также существенно увеличилось на 23–40 % (при 1-ом отборе отличий не наблюдалось). Запаханная солома при 2-ом отборе достоверно повысила количество ММ относительно фона на 550–675 мг/кг (14–17 %). Как и при 1-ом отборе дополнительная обработка соломы удобрением Жыцень и КАС уменьшала содержание ММ.

Перед уборкой озимой пшеницы в блоке со вспашкой наиболее высокий прирост ММ (32–41 %) в исследуемых слоях получен в варианте с применением подстилочного навоза, внесение минеральных удобрений обеспечило ее дополнительный выход 375–600 мг/кг (12–22 %). При осенней запашке соломы в слое 0–10 см выявлено снижение содержания ММ на 13 % относительно фона, в слое 10–20 см – лишь тенденция; ее обработка удобрением Жыцень и КАС не влияла на этот показатель.

В блоке с дискованием в начале активной вегетации озимой пшеницы за счет заделки основной массы пожнивно-корневых остатков в верхний

слой почвы содержание ММ в варианте без удобрений составило 3750 мг/кг. Фосфорные и калийные удобрения, внесенные осенью в дозе $P_{30}K_{60}$ под основную обработку почву, как и в блоке со вспашкой, не приводили к ее изменению. В отличие от вспашки, в блоке с дискованием наибольшее накопление ММ (4975 мг/кг) в слое 0–10 см отмечено на фоне внесения подстилочного навоза. За счет заделанной соломы ее содержание увеличилось на 16 % относительно фонового варианта. Под влиянием обработок, применяемых по соломе (Жыцень, КАС), как и при вспашке, количество ММ по сравнению с вариантом, где ее не обрабатывали, уменьшилось на 16–29 % при более четко выраженном снижении в варианте с КАС.

Подкормка посевов карбамидом в дозе N_{90} ранней весной по фону $P_{30}K_{60}$ в блоке с дискованием не повлияла на содержание ММ в верхнем слое суглинистой почвы в фазу выхода флаг-листа в отличие от аналогичного варианта по вспашке. При этом во всех вариантах с внесением органических удобрений обнаружено достоверное различие в содержании ММ с контролем. В варианте с внесением навоза прирост составил 62 %, что являлось наиболее высоким показателем по опыту. В варианте с заделкой соломы ее накопление было на уровне 3300 мг/кг, что на 15 % больше, чем в варианте, где удобрения не вносили. Обработка соломы удобрением Жыцень и внесение компенсирующей дозы азота в виде КАС также способствовали росту содержания ММ до 3625–4200 мг/кг, дополнительно формируя 325–900 мг/кг (10–27 %) в отличие от 1-го отбора, где наблюдалось снижение этого показателя.

К моменту уборки в слое 0–10 см при дисковании, в отличие от первых двух отборов, минеральная система удобрения обеспечила рост ММ до 3750 мг/кг, что на 32 % выше, чем на контроле. Вариант с подстилочным навозом, как и в предыдущих отборах, характеризовался максимальным накоплением ММ по опытным вариантам, прибавка достигла 42 %. Ее убыль при заделке соломы относительно фона составила 17 % точно также, как и по вспашке (8–13 %). Обработка соломы удобрением Жыцень не влияла на накопление ММ, внесение компенсирующей дозы азота в виде КАС значительно увеличило ее выход (на 14 %).

Для высокоокультуренной почвы в слое 10–20 см в блоке с дискованием характерно отсутствие влияния систем удобрения на содержание ММ, в ее колебании довольно сложно выявить какую-либо общую тенденцию.

Сравнительный анализ по влиянию приемов основной обработки почвы на содержание ММ показал, что осенняя заделка пожнивнокорневых остатков и удобрений в верхний 10-сантиметровый слой в блоке с дискованием к началу активной вегетации озимой пшеницы в зависимости от применяемых систем удобрения привела к ее достоверному увеличению на 450–1775 мг/кг (14–55 %) относительно аналогичного слоя в блоке со вспашкой (исключение вариант с применением КАС, где различий не наблюдалось). К фазе выхода флаг-листа по фону подстилочного навоза и варианта с внесением КАС сохранялась такая же тенденция,

в остальных вариантах содержание ММ при поверхностной обработке почвы в слое 0–10 см было на 12–25 % меньше, чем по вспашке. К моменту уборки в блоке с дискованием в верхнем слое в вариантах с внесением минеральных удобрений и обработкой соломы удобрением Жыцень и КАС количество ММ существенно повышалось на 13–14 % по сравнению со вспашкой, в остальных вариантах установлена лишь тенденция роста.

Для сезонной динамики ММ в суглинистой почве по вспашке отмечено увеличение ее содержания от начала активной вегетации озимой пшеницы к фазе выхода флаг-листа и снижение к уборке урожая. Ко 2-му отбору ее количество в изучаемых слоях в зависимости от систем удобрения увеличилось на 7–48 %, чему способствовали повышение температуры почвы, улучшение ее аэрации и оптимальные влажностные условия по сравнению с 1-ым отбором (рис. 1). К моменту уборки содержание ММ по вариантам опыта в большей степени уменьшилось в верхнем слое (на 12–33 %) по сравнению со 2-ым отбором. В слое 10–20 см максимум снижения (26–27 %) отмечен при запашке необработанной соломы и при ее обработке удобрением Жыцень, в остальных вариантах уменьшение не превышало 8 %.

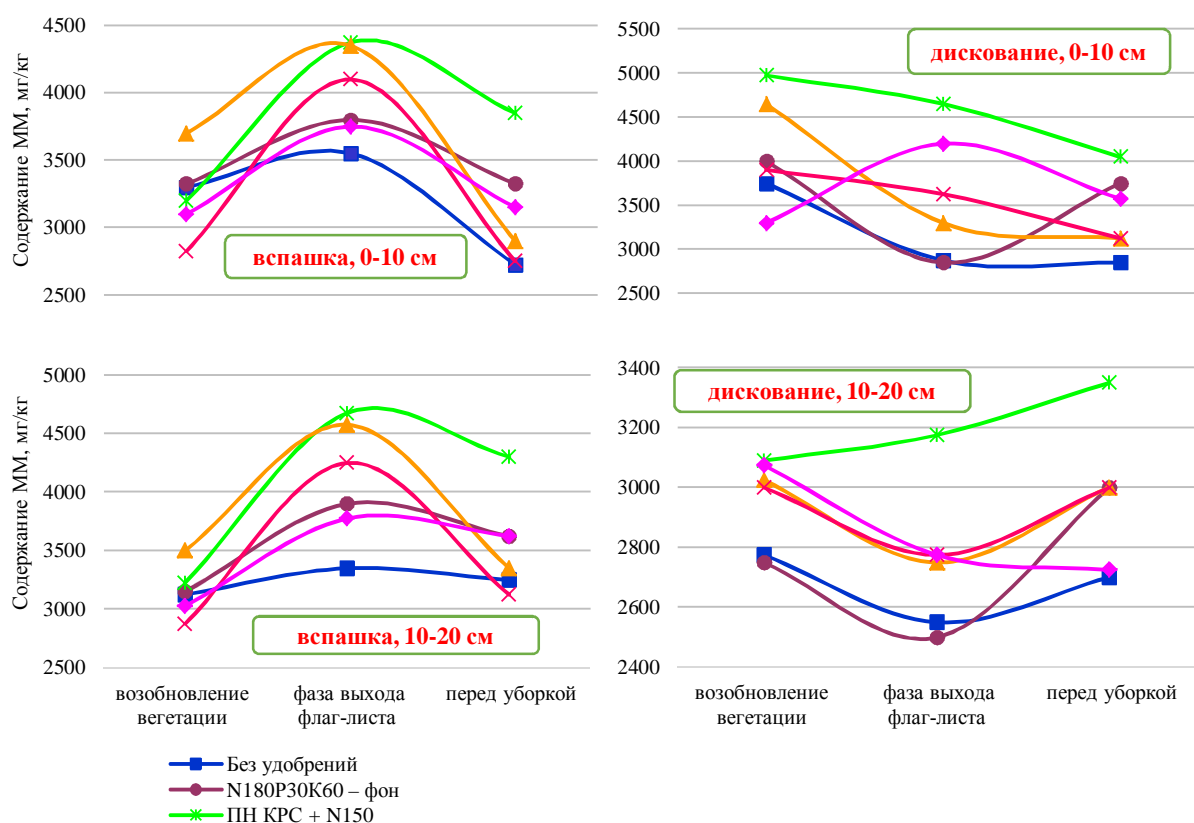


Рис. 1. Динамика содержания мортмассы в дерново-подзолистой суглинистой почве в зависимости от систем удобрения и приемов обработки почвы

В блоке с дискованием в слое 0–10 см от начала вегетации озимой пшеницы до уборки в целом отмечено постепенное уменьшение содержания ММ на 19–33 %. Для нижнего слоя характерно относительно стабильное ее содержание в течение периода наблюдений, различия между отборами не превышали 10 % (исключение вариант с внесением мине-

ральных удобрений, в котором содержание ММ к уборке урожая было на 20 % больше, чем в фазе выхода флаг-листа).

Таким образом, наибольшее содержание ММ в блоке со вспашкой в изучаемых слоях высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почвы наблюдалось в фазу выхода флаг-листа озимой пшеницы. В блоке с дискованием в слое 0–10 см максимум ее накопления обнаружен в начале активной вегетации (кроме варианта, где солому обрабатывали КАС).

В период наблюдений в исследуемой почве наиболее высокое содержание ММ по опыту (4975 мг/кг) отмечено в блоке с дискованием в слое 0–10 см в начале активной вегетации озимой пшеницы при органоминеральной системе удобрения на фоне внесения 40 т/га подстилочного навоза.

В целом по опытным вариантам установлено довольно равномерное распределение ММ в слоях 0–10 и 10–20 см суглинистой почвы в блоке со вспашкой, только к уборке урожая в нижнем слое ее содержалось в среднем на 14 % больше, чем в верхнем слое (рис. 2).

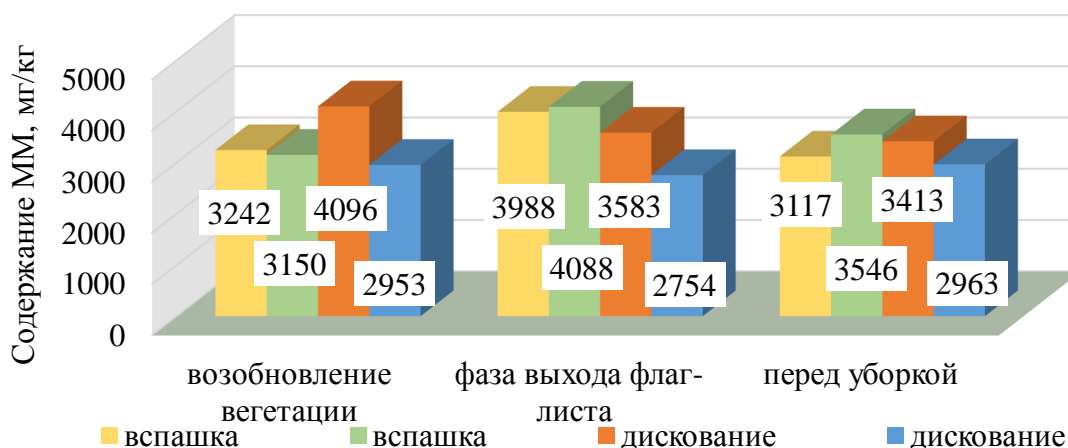


Рис. 2. Влияния приемов основной обработки почвы на среднее содержание мортмассы в дерново-подзолистой суглинистой почве

В блоке с дискованием содержание ММ в слое 0–10 см в начале активной вегетации озимой пшеницы в среднем на 39 % выше, чем в слое 10–20 см, в фазу выхода флаг-листа – на 30 %; перед уборкой урожая – на 15 %.

В период наблюдений в слое 0–10 см при поверхностной обработке почвы в начале активной вегетации озимой пшеницы содержалось в среднем на 26 % мортмассы больше, чем в блоке со вспашкой, перед уборкой урожая – на 9 %, в фазу выхода флаг-листа, наоборот, ее количество снизилось на 10 %.

Список литературы

1. Русакова, И. В. Влияние соломы и пожнивного сидерата на запасы мортмассы и содержание в ней элементов питания / И. В. Русакова // Владимирский земледелец. – 2019. – № 4(90). – С. 46–50.
2. Влияние пожнивных остатков на состав органического вещества чернозема выщелоченного в лесостепи Западной Сибири / И. Н. Шарков [и др.] // Почвоведение. – 2014. – № 4. – С. 473–479.

ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПАХОТНЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

И. М. Богдевич, Ю. В. Путятин, И. С. Станилевич

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

Основой получения высокой и устойчивой урожайности сельскохозяйственных культур в условиях преобладающих в республике дерново-подзолистых почв является уровень их плодородия и объемы применения органических и минеральных удобрений. Материалы крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв являются исходной информацией для оценки изменения их плодородия, разработки системы удобрения сельскохозяйственных культур, известкования кислых почв, а также проведения сельскохозяйственных защитных мер на загрязненных радионуклидами землях.

Целью настоящей работы является критический анализ динамики агрохимических свойств почв, а также оценка роли органических и минеральных удобрений в воспроизводстве плодородия пахотных и луговых почв за 60-летний период. Исследованы почвы пахотных земель по материалам 14 туров крупномасштабного агрохимического обследования, а их продуктивность по статистическим отчетным данным. Метод исследований – системный анализ динамики агрохимических свойств почв в сопоставлении с оптимальными параметрами, установленными в полевых опытах и объемами внесенных удобрений [1]. Состояние агрохимических свойств почв наиболее объективно отражает уровень их плодородия и степень интенсификации сельскохозяйственного производства.

Проблему плодородия дерново-подзолистых почв справедливо связывают с содержанием и качеством гумуса, которые определяют важнейшие агрономические свойства и энергетический потенциал почвы [2]. Плодородие дерново-подзолистых почв тесно связано с содержанием органических веществ. Заметные изменения баланса органических веществ в почвах и накопления его наиболее ценной части – гумуса можно увидеть только за длительный период времени. Динамика баланса гумуса на пахотных почвах за анализируемый период носит сложный характер и зависит от ряда факторов.

Три десятилетия на пахотных почвах поддерживался положительный баланс гумуса. Его достигали за счет включения в пашню мелиорированных земель, расширения доли многолетних трав до 25 % от общей посевной площади, высоких доз навоза на торфяной подстилке, до 14–15 т/га. В период 1970–2000 гг. в пашню включили около 1 млн га осушенных дерново-болотных и дерново-подзолистых заболоченных почв с высоким содержанием органического вещества [3]. В результате средневзвешенное

содержание гумуса в пахотных почвах было повышено с 1,77 % в 1970 г. до 2,28 % в 2000 г. В последующий период (2001–2020 гг.) средневзвешенное содержание гумуса находится в динамическом равновесии в диапазоне 2,23–2,27 % с тенденцией к снижению в отдельных районах (рис. 1).

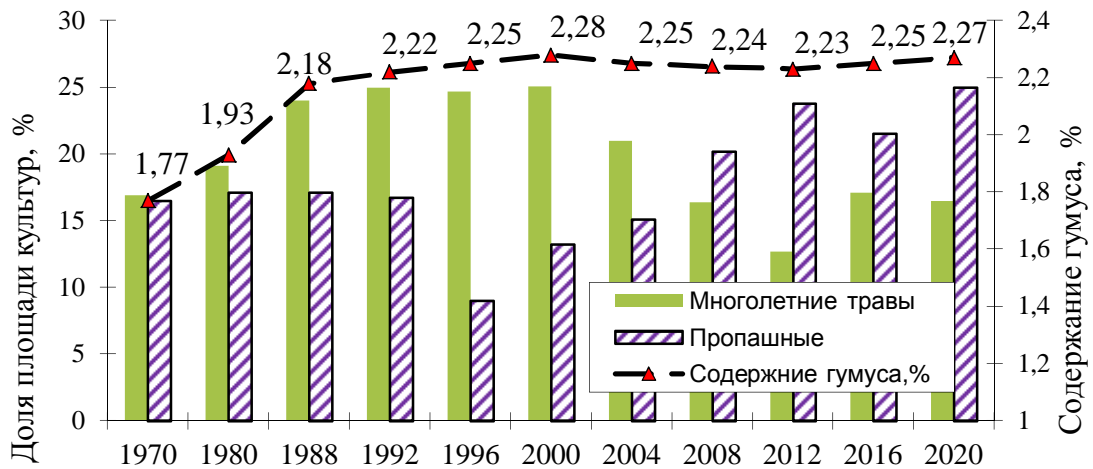


Рис.1. Динамика структуры посевов и содержания гумуса в пахотных почвах Беларуси

В настоящий период ведущим фактором образования и накопления гумуса является структура посевных площадей. Отрицательный баланс гумуса был обусловлен сокращением вдвое площади многолетних трав и соответствующим расширением доли пропашных культур с 9,3 % в 1996 г. до 26,2 % в 2012 г., за счет посевов кукурузы и сахарной свеклы. Отчуждение значительной части биомассы с урожаем в зернопропашных севооборотах, нарушает равновесие продукционно-деструкционного процесса, биологического круговорота органического вещества и элементов минерального питания, снижает плодородие почв [4]. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса (при 10 т/га навоза), необходимо иметь в структуре не менее 23 % многолетних трав, при соотношении их к пропашным $\approx 1,5\text{--}2,0$. В 2020 году, в целом по Беларуси, доля многолетних трав в структуре посевов составила 16,5 %, при соотношении многолетние травы: пропашные $\approx 0,7$. Локальные контуры снижения содержания гумуса отмечаются в районах Полесья, где преобладают песчаные почвы.

Оптимизация степени кислотности почв является важным условием повышения урожайности сельскохозяйственных культур и предпосылкой эффективного применения минеральных удобрений. В 1970 году закончился первый цикл известкования кислых почв, когда на пашне преобладали ($\geq 66\%$) сильно- и среднекислые почвы с $pH_{KCl} < 5,0$. После девяти циклов интенсивного известкования в 2004 г. средневзвешенный показатель pH на пахотных землях составил 5,98, а доля проблемных почв (pH менее 5,0) снизилась до незначительного минимума 4,5 % (табл. 1). Длительное системное известкование доломитовой мукой позволило насытить поглощающий комплекс почв обменными формами кальция и магния с оптимальным эквивалентным соотношением $Ca^{2+}: Mg^{2+}$, в пределах 3,5–4,0.

Оптимальный диапазон кислотности почв для наиболее ценных сельскохозяйственных культур поддерживается на 70–80 % площади пашни.

Таблица 1

Динамика известкования, оптимизация степени кислотности и содержания обменных форм кальция и магния в пахотных почвах Беларуси

Периоды	CaCO ₃ млн т в год	Средневзвешен. рН _{KCl}	% площади рН<5,0	Ca	Mg	Ca ²⁺ : Mg ²⁺ эквиваленты
				мг/кг почвы		
1966–1970	2,7	4,95	66,8	–	–	–
1971–1975	5,8	5,19	49,4	–	–	–
1976–1980	5,6	5,44	30,8	–	56	–
1981–1984	5,1	5,61	19,8	–	66	–
1985–1988	5,4	5,81	11,8	771	95	4,9
1989–1992	4,8	5,88	8,1	788	115	4,1
1993–1996	2,5	5,99	5,8	762	112	4,1
1997–2000	2,1	5,98	5,8	734	112	3,9
2001–2004	1,9	5,98	4,5	743	118	3,8
2005–2008	2,2	5,92	4,8	744	127	3,5
2009–2012	1,8	5,89	7,1	844	156	3,2
2013–2016	1,3	5,84	9,1	839	151	3,3
2017–2020	1,1	5,80	9,8	822	146	3,4

Недостаточное финансирование в последние годы обусловило уменьшение объемов работ по известкованию до уровня 50–60 % от потребности и подкисление пахотных почв. Средневзвешенный показатель рН по республике снизился до 5,80, а доля сильно- и среднекислых почв увеличилась до 9,8 % от общей площади пашни. Очевидна необходимость восстановить требуемый ежегодный объем внесения извести (2,8 млн т CaCO₃) для предотвращения дальнейшего подкисления почв, вероятного последующего снижения эффективности минеральных удобрений, недобора урожайности сельскохозяйственных культур и потери качества продукции.

Показатели содержания подвижных форм фосфатов и калия являются информативными признаками окультуренности дерново-подзолистых почв, тесно связанными с величиной урожайности возделываемых культур и качеством продукции. По результатам агрохимического обследования в республике выделяются два заметных цикла повышения запасов фосфора и калия в пахотных и луговых почвах, 1966–1992 и 2001–2016 гг. (табл. 2). В настоящее время средневзвешенные показатели содержания подвижных фосфатов (177 мг/кг) и калия (207 мг/кг) в пахотных почвах уже находятся в нижней части диапазонов оптимума. Однако предстоит преодолеть значительную пестроту содержания фосфора и калия и оптимизировать их содержание по полям севооборотов и рабочим участкам. Необходимо продолжить поддерживать положительный баланс фосфора и калия на суглинистых и торфяных почвах, с большим потенциалом плодородия. В то же время, следует предотвратить

накопление непродуцируемых запасов элементов питания растений на мало плодородных песчаных почвах.

Таблица 2

Динамика внесения фосфорных и калийных удобрений и обеспеченности пахотных почв Беларуси подвижными формами фосфора и калия

Периоды	Среднегодовые дозы на га		Средневзвешенное содержание, мг/кг почвы		Доля площади слабо обеспеченных почв, %	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
1966–1970	30	42	77	67	80,9	70,7
1971–1975	38	72	104	101	62,2	48,4
1976–1980	45	101	124	137	48,1	23,8
1981–1984	45	95	141	156	38,9	18,3
1985–1988	58	100	173	172	27,7	13,7
1989–1992	65	107	188	182	20,8	11,5
1993–1996	17	46	185	176	21,1	12,5
1997–2000	24	82	182	177	22,0	12,6
2001–2004	18	77	178	190	22,8	8,9
2005–2008	36	104	179	191	23,1	8,1
2009–2012	51	137	191	206	21,1	6,2
2013–2016	30	106	188	218	22,9	5,6
2017–2020	19	73	177	207	24,8	6,6

Динамика средневзвешенных показателей содержания подвижных форм бора, меди и цинка, в пахотных горизонтах почв Беларуси, показывает период их накопления до 1996 года, а затем некоторый тренд снижения содержания микроэлементов. Пахотные почвы сравнительно хорошо обеспечены подвижными формами бора, средневзвешенное содержание которого за 1996–2020 гг. снизилось на 14 %. Однако доля площади слабо обеспеченных бором почв остается незначительной – 3,2 %. Средневзвешенное содержание подвижных форм меди снизилось на 21 % и составило 1,76 мг/кг почвы, а доля площади с низким содержанием меди – 53,6 %. Наибольшее снижение на 25 % характерно для содержания подвижных форм цинка, а доля слабо обеспеченных цинком почв составляет 64,3 % от площади пашни. Это говорит о значительных резервах повышения урожайности и качества продукции сельскохозяйственных культур за счет применения микроудобрений.

В нынешний период воспроизводство плодородия почв должно преимущественно базироваться на принципах самокупаемости почвоулучшающих мер. Поэтому особое внимание должно уделяться объемам, составу и дозам используемых минеральных удобрений (рис. 3). Несмотря на некоторое снижение доз удобрений и продуктивности пашни в период перехода к рыночной экономике, можно видеть устойчивый тренд повышения продуктивности севооборотов на пахотных почвах Беларуси из расчета 2,4 ц/га за каждые 5 лет в течении более полувека.

Необходимо преодолеть тренд снижения доз минеральных удобрений за последние пять лет для предотвращения деградации плодородия почв и снижения продуктивности севооборотов. Повсеместно, во всех

районах республики, остается актуальной задача снижения себестоимости товарной продукции и повышения окупаемости капиталовложений.

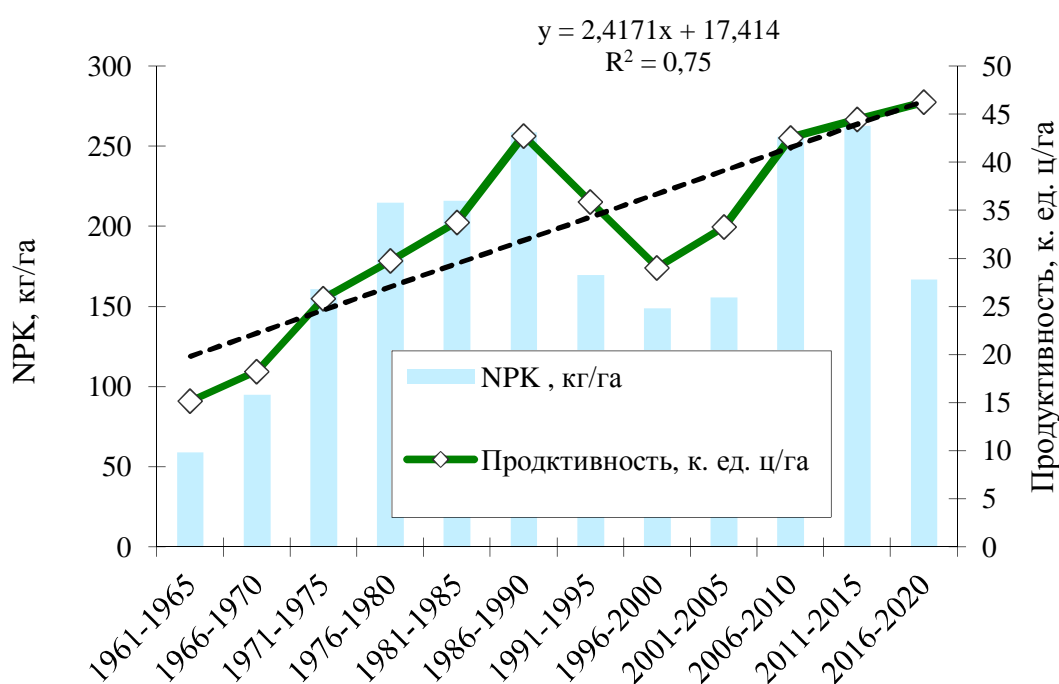


Рис.2. Динамика среднегодовых доз минеральных удобрений и продуктивности пахотных почв Беларуси

Анализ результатов крупномасштабного агрохимического обследования показал существенное повышение плодородия основных массивов пахотных почв республики. Обозначились локальные негативные тенденции подкисления и дегумификации почв, деградации мелко залежных торфяников, повышения контрастности в обеспеченности почв подвижными формами макро- и микроэлементов на уровне отдельных хозяйств и полей севооборотов.

Во всех областях Беларуси имеются резервы повышения плодородия почв за счёт дифференцированного применения удобрений и мелиорантов. Обсуждаются меры повышения эффективности капиталовложений при воспроизводстве плодородия почв.

Список литературы

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2017. – 275 с.
2. Кирюшин, В. И. Экологизация земледелия и техническая политика / В. И. Кирюшин. – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 473 с.
3. Земля Беларуси: справочное пособие / Богдевич И. М [и др.]; под ред. Г. И. Кузнецова, Г. В. Дудко. – Минск, 2001. – 120 с.
4. Айдаров, И. П. Экологические основы мелиорации земель / И. П. Айдаров. – М: ФГОУ ВПО МГУП, 2012. – 161с.

НАКІРУНКІ ВЫКАРЫСТАННЯ НОВЫХ ВІДАЎ МЕЛІЯРАНТАЎ У АГРАБІЯЦЭНОЗАХ

В. М. Босак, Т. В. Сачыўка, М. П. Акуліч, Н. У. Улаховіч

*Беларуская дзяржаўная сельскагаспадарчая акадэмія,
г. Горкі, Беларусь*

У нетрах Беларускага Палесся сканцэнтраваны шматлікія радовішчы карысных выкапняў, якія паспяхова выкарыстоўваюцца ў разнастайных галінах эканомікі нашай краіны. Прыярытэтным накірункам у галіне нетракарыстання Беларускага Палесся, акрамя ўжо здабываемай будаўнічай мінеральнай сыравіны і сыравіны для вытворчасці будаўнічых матэрыялаў (пясчана-гравійныя сумесі, пясок, гліна, мел, мергель і г. д.), з'яўляецца новая для Беларусі сыравіна – базальты і спадарожныя ім у геалагічным разрэзе сапанітутрымліваючыя вендскія базальтавыя туфы і туфіты, а таксама глауканітутрымліваючыя пароды палеагенавага ўзросту [1–6].

Аснову сапанітутрымліваючых туфаў складае мінерал сапаніт $(\text{Ca}_{0,5}, \text{Na})_{0,3}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ – гліністы мінерал, слаісты сілікат з групы монтмарыланіту (смакцітаў).

Акрамя сапаніту, у склад сапанітутрымліваючых базальтавых туфаў Беларусі ў невялікай колькасці ўваходзяць мінералы анальцыт, гематыт, гідраслюда, каалініт, палявы шпат (плагіяклаз: альбіт і анартыт), артаклаз, кварц.

У сярэдніх пробах, якія былі адабраны ў Пінскім, Іванаўскім і Маларыцкім раёнах Брэсцкай вобласці, утрыманне MgO склала 6,53–9,87 %, K_2O – 0,79–3,46 %, $N_{\text{ар.}}$ – 0,14–0,18 %, P_2O_5 – 0,22–0,24 %, Na_2O – 2,31–3,29 %, CaO – 0,04–1,94 %, FeO – 17,06–24,20 %, Al_2O_3 – 11,50–14,49 %, SiO_2 – 41,82–57,12 %.

Побач з макраэлементамі, у туфе былі вызначаны мікраэлементы: утрыманне рухомах злучэнняў марганцу ў сярэднім склала 162,39 мг/кг, кобальту – 4,45 мг/кг, цынку – 35,37 мг/кг, медзі – 51,69 мг/кг.

Глауканітутрымліваючыя пароды ўяўляюць сабой глауканіт-кварцавыя слюдзістыя алеўрыты, алеўраліты і тонка-дробназярністыя пяскі. Мінерал глауканіт $\text{K}(\text{Fe}^{3+}, \text{Al}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_2[\text{Al Si}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ – водны алюмасілікат калію і жалеза пераменнага складу з групы гідраслюд, у якім дэфіцыт калію можа кампенсаватца прысутнасцю катыёнаў Na^+ , Ca^{2+} ці H_3O^+ . Утрыманне глауканіту ў пародах змяняецца ў межах 10–25 мас. %.

У сярэдняй пробе глауканітутрымліваючай пароды радовішча Навадворскае (Пінскі раён) утрыманне K_2O у сярэднім склала 1,33–3,10 %, MgO – 0,26–0,28 %, $N_{\text{ар.}}$ – 0,06–0,07 %, P_2O_5 – 0,12–0,14 %, CaO – 0,91–0,97 %, рухомах злучэнняў марганцу – 12,4 мг/кг, кобальту – 4,5 мг/кг, цынку – 13,8 мг/кг, медзі – 10,7 мг/кг.

Улічваючы мінералагічны і хімічны склад, сапанітутрымліваючыя базальтавыя туфы і глауканітутрымліваючыя пароды з'яўляюцца перспектыўнай сыравінай для прамысловасці (вытворчасць партландцэменту, керамічных вырабаў, шкла, шклокрышталічных матэрыялаў, буравых прамывачных вадкасцей), а таксама могуць прымяняцца ў якасці меліярантаў шырокага спектра дзеяння. У аграбіяцэнозах перш-наперш яны могуць выкарыстоўвацца ў якасці магнійутрымліваючага (сапаніт-утрымліваючыя базальтавыя туфы) ці калійутрымліваючага меліяранта (глауканітутрымліваючыя пароды) [1–6].

Даследаванні па вывучэнню эфектыўнасці выкарыстання сапанітутрымліваючых базальтавых туфаў і глауканітутрымліваючай пароды пры вырошчванні сельскагаспадарчых культур праводзілі на працягу 2017–2021 гг. у палявых доследах на дзярнова-падзолістай суглінкавай глебе.

Аграхімічная характарыстыка ворнага гарызонту даследуемай глебы мела наступныя паказчыкі: pH_{KCl} 6,5–6,8, утрыманне P_2O_5 (0,2 М HCl) – 390–410 мг/кг, K_2O (0,2 М HCl) – 370–390 мг/кг, гумусу (0,4 n $K_2Cr_2O_7$) – 2,9–3,1 %.

Схема доследаў прадугледжвала фонавыя варыянты с выкарыстаннем поўнага мінеральнага ўгнаення, прымяненне розных доз сапанітутрымліваючых базальтавых туфаў (дозы былі разлічаны па магнію – Mg_{20-60}), а таксама выкарыстанне 600 кг/га глауканітутрымліваючай пароды на фоне NPK.

Даследуемыя культуры – пажытнік блакітны (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) Росквіт, базілік звычайны (*Ocimum basilicum* L.) Володар, фасоля агароднінная (*Phaseolus vulgaris* L.) Чыжовенка і кроп духмяны (*Anethum graveolens* L.) Грибовский.

У выніку даследаванняў устаноўлена, што пры вырошчванні пажытніка блакітнага мінеральныя ўгнаенні $N_{40}P_{40}K_{70}$ павялічылі ўраджайнасць зялёнай масы на 34 ц/га, сапанітутрымліваючыя базальтавыя туфы – на 12–26 ц/га; струкоў фасолі агародніннай – адпаведна на 81 ц/га ($N_{50}P_{50}K_{90}$) і 10–21 ц/га (сапанітутрымліваючыя туфы) з лепшымі паказчыкамі агранамічнай эфектыўнасці ў варыянце з выкарыстаннем сапанітутрымліваючых базальтавых туфаў у дозе па магнію Mg_{40} на фоне NPK.

Пры вырошчванні кропа духмянага выкарыстанне мінеральных угнаенняў $N_{60}P_{50}K_{80}$ павялічыла ўраджайнасць зялёнай масы на 25 ц/га, сапанітутрымліваючыя базальтавыя туфаў – на 12–14 ц/га; базіліка звычайнага – адпаведна на 68 ($N_{60}P_{40}K_{70}$) і 16–23 ц/га (сапанітутрымліваючыя базальтавыя туфы).

У даследаваннях з кропам духмяным і базілікам звычайным больш спрыяльныя паказчыкі агранамічнай эфектыўнасці атрыманы пры выкарыстанні сапанітутрымліваючых базальтавых туфаў у дозе па магнію Mg_{20} на фоне NPK.

Выкарыстанне глауканітутрымліваючай пароды на фоне поўнага мінеральнага ўгнаення павялічыла ўраджайнасць зялёнай масы пажытніка блакітнага на 9 ц/га пры агульнай ураджайнасці зялёнай масы

161 ц/га, зялёнай масы кропу духмянага – на 7 ц/га пры агульнай ураджайнасці зялёнай масы 141 ц/га, зялёнай масы базіліка звычайнага – на 11 ц/га пры агульнай ураджайнасці зялёнай масы 227 ц/га, струкоў фасолі агародніннай – на 13 ц/га пры агульнай ураджайнасці струкоў у фазу тэхналагічнай спеласці 263 ц/га.

На фоне зменшанай дозы калію (K_{50-70}) у варыянце з выкарыстаннем 600 кг/га глауканітутрымліваючай пароды ўраджайнасць таварнай прадукцыі даследуемых сельскагаспадарчых культур атрымана на ўзроўні іх ураджайнасці як у варыянце з поўным мінеральным угнаеннем, так і ў варыянце з выкарыстаннем дадзенай дозы глауканітутрымліваючай пароды пароды на фоне поўнай дозы калію (K_{70-90}).

Дадзеная заканамернаць сведчыць аб магчымай эканоміі 20 кг/га дз. р. калію пры выкарыстанні даследуемай дозы глауканітутрымліваючай пароды пры вырошчванні агароднінных, зеляніўных і вострасмакавых культур.

Такім чынам, сапанітутрымліваючыя базальтавыя туфы ў аграбіяцэнозах рэкамендуецца выкарыстоўваць пад перадпаяўную культывацыю ў якасці магнійутрымліваючага аграмеліяранту на фоне поўнай дозы мінеральных угнаенняў у дозах па магнію Mg_{20} (кроп духмяны, базілік звычайны) і Mg_{40} (пажытнік блакітны, фасолія агароднінная).

Глауканітутрымліваючыя пароды ў аграбіяцэнозах рэкамендуецца выкарыстоўваць у якасці калійутрымліваючага аграмеліяранту для частковага зніжэння доз мінеральных калійных угнаенняў (K_{20-30}).

Спіс літаратуры

1. Босак, В. Н. Применение сапонитсодержащих базальтовых туфов при возделывании зерновых и зернобобовых культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // *Агрохимия*. – 2017. – № 9. – С. 58–62.
2. Перспективы использования вмещающих пород при добыче базальтов / В. Н. Босак [и др.] // *Отходы, причины их образования и перспективы использования*. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – С. 67–69.
3. Приемы возделывания бобовых овощных культур / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 192 с.
4. Применение агромелиорантов при возделывании бобовых овощных культур / В. Н. Босак [и др.] // *Овощеводство*. – 2021. – Т. 29. – С. 6–14.
5. Применение агромелиорантов при возделывании сельскохозяйственных культур / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2020. – 18 с.
6. Сапонитсодержащие базальтовые туфы – перспективное силикатное и агрохимическое сырье / Г. Д. Стрельцова [и др.] // *Проблемы рационального использования природных ресурсов и устойчивое развитие Полесья*. – Минск: Беларуская навука. – 2016. – Т. 1. – С. 565–569.

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЕВЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ПОДВИЖНОСТЬ И ДОСТУПНОСТЬ РАСТЕНИЯМ ФОСФОРА

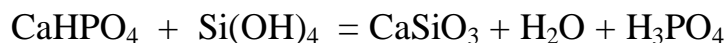
Е. А. Бочарникова

*Институт фундаментальных проблем биологии РАН,
г. Пущино, Россия*

Уровень усвоения сельскохозяйственными культурами вносимого с удобрениями фосфора очень низок (20–30 %), так как в почве Р прочно фиксируется ионами Ca, Mg, Fe и Al или вымывается из корнеобитаемого слоя. Кремниевые удобрения способствуют увеличению доступности Р для растений, однако механизмы этих процессов остаются малоизученными. Проведены термодинамические расчеты растворимости фосфатов $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ и CaHPO_4 в присутствии монокремниевой кислоты. Показано, что концентрация Р в растворе может увеличиваться в несколько раз в результате реакции замещения фосфат-аниона силикат-анионом и конкурирующей реакции с ионом Ca. Инкубационные исследования на выщелоченном черноземе свидетельствуют, что при внесении кремниевой кислоты или диатомита снижается содержание прочносвязанной фракции Р и увеличивается доля легко растворимых форм. Совместное применение фосфорных и кремниевых удобрений может быть рекомендовано для повышения эффективности фосфорных удобрений.

Введение. Фосфор (Р) является одним из важнейших макроэлементов питания, лимитирующим урожайность сельскохозяйственных культур. Известно, что растения усваивают только 20–30 % вносимого с удобрения Р, поскольку он легко трансформируется в недоступные формы или выщелачивается в подземные и поверхностные воды [1]. Благодаря высокой реакционной способности Р быстро фиксируется Ca и Mg в щелочных почвах или Al и Fe в кислых почвах [2]. Уровень фиксации Р зависит от многих факторов: химического состава и физических свойств почвы, нормы внесения фосфорных и других удобрений, обеспеченности растений водой и др.

Впервые положительное влияние кремния на питание растений фосфором было замечено в опытах, организованных на Ротамстедской станции в Англии в 1856 году. В 1949 г. Д. Л. Аскинази [3] выдвинул гипотезу о способности аниона кремниевой кислоты вытеснять фосфат-анион из труднорастворимых фосфатов. Этой же гипотезы придерживался Н. С. Авдонин (1982 г.) [4]. В основе процесса лежат следующие реакции:



Согласно другой гипотезе, силикат-анион является конкурирующим по отношению к фосфат-аниону. С увеличением концентрации первого в почвенном растворе нарушается соотношение между адсорбированными фосфат- и силикат-анионами, что приводит к увеличению концентрации в растворе фосфат-анионов, и, соответственно, усилению поглощения фосфора растениями.

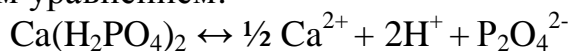
В ряде исследований показано, что кремниевые удобрения (кремнезем, силикат кальция, диатомиты, цеолиты и др.) могут сорбировать подвижный фосфор, что, с одной стороны, препятствует его более прочной необменной или химической адсорбции, а, с другой стороны, предотвращает вынос с почвенными водами. Механизмы влияния соединений кремния на подвижность и усвояемость сельскохозяйственными растениями фосфора требуют дальнейшего изучения.

Основной целью работы было оценить изменение растворимости фосфатов в присутствии монокремниевой кислоты, используя термодинамические расчеты, и определить влияние монокремниевой кислоты и аморфного кремнезема на доступность и поглощение растениями Р в модельных и вегетационных исследованиях.

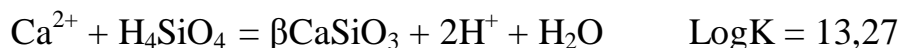
Материалы и методы исследований. Термодинамические расчеты концентрации фосфатов в системе труднорастворимый фосфат-вода-монокремниевая кислота были проведены для двух типов реакций: 1) конкурирующей реакции монокремниевой кислоты с ионом кальция и 2) реакции замещения фосфат-аниона силикат-анионом. Константы были взяты из справочников [5]. Расчёты выполняли при следующих условиях: $T = +24^{\circ}\text{C}$; концентрация монокремниевой кислоты 0 и 10 мМ; C_{Ca} и $C_{\text{Mg}} = 10^{-1}$ М или $\lg C_{\text{Ca}}$ и $\lg C_{\text{Mg}} = -1$, диапазон рН от 1 до 9.

В модельном эксперименте в образцы верхнего горизонта целинного и пахотного выщелоченного чернозема (Ульяновская область) были добавлены монокремниевая кислота (Эккси, г. Балашиха) с содержанием Si 10 % или твердый препарат Bris Fito-A (Тобесорб, Республика Башкортостан), содержащий не менее 42 % Si. Оба препарата вносили в дозах, эквивалентных 250 и 500 кг/га по Si. Образцы инкубировали в течение 1 месяца при периодическом изменении влажности от 25 до 8 %, что позволяло моделировать природные процессы. После инкубации определяли фракционный состав соединений фосфора: фракция 1 – водорастворимый Р, фракция 2 – 0,2 М НСl, фракция 3 – 0,5н NaHCO₃, фракция 4 – 0,1 М NaOH и фракция 5 – 1 М НСl. Исследования проводили в 3-кратной повторности.

Результаты исследований. Растворимость Ca(H₂PO₄)₂ в воде можно описать следующим уравнением:



При добавлении монокремниевой кислоты в систему могут образовываться βCaSiO_3 или Ca_2SiO_4 , что приводит к снижению концентрации Ca^{2+} в растворе:



Остаточная концентрация Ca^{2+} может быть вычислена:

$$C_{\text{Ca}^{2+}} = 13,27 - 2\text{pH} - \lg C_{\text{H}_4\text{SiO}_4} - \lg \alpha \text{Ca}^{2+} - \lg \alpha \text{H}_4\text{SiO}_4 - \lg \gamma \text{H}_4\text{SiO}_4 - \lg \gamma \text{Ca}^{2+}$$

Снижение концентрации Ca^{2+} обуславливает дополнительное растворение $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, что приводит к увеличению концентрации фосфат-аниона в системе:

$$\lg C_{\text{PO}_4} = \lg C_{\text{PO}_4} + \lg \alpha \text{H}_4\text{SiO}_4,$$

где $\lg \alpha \text{H}_4\text{SiO}_4 = \lg (1 + K_{\beta\text{CaSiO}_3} C_{\text{H}_4\text{SiO}_4} \alpha \text{SiO}_3^{2-})$ and $\alpha \text{SiO}_3^{2-} = K_1 K_2 / ([\text{H}^+]^2 + K_1 [\text{H}^+] + K_1 K_2)$.

Полученные данные свидетельствуют, что увеличение концентрации фосфора в растворе в присутствии монокремниевой кислоты в результате образования двух типов силикатов кальция происходит при pH выше 2 (рис. 1).

Реакция замещения фосфат-аниона на силикат-анион в фосфатах Ca протекает согласно формуле



Согласно расчетам, увеличение концентрации фосфат-аниона должно происходить в широком диапазоне pH (рис. 2).

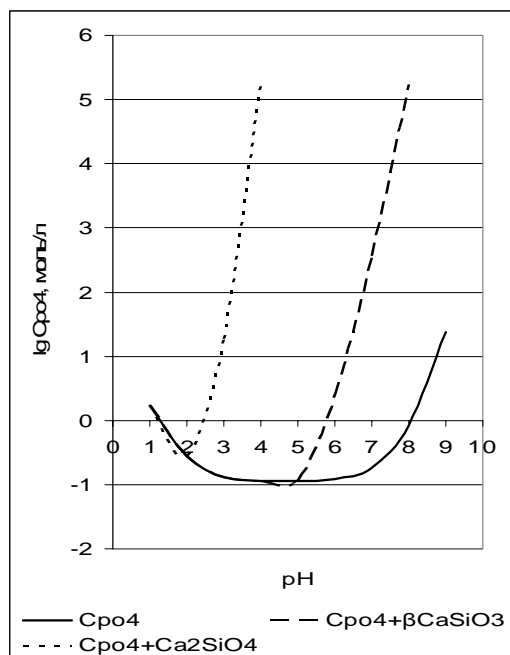


Рис. 1. Влияние образования βCaSiO_3 и Ca_2SiO_4 на содержание фосфат-аниона в насыщенном растворе $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ в результате конкурирующей реакции

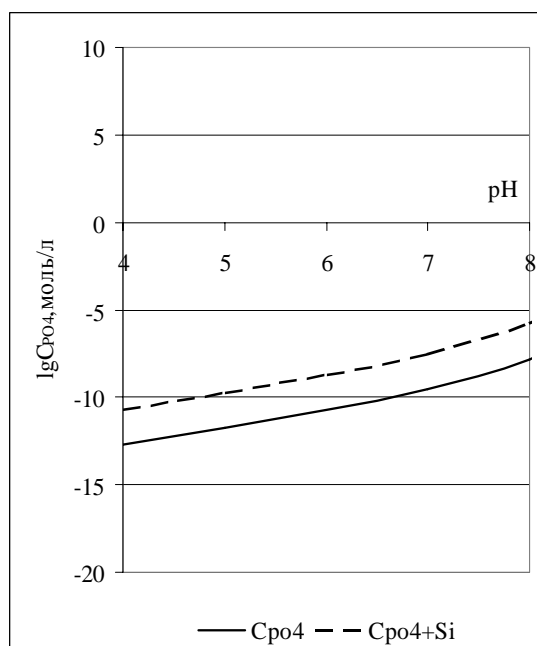


Рис. 2. Влияние монокремниевой кислоты на содержание фосфат-аниона в насыщенном растворе $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ в результате реакции замещения

Данные фракционного состава P в почвах после инкубации при добавлении монокремниевой кислоты или кремниевого препарата показали, что с увеличением концентрации монокремниевой кислоты в почве идет перераспределение P по фракциям (табл.). Содержание прочносвязанной фракции снижается, а доля более растворимых форм P увеличивается. При этом суммарное количество P во всех пяти фракциях оставалось постоянным.

Выводы. Проведенные исследования показали, что внесение кремниевых удобрений в жидкой и твердой формах может существенно повысить биодоступность фосфора в почве. Данный процесс контролируют реакция замещения фосфат-аниона силикат-анионом и конкурирующая реакция кремниевой кислоты с катионами кальция.

Таблица

Фракционный состав соединений фосфора в выщелоченном черноземе

Вариант	Фракции фосфора					Сумма
	1	2	3	4	5	
	P, мг/кг					
Целинная почва						
Контроль	42,4	83,2	123,4	822,4	234,5	1305,9
Si к-та, 250 кг/га Si	55,6	98,3	134,2	797,2	223,5	1308,8
Si к-та, 500 кг/га Si	78,2	123,4	143,2	734,5	227,4	1306,7
Bris Fito-A, 250 кг/га Si	58,4	106,3	148,2	763,5	231,2	1307,6
Bris Fito-A, 500 кг/га Si	67,8	132,5	155,4	756,3	196,8	1308,8
Пахотная почва						
Контроль	30,5	64,5	105,3	854,4	234,5	1289,2
Si к-та, 250 кг/га Si	41,6	78,9	114,5	812,5	240,3	1287,8
Si к-та, 500 кг/га Si	62,4	85,5	125,6	804,5	208,4	1286,4
Bris Fito-A, 250 кг/га Si	40,3	85,9	121,2	803,4	237,3	1288,1
Bris Fito-A, 500 кг/га Si	49,5	93,4	134,5	795,3	216,3	1289,0
HCP ₀₅	1,5	3,5	3,5	5,0	7,0	

Список литературы

1. Herrera-Estrella, L. Phosphorus: The underrated element for feeding the world / L. Herrera-Estrella, D. López-Arredondo // Trends in plant science. – 2016. – Т. 21. – №. 6. – P. 461–463.
2. Mamathashree, C. M. Phosphorus dynamics in different soils / C. M. Mamathashree, G. K. Girijesh, B. S. Vinutha // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. – 2018. – Т. 7. – №. 1. – P. 981–985.
3. Аскинази, Д. Л. Фосфатный режим почвы и известкование почв с кислой реакцией / Д. Л. Аскинази. – М.-Л.: Изд-во АН СССР. – 1949. – 216 с.
4. Авдонин, Н. С. Агрохимия: учебное пособие / Н.С. Авдонин. – М: Изд-во МГУ, 1982. – 344 с.
5. Наумов, Г. Б. Справочник термодинамических величин / Г. Б. Наумов, Б. Г. Рыженко, И. Л. Ходаковский. – М: Атомиздат, 1971. – 231 с.

ВЛИЯНИЕ АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ГРЕЧИХИ (*FAGOPYRUM ESCULENTUM L.*), ВОЗДЕЛЫВАЕМОЙ В ЗЕРНОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ

Г. М. Брескина

Курский федеральный аграрный научный центр,
г. Курск, Россия

С каждым годом все больше человечество задумывается об минимизации использования химических средств защиты растений не только во избежание загрязнения планеты, но прежде всего сохранения здоровья людей. Альтернативными помощниками земледельцам могут стать полезные микроорганизмы. На отечественном рынке имеется широкий ассортимент микробиологических препаратов призванных бороться с болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур [1, 3]. Есть препараты выполняющие функции азотфиксации и обеспечения растений элементами питания, но не всегда их применение проходит после полной научно обоснованной проверки. Имеющиеся в литературе данные по влиянию биопрепаратов на рост, развитие растений, сохранение плодородия почв и многообразия почвенной биоты носят иногда противоречивый характер [4, 6] и требуют дальнейшей более углубленной задачи исследования.

На опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (с. Панино, Медвенский район Курская область), в 2017 г. был заложен опыт по изучению влияния двух биопрепаратов на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas aureofaciens* на рост и развитие сельскохозяйственных культур в зернопропашном севообороте: «подсолнечник масличный – ячмень яровой – соя – гречиха». В 2021 г. на опыте возделывалась гречиха сорта Деметра. Опыт закладывали в соответствии с общепринятыми методиками [2] в трехкратной повторности, культуры выращивали по рекомендуемым агротехнологиям. На всех вариантах опыта после уборки предшествующих культур всю побочную продукцию (измельченные растительные остатки) использовали в качестве удобрения путем поверхностной заделки их в почву [5].

Почва опытного поля – чернозем типичный слабоэродированный тяжелосуглинистый на карбонатном лессовидном суглинке. При закладке эксперимента в пахотном слое почвы среднее содержание гумуса (по Тюрину) составляло $4,98 \pm 0,15$ %. Реакция почвенной среды – нейтральная. Содержание обменного кальция составляло 22,0...23,3 мг-экв./100 г почвы, подвижных (по Чирикову) форм фосфора и калия – 8,8...12,0 мг/кг и 9,7...11,2 мг/кг соответственно, общего азота (по Кьельдалю) – 0,22...0,23 %, обменного аммония (по методу ЦИНАО (ГОСТ 26487-85) – 10,9...13,2 мг/кг, нитратного азота (по методу Гранвальд-Ляжу) – 4,8...5,1 мг/кг почвы.

Схема опыта включала следующие варианты:

1) измельченная побочная продукция культур;
2) измельченная побочная продукция культур + азотные удобрения из расчета 10 кг д. в. N на 1 т соломы;

3) измельченная побочная продукция + биопрепараты (БП) (обработка семян БП на основе *Trichoderma viride* (2 л/т) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/т) перед посевом + обработка почвы перед посевом БП на основе *Trichoderma viride* (5 л/га) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/га) + обработка посевов 2 раза в течение вегетации БП на основе *Trichoderma viride* (5 л/га) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/га) + обработка побочной продукции перед заделкой БП на основе *Trichoderma viride* (5 л/га) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/га) – **агробиотехнология-1**;

4) измельченная побочная продукция + биопрепараты (БП) (обработка семян БП на основе *Trichoderma viride* (2 л/т) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/т) перед посевом + обработка почвы перед посевом БП на основе *Trichoderma viride* (5 л/га) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/га) + обработка посевов 2 раза в течение вегетации БП на основе *Trichoderma viride* (5 л/га) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/га) + обработка побочной продукции перед заделкой БП на основе *Trichoderma viride* (5 л/га) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/га) + азотные удобрения из расчета 10 кг д. в. N на 1 т соломы – **агробиотехнология-2**.

Во избежание конфликта интересов производителей марки препаратов и наименования производителей не указываются.

Обработку почвы и побочной продукции культур биопрепаратами проводили опрыскивателем ОП-2000/24. Внесение аммиачной селитры осуществляли навесным разбрасывателем РН-0,8 перед заделкой пожнивно-корневых остатков. Измельченные растительные остатки заделывали в почву дисковой бороной на глубину 10...12 см. Через 40 дней после этого проводили основную отвальную обработку почвы под зерновые культуры на глубину 20...22 см.

Экспериментальные данные обрабатывали методами математической статистики с использованием программных средств Microsoft office EXCEL.

Динамику роста (высоту и вес) гречихи учитывали по трем фазам развития культуры: бутонизация, цветения и фаза уборки – путем измерения 20 растений при проходе по диагонали делянок в двух несмежных повторениях и их взвешивания.

Анализ биометрических показателей гречихи показал увеличение роста растения на варианте без применения инокулянтов (контроль) к периоду бутонизации до 47 см, к периоду цветения – 93 см, а перед уборкой – 106 см. Применение растительных остатков сои с биопрепаратами как отдельно, так и с минеральным азотом усилило ростовые процессы растений, как в фазу бутонизации, так и в фазу цветения по сравнению с контролем. Так, на данных вариантах средняя высота растений в период бутонизации колебалась в пределах от 58 до 63 см, а к периоду цветения высота растений в среднем увеличилась в 2,2 раза и составляла

129–138 см. К периоду уборки темп роста растений гречихи значительно снизился и растения в среднем подросли на 6 см (рис.1).

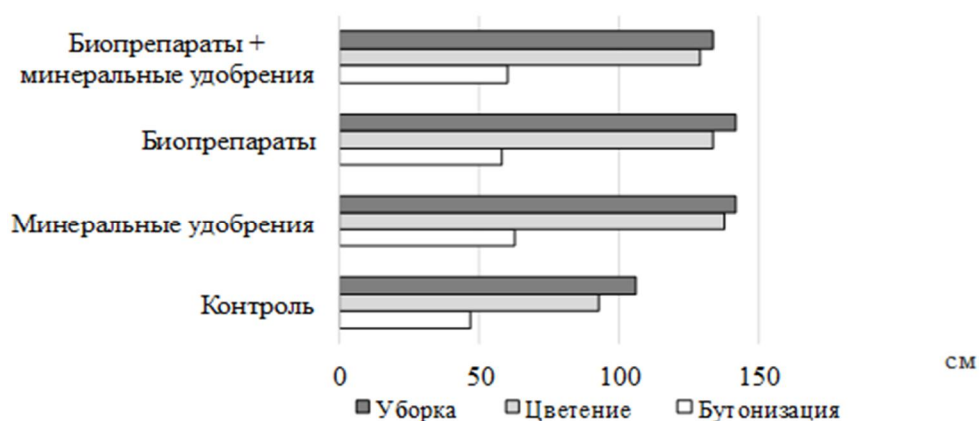


Рис. 1. Изменение высоты растения по фазам развития гречихи при применении биопрепаратов и минеральных удобрений на фоне заделывания растительных остатков сои

Следовательно, использование микробных препаратов стимулировало рост и развитие гречихи от фазы бутонизация к фазе цветения. Процесс роста растения гречихи при переходе от фазы цветения в фазу уборки проходил менее интенсивнее, что обусловлено неблагоприятными гидротермическими условиями развития культуры и созревания (ГТК – 0,58).

Фаза бутонизации характеризовалась равномерной интенсивностью формирования массы растения гречихи по всем факторам опыта. Наблюдалось положительное влияние азотных удобрений, микробиологических препаратов и комплексного их использования на прибавку веса растения гречихи в 2,0, 2,3 и 1,8 раза соответственно по отношению к контролю, но азотные удобрения несколько превосходили по действию биопрепараты и совместное их внесение с азотными удобрениями.

В фазу цветения по фону с биопрепаратами имело место и увеличение массы растения в 2,3 раза по сравнению с контролем. При использовании одних микробиологических препаратов выявлен наибольший вес растения, который превышал таковой на вариантах с внесением азотных удобрений и совместного внесения их с биопрепаратами на 17 и 37 % соответственно.

При совместном внесении биопрепаратов с азотными удобрениями вес растений и в фазу цветения уступал таковому как на варианте с биопрепаратами, так и с азотными удобрениями, но превышал контроль на 14 г при $НСР_{05} = 5,71$ см (рис. 2).

В фазу уборки гречихи наблюдалось увеличение массы растений, наибольшие показатели отмечены при применении биопрепаратов, которые в 2 раза превышали таковые на контроле. При совместном применении азотных удобрений с биопрепаратами массы растений была на 17 % меньше, чем при использовании азотных удобрений, но на 67 % превышал контроль.

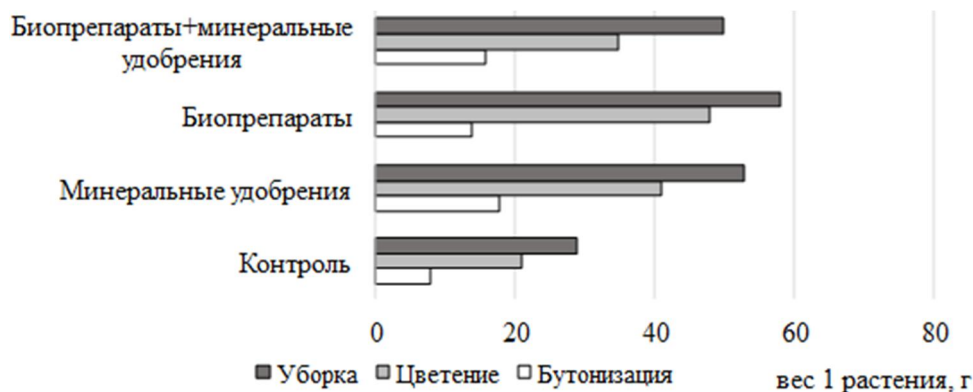


Рис. 2. Изменение массы растения по фазам развития гречихи при применении биопрепаратов и минеральных удобрений на фоне заделывания растительных остатков сои

Таким образом, применение биопрепаратов на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas aureofaciens* на фоне использования растительных остатков предшествующей культуры в севообороте положительно сказалось на рост и развитие растений гречихи, возделываемой в зернопропашном севообороте: «подсолнечник масличный–ячмень яровой–соя–гречиха». Применение минеральных удобрений в отдельные периоды исследования давало более положительный результат, но при расчете наименьшей существенной разности данное увеличение носили незначительный характер. При совместном использовании биопрепаратов и азотных удобрений наблюдалось значительное увеличение роста развития растений гречихи по сравнению с контролем, но по сравнению с вариантами отдельного использования инокулянтов, данный вариант был менее эффективным.

Список литературы

1. Брыкина, Ю. В. Изучение влияния биопрепаратов Стернифаг СП на скорость разложения соломы в условиях лесостепной зоны Липецкой области / Ю. В. Брыкина, И. О. Осипов, В. С. Черников // Агропромышленные технологии центральной России. – 2019. – №3(123). – С. 72–77 DOI: 10.24888/2541-7835-2019-13-63-71.
2. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351с.
3. Куликова, А. Х. Влияние соломы и биопрепарата Байкал ЭМ-1 на агрохимические свойства чернозема типичного и урожайность проса / А. Х. Куликова, Е. А. Яшин, С. А. Антонова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 31–37. DOI: 10.18286/1816-4501-2017-1-31-37
4. Русакова, И. В. Биопрепараты для разложения растительных остатков в агроэкосистемах / И. В. Русакова // JUVENISSCIENTIA. – 2018. – № 9. – С. 4–9. DOI: 10.32415/jscientia. 2018.09.01
5. Технология эффективного использования растительных остатков как органических удобрений на черноземах Лесостепи ЦЧЗ. – Курск, 2005. – 20 с.
6. Li, P. Survive land performance of two cellulose-degrading microbial systems inoculated into wheat straw-amended soil / P. Li, D. D. Zwang, X. J. Wang., Z. J. Cui // Microbiol. Biotechnol. – 2012. – Vol. 22. – P. 126–132.

ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ВЫБЫВШИХ ИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРОТА ЗЕМЕЛЬ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГРАНУЛИРОВАННОГО ИНДЮШИНОГО УДОБРЕНИЯ

С. М. Буряк¹, О. В. Черникова², Ю. А. Мажайский¹

¹*Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева, г. Рязань, Россия*

²*Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний, г. Рязань, Россия*

Сельское хозяйство является важнейшей отраслью в любой стране и Российская Федерация в этом не исключение, главным национальным богатством которой является плодородная земля, что позволяет производить экологически чистую сельскохозяйственную продукцию с перспективой лидерства на мировом рынке.

По данным субъектов Российской Федерации на 1 января 2021 г., из имеющихся земель сельскохозяйственного назначения неиспользуемыми остаются около 19,4 млн га пашни (5,1 процента общей площади земель сельскохозяйственного назначения в стране).

В 2021 г. Правительством Российской Федерации утверждена Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса. Программой определены основные приоритеты и цели государственной политики в сфере эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса [1].

Таблица 1

Основные направления программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса

1.	Восстановление и повышение плодородия земель сельскохозяйственного назначения, предотвращение сокращения площадей земель сельскохозяйственного назначения, рациональное использование таких земель, защита и сохранение сельскохозяйственных угодий от водной и ветровой эрозии, и опустынивания
2.	Совершенствование оборота сельскохозяйственных земель
3.	Расширение посевов сельскохозяйственных культур за счет неиспользуемых пахотных земель
4.	Наращивание экспорта продукции агропромышленного комплекса
5.	Обеспечение населения качественной и безопасной пищевой продукцией

Использование сельскохозяйственных земель находится под строгим государственным контролем, что в свою очередь требуют разработки новых подходов к использованию земель сельскохозяйственного назначения и ведению сельского хозяйства в целом, основой которого является почвенное плодородие.

Для поддержания качественного состояния окружающей природной среды, плодородия почвы целесообразно использовать органические удобрения (птичий помет, торф, навоз крупного рогатого скота и т. д.) [1].

Одной из активно развивающихся отраслей животноводства в России является индейководство, благодаря которому в 2021 году наша страна вошло в пятерку мировых лидеров по объемам выпуска мяса индейки [2]. Увеличение поголовья птицы в свою очередь ведет к необходимости решать вопросы переработки и использования больших объемов помета с соблюдением требований экологической безопасности, путем оптимизации технологических процессов и формирования адаптивных технологий переработки и использования птичьего помета [3].

На территории городского округа Егорьевск Московской области с 1969 году ведет свою деятельность Егорьевская птицефабрика. С 1978 года занимается разведением индеек на промышленной основе. Объем производства мяса индейки в 2021 г. составил 8,3 тыс. т. На птицефабрике напольное содержание птицы. Подстилочный помет (опилки, загрязненные индюшиным пометом) складировается на бетонированных площадках (пометохранилище) 80,0 м × 36,0 м в буртах, расположенных за территорией птицефабрики.

Отход образуется при смене напольного покрытия в птичниках. В качестве подстилки используется древесные опилки и стружка. По данным предприятия среднегодовое количество используемых опилок составляет 13600 м³, норма образования помета составляет 5 % от живой массы одной птицы в сутки. Удельный вес древесных опилок равен 0,5 т/м³. Таким образом, масса помета тонн в год составляет:

$$\begin{aligned} \text{Масса помета} &= \text{Поголовье} \times \text{Масса 1 шт.} \times \text{Норма обр. за сутки} \times \text{Дней в год} \\ \text{Масса помета} &= 20000 \times 8 \times 0,05 \times 365 = 2\,920\,000 \text{ кг, или } 2920 \text{ т/год} \end{aligned}$$

Масса опилок, загрязненных индюшиным пометом тонн в год составляет:

$$\begin{aligned} \text{Масса} &= (\text{Кол. использ. опилок в год} \times \text{Удельный вес опилок}) + \text{Масса помета} \\ \text{Масса} &= (13600 \times 0,5) + 2920 = 9720 \text{ т/год} \end{aligned}$$

Злободневной проблемой птицефабрики является отсутствие экологического и системного подхода к решению вопроса утилизации помета.

С другой стороны, вопрос по введению в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земель на территории Егорьевского района Московской области является более чем актуальный. Территория Егорьевского района расположена в центральной части Русской равнины, в средней части

Мещерской низменности. По описанию почвенной карты: почва в районе дерново-подзолистая, почвообразующая порода: супеси и пески, подстилаемые суглинками и глинами валунными и галечниковыми. Почвенные показатели: $pH_{\text{сол}}$ 5,2, $pH_{\text{вод}}$ 6,6, органическое вещество – 3,5 %, фосфор подвижный – 123,8 мг/кг, калий подвижный – 108 мг/кг, общий азот – 0,019 %.

Целью нашего исследования является объединение задач по введению в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых земель и повышение их почвенного плодородия за счет применения гранулированного удобрения на основе индюшиного помета с соблюдением всех эколого-экономических аспектов.

Технология получения органического гранулированного удобрения на основе индюшиного помета и его обеззараживание с влажностью 51 %, доведение до влажности 14–16 % при температуре нагрева 30 °С в течение 30–35 минут методом центрифугирования. Получение гранулированного удобрения на установке ОГМ-1,5А, объединяющей одну общую технологическую линию. После чего, полученные гранулы, размером длиной 18 мм и диаметром 6 мм, вносят в почву.

Технический результат достигается тем, что способ применения органических удобрений в технологии гранулированного индюшиного помета для повышения плодородия почвы включает:

- подачу компонента сырья органического удобрения;
- перемешивание;
- обеззараживание;
- гомогенизация;
- сушка с последующим гранулированием.

Проведено лабораторное исследование основных показателей подстилочного индюшиного помета и гранулированного удобрения на основе индюшиного помета.

Таблица 2

Основные показатели подстилочного индюшиного помета и гранулированного удобрения

№	Определяемый компонент	Помет	Удобрение
1	$pH_{\text{сол}}$	$5,9 \pm 0,1$	$6,1 \pm 0,1$
2	$pH_{\text{вод}}$	$6,0 \pm 0,1$	$6,3 \pm 0,1$
3	Органическое вещество, %	$54,7 \pm 5,5$	$38,7 \pm 3,9$
4	Фосфор подвижный, мг/кг	38260 ± 7652	36915 ± 7383
5	Калий подвижный, мг/кг	14055 ± 2108	16778 ± 2517
6	Общий азот, %	0,20	0,25
7	Сумма поглощенных оснований, моль/100 г	$7,6 \pm 1,1$	$9,4 \pm 1,4$
8	Нитраты	< 2,8	< 2,8
9	Цинк, мг/кг	767 ± 230	1849 ± 555
10	Медь, мг/кг	235	262
11	Кадмий, мг/кг	1,1	0,74
12	Свинец, мг/кг	1,9	1,7

В 2020–2021 гг. проведен полевой опыт с применением различных дозировок подстилочного индюшиного помета и гранулированного удобрения на основе индюшиного помета на земельном участке, находящемся в залежном состоянии 6 лет, на территории Егорьевского района Московской области.

Полевые испытания применения гранулированного органического удобрения показали существенное влияние на интенсивность микробиологических процессов в почве и эффективность его применения. Прибавка урожайности ячменя ярового сорта «Нур» в варианте с применением гранулированного удобрения в дозе 15 т/га составила 50,7 ц/га, что больше контрольного варианта опыта (без внесения удобрений) на 48,5 %. Результаты полевого защищены патентом РФ [4].

Кроме того, в вариантах применения гранулированного удобрения в сравнении чистого помета отмечены более интенсивные микробиологические процессы, протекающие в почве. При влажности гранул не более 14–16 % обеспечивается их стабильность при длительном хранении, при контакте с водой гранулы разбухают, влага сохраняется для последующих засушливых периодов.

Полученное гранулированное удобрение на основе индюшиного помета удобно для упаковки, складирования, транспортировки, и внесения в почву.

Список литературы

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 27 октября 2021 года № 1832 «О внесении изменений в Государственную программу эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://online.zakon.kz/Document/>.
2. Давлеев, А. Д. Российское индейководство вышло в мировые лидеры / А. Д. Давлеев // Интернет журнал Ценовик. Сельскохозяйственное обозрение. – 2022. – Режим доступа: <https://www.tsenovik.ru>.
3. Суховеркова, В. Е. Способы утилизации птичьего помета, представленные в современных патентах / В. Е. Суховеркова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 9. – С. 45–55.
4. Способ повышения плодородия почвы при возделывании сельскохозяйственных культур / С. М. Буряк [и др.] // Патент на полезную модель RU № 2 771 225 от 28.04.2022.

ВЛИЯНИЕ ВНЕКОРНЕВОЙ ПОДКОРМКИ НА ЧИСЛО ПОБЕГОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

М. Б. Вафоева¹, А. М. Абдуазимов²

¹НИИ земледелия в южных районах

²Каршинский институт ирригации и агротехники,
г. Карши, Узбекистан

Введение. Началом жизни зерновых культур считается переход семян из состояния покоя в активное. Через 10–20 дней после появления всходов начинается кущение – образование боковых побегов. После появления 2–3 настоящих зелёных листьев рост приостанавливается. На глубине 2...3 см от поверхности почвы образуется узел кущения, от которого развиваются боковые стебли и вторичные корни. От степени узла кущения зависят кустистость, развитие корневой системы, засухоустойчивость, зимостойкость. Отмирание узла кущения приводит к гибели всего растения.

В период кущения растения нуждаются в свете, влаге, питании, тепле. Из элементов питания в этот период особенно необходимы фосфор и азот (азотные подкормки) [1].

Минеральное питание растений включает поступление, передвижение и усвоение элементов. Но бывают ситуации, когда элементы минерального питания почвы становятся труднодоступными для растений (низкая температура, недостаток или избыток влаги, недостаточное развитие корневой системы и др.). Из-за дефицита какого-либо фактора даже при достаточном наличии элемента в почве корни плохо его поглощают. Для этого более целесообразно применение внекорневых подкормок удобрениями по надземной части растений [2].

При возделывании зерновых культур 30 % от общих затрат приходится на минеральные удобрения. Оптимизация минерального питания и обеспечение благоприятного фитосанитарного состояния посевов по этапам органогенеза растений позволяет в наибольшей степени реализовать генетический потенциал продуктивности зерновых культур в сложившихся погодных условиях и снизить удельные затраты элементов питания на формирование урожая [3].

Цель исследования заключается в изучении эффективности применения различных компонентных макро- и микроудобрений для внекорневых подкормок озимой пшеницы в условиях орошаемых светлых серозёмных почв Кашкадарьинской области.

Материалы и методы. Исследования проводились в течении 3 вегетационных сезонов (2019–2021 гг.) на центральном опытном участке Научно-исследовательского института земледелия в южных районах расположенного в Каршинском районе, на посевах озимой пшеницы сорта Гозгон. Учётная площадь делянок составляла 108 м², повторность опыта –

трехкратная, размещение вариантов – систематическое. С целью получения более точных результатов внекорневая подкормка проводилась в условиях разных уровней корневого питания, а в частности, на 3 агрофонах минерального питания: 1) Контроль; 2) $N_{90}P_{45}K_{30}$; 3) $N_{180}P_{90}K_{60}$. Контроль без применения удобрений. Изучаемым фактором для повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы являлись некорневые подкормки жидкими удобрениями и регуляторами роста. Каждой деланке соответствовал определённый вариант обработки посевов в различные фазы вегетации. В соответствии с опытной схеме семена озимой пшеницы «Гозгон» перед посевом обрабатывались удобрениями IfoSeed + Вл-77, а также в период вегетации растений проводилась листовая подкормка удобрениями IFO PZN + Ankasuper (15.10–15.11), IFO PZN + IfoHumate Plus (25.02–10.03), IFO UAN + POTEX (15.03–30.03), IFO-COMBI FE + EntoGumin + IFO UAN 32 (05.04–15.04), IFO CALIFOS + Ankasuper (01.05–10.05).

Результаты. По результатам исследования, проведенного с целью определения эффекта обработки семян биостимуляторами, регулирующими рост озимой пшеницы в условиях светло-серых почв Кашкадарьинской области, установлено, что данные приёмы повлияли на исходные биометрические показатели озимой пшеницы, а в частности, отмечено положительное влияние на степень кущения сорта озимой пшеницы Гозгон.

По результатам полевых опытов, проведенных в 2019–2021 гг., наименьшее число побегов растений в процессе определения эффективности предпосевной обработки семян озимой пшеницы стимуляторами роста и внекорневой подкормки комплексными макро- и микроудобрениями в различных условиях минерального питания (агрофон) независимо от условий питания была зафиксирована в контрольных вариантах и в среднем составила 1,55 шт.

В 1-варианте с применением предпосевной обработки семян число побегов варьировалось в зависимости от минерального питания которое составило 2,96, 3,65 и 3,96 шт, во 2-варианте с применением внекорневой подкормки – 3,49, 3,89 и 4,55 шт, а в 7-варианте, где использовались как и предпосевная обработка семян так и внекорневая подкормка данный показатель был равен 2,97, 4,15 и 4,54 шт., что на 1,27, 1,56 и 1,82 шт. превышало контрольные данные.

Из вышеприведённых данных показатели контрольных вариантов определились в качестве самых низких, а в частности число побегов на 1,7, 2,1 и 2,2 шт. меньше, чем в варианте с предпосевной обработкой, на 2,3, 2,4 и 2,8 шт. меньше, чем вариант с внекорневым питанием и на 1,7, 2,59 и 2,72 шт. с применением предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки соответственно.

Так же в результате проведённых исследований было установлено, что в 3-, 4-, 5- и 6-вариантах в условиях контрольного агрофона число побегов составило 1,30, 1,28, 1,48 и 1,44 шт., в условиях агрофона $N_{90}P_{45}K_{30}$ кг/га – 1,84, 1,74, 2,00 и 1,87 шт., и в условиях агрофона $N_{180}P_{90}K_{60}$ кг/га – 2,01, 2,09, 2,14 и 2,26 шт. соответственно. По полученным данным увеличение содер-

жания минерального питания в этих вариантах обеспечило увеличение числа побегов растений озимой пшеницы.

Таблица 1

Влияние предпосевной обработки семян и внекорневой подкормки на число побегов, шт. (2019–2021 гг.)

Агрофон	Вариант	2019 г	2020 г	2021 г	Среднее
Контроль	Контроль	1,44	1,23	1,14	1,27
	IfoSeed + ВЛ-77	3,42	2,84	2,61	2,96
	IFO PZN + Ankasuper	3,71	3,52	3,24	3,49
	IFO PZN + IfoHumate Plus	1,45	1,28	1,16	1,30
	IFO UAN + POTEX	1,38	1,20	1,25	1,28
	IFO-COMBI FE + EntoGumin + IFO UAN 32	1,62	1,36	1,45	1,48
	IFO CALIFOS + Ankasuper	1,55	1,41	1,35	1,44
	IfoSeed + ВЛ-77; IFO PZN + Ankasuper; IFO PZN + IfoHumate Plus; IFO UAN + POTEX; IFO-COMBI FE + EntoGumin + IFO UAN 32; IFO CALIFOS + Ankasuper	3,84	1,62	3,45	2,97
N ₉₀ P ₄₅ K ₃₀	Контроль	1,82	1,51	1,34	1,56
	IfoSeed + ВЛ-77	3,88	3,72	3,34	3,65
	IFO PZN + Ankasuper	4,08	3,96	3,64	3,89
	IFO PZN + IfoHumate Plus	2,05	1,84	1,64	1,84
	IFO UAN + POTEX	1,95	1,71	1,56	1,74
	IFO-COMBI FE + EntoGumin + IFO UAN 32	2,11	1,99	1,91	2,00
	IFO CALIFOS + Ankasuper	1,90	1,84	1,86	1,87
	IfoSeed + ВЛ-77; IFO PZN + Ankasuper; IFO PZN + IfoHumate Plus; IFO UAN + POTEX; IFO-COMBI FE + EntoGumin + IFO UAN 32; IFO CALIFOS + Ankasuper	4,28	4,14	4,02	4,15
N ₁₈₀ P ₉₀ K ₆₀	Контроль	2,07	1,84	1,54	1,82
	IfoSeed + ВЛ-77	4,18	3,96	3,74	3,96
	IFO PZN + Ankasuper	4,76	4,47	4,43	4,55
	IFO PZN + IfoHumate Plus	1,98	2,00	2,05	2,01
	IFO UAN + POTEX	2,15	2,10	2,01	2,09
	IFO-COMBI FE + EntoGumin + IFO UAN 32	2,21	2,12	2,08	2,14
	IFO CALIFOS + Ankasuper	2,33	2,25	2,21	2,26
	IfoSeed + ВЛ-77; IFO PZN + Ankasuper; IFO PZN + IfoHumate Plus; IFO UAN + POTEX; IFO-COMBI FE + EntoGumin + IFO UAN 32; IFO CALIFOS + Ankasuper	4,84	4,56	4,21	4,54

Выводы. По результатам 3-летних исследований по изучению и определению влияния обработки семян биостимуляторами, регулирующими рост озимой пшеницы в условиях светло-серых почв Кашкадарьинской области на число побегов (кущение) озимой пшеницы было установлено, что показатели 1-го варианта (IfoSeed + Вл-77), 2-го варианта (IFO PZN + Ankasuper) и 7-го варианта (IfoSeed + Вл-77; IFO PZN + Ankasuper; IFO PZN + IfoHumate Plus; IFO UAN + POTEX; IFO-COMBI FE + EntoGumin + IFO UAN 32; IFO CALIFOS + Ankasuper) сравнительно превысили показатели контрольного варианта, где в условиях контрольного агрофона на 1,69; 2,22 и 1,7 шт., в условиях агрофона с минеральным питанием $N_{90}P_{45}K_{30}$ кг/га – на 2,09; 2,33 и 2,59 шт. и в условиях агрофона с минеральным питанием $N_{180}P_{90}K_{60}$ кг/га – на 2,14; 2,73 и 2,72 шт. соответственно, т.е. данные агротехнические мероприятия оказали положительное влияние на кущение растений озимой пшеницы.

Список литературы

1. Основы агрономии: пособие / И. П. Козловская [и др.]. – Минск: РИПО, 2012. – 347 с.
2. Семененко, Н. Н. Инновационные технологии применения азотных удобрений: теория, методология, практика / Н. Н. Семененко. – Минск: Альфа-книга, 2020. – 320 с.
3. Семененко, Н. Н. Система применения удобрений под зерновые культуры на дреново-подзолистых почвах в современных условиях / Н. Н. Семененко, Е. Г. Мезенцева, О. Г. Кулеш // Земледелие и защита растений. – 2018. – №2. – С. 33–39.

МЕХАНИЗМ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Т. М. Германович

*Белорусский государственный экономический университет,
г. Минск, Беларусь*

Земельные отношения как специфическая сфера производственных отношений общества, возникающих между отдельными людьми в области владения, пользования и распоряжения землей – всеобщим условием труда и средством производства, приобретают исключительное значение. Одна из причин этого – быстрый рост числа собственников земельных участков, увеличение количества участников земельных отношений, расширение круга правовых действий, совершаемых с земельными участками.

Земельные отношения – это отношения, связанные с созданием, изменением, прекращением существования земельных участков, возникновением, переходом, прекращением прав, ограничений (обременений) прав на земельные участки, а также с использованием и охраной земель, земельных участков [1].

Земельные отношения, являясь базисом производственных отношений активно влияют на развитие производительных сил, ускоряют или замедляют процесс производства.

Разработка экономического механизма регулирования земельных отношений, учитывающего государственные и частные интересы также актуальна, как и создание законодательной базы, организационного механизма.

В условиях перехода к рыночной экономике механизм экономического регулирования управления земельными ресурсами, реализуемый через соблюдение экономических интересов государства, землевладельцев и землепользователей приобретает особое значение.

В качестве основы экономического механизма управления земельными ресурсами для формирования системы экономических регуляторов наряду с другими экономическими рычагами используется земельная рента. Теория ренты, появившаяся в конце XVIII – начале XIX благодаря английским классикам А. Смит и Д. Рикардо, означала признание объективных экономических законов в такой сфере деятельности, как земледелие, и распространение их на собственников земли. Рента представляет собой устойчивый доход, не связанный с предпринимательской деятельностью, но условия возникновения которого определяются качеством земли, формирующим разную стоимость единицы продукции при одинаковых затратах труда и средств производства.

Природными факторами обуславливается экономическая сущность земельной ренты, которая является категорией общеэкономической. Оценочными соизмеримыми показателями земель, используемых в раз-

личных целях, являются земельная рента и цена земли, которая представляет денежное выражение рыночной стоимости.

Механизм экономического регулирования управления земельными ресурсами формируется системой мер экономического воздействия, направленных на реализацию земельной политики государства, обеспечение прав землевладельцев и землепользователей установление социально справедливых платежей за землю, экономическое стимулирование рационального и эффективного землепользования, введение экономических санкций за нерациональное использование и ухудшение экологического состояния земельных участков, на защиту земельных угодий от порчи и ухудшения их экологического состояния, незаконного захвата и разбазаривания.

Мировой опыт рыночных отношений наглядно показывает, что земля во многих странах вовлечена в сферу экономических отношений в первую очередь как надежный, неиссякаемый, количественно увеличивающийся источник финансовых средств, пополняющий бюджеты всех уровней, способствующий обеспечению развития территорий.

Эту задачу решают реализацией одного из принципиальных положений системы управления земельными ресурсами – обеспечением платности землепользования.

В системе управления земельными ресурсами земельные платежи не только обеспечивают рациональное распределение земельных ресурсов между различными видами их использования, нивелируют условия деятельности для субъектов, хозяйствующих на земельных участках разного качества, но и обеспечивают изъятие и направление в бюджеты разного уровня рентного дохода, создаваемого на участках с лучшими условиями, создают базу финансирования проведения мероприятий, повышающих качество земель[2].

Система экономических регуляторов управления земельными ресурсами включает может включать такие инструменты как земельный налог, плату за право аренды, арендную плату за землю, рыночную цену земли, залоговую цену земли, компенсационные платежи при изъятии земель, платежи за повышение качества земли, возмещения вреда, причиненного окружающей среде и др.

Рыночная экономика перенесла центр тяжести управления с методом прямого регулирования, т. е. централизованного в глобальном плане распределения и перераспределения материальных и финансовых ресурсов, на методы косвенного воздействия на экономику землепользования, в том числе и через налоговую систему.

Налоги, являясь основным источником доходной части бюджетов всех уровней и инструментом государственного регулирования социально-экономических отношений, представляют необходимое звено экономических отношений в обществе.

По сравнению с налогообложением других доходов юридических и физических лиц налогообложение земли и иного недвижимого имущества имеет существенные преимущества. Системы учета и регистрации, позволяющие идентифицировать земельные участки, иные объекты недвижимо-

сти и их владельцев делает невозможным сокрытие объекта налогообложения. Поступления от сбора земельного налога, в отличие от налогов, базой которых являются доходы от хозяйственной деятельности, в гораздо меньшей степени зависят от экономической конъюнктуры.

Земельный налог существует почти по всех странах мира. Ставка налога на землю за рубежом варьируется в зависимости от стоимости земли и того, к какому классу она принадлежит.

Так, в Швейцарии собственник уплачивает в государственную казну от 0,1 до 1% от стоимости участка, в Германии – 1,9 %, Испании – от 0,2 до 2,5 %, в России – от 0,3 до 1,5 %, а в Чехии – от 0,3 до 3,5 %. В США ставка земельного налога является одной из самых высоких – в среднем 6 %. Для сравнения, в Беларуси собственник отдает в казну 0,1% от кадастровой стоимости участка.

Земельный налог является местным налогом, так как основная цель налогообложения земельной собственности во всех странах состоит в пополнении местных бюджетов.

Доход от налога на землю (включая строения на ней) составляет основную часть поступлений от налогов в местные бюджеты. Например, в США он составляет 95 %, в Канаде – 81 %, в Германии, Франции – около 75 %.

Не существует земельного налогообложения только в 17 государствах: Хорватии, Лихтенштейна, Мальты, Монако, Доминики, Бахрейн, Оман, Катар, Кувейт, Саудовской Аравии, ОАЭ, на Каймановых, Сельшельских островах и островах Теркс, Кайкос, Кука, Фиджи и Шри-Ланка. Однако в этих странах существуют иные налоги для формирования местных бюджетов [3].

В Республике Беларусь земельный налог уплачивается за пользование земельными участками, предоставленными в частную собственность, пожизненное наследуемое владение, постоянное или временное пользование в соответствии с налоговым законодательством.

Основаниями для исчисления земельного налога и арендной платы за землю являются государственный акт на земельный участок, удостоверение на право временного пользования земельным участком, договор аренды земельного участка, решение соответствующего исполнительного и распорядительного органа о предоставлении земельного участка или сведения о наличии и качественном состоянии земель, представляемые ежегодно налоговым органам землеустроительной службой местных исполнительных и распорядительных органов.

Земельный налог в Беларуси пока еще не играет регулирующей роли. Он слабо влияет на уровень и характер использования земли, не побуждает к применению наиболее эффективных методов земледелия. Дифференциация земельного налога не в полной мере отражает различия в местоположении и плодородии земельных участков даже в пределах одного района или области.

Удельный вес поступлений земельного налога в общей структуре доходов местных бюджетов Республики Беларусь за 2019–2021 гг. колебался от 2,6 % в 2019 г. и 1,9 % в 2020 г., до 1,7 % в 2021 г.

Арендная плата уплачивается за пользование земельными участками, предоставленными в аренду, и является одной из форм платы за пользование земельными участками в Республике Беларусь. Для того чтобы заключить договор аренды, покупается право на его заключение. Начальная цена права заключения договора аренды земельного участка определяется на основании кадастровой стоимости этого участка с применением коэффициентов в зависимости от срока его аренды.

Доходы местных бюджетов за январь-декабрь от сдачи в аренду земельных участков в 2019-2021 гг. составили: в 2019– 0,9 %; в 2020 – 0,7 %, в 2021г. – 0,6 % в общей структуре доходов.

В соответствии с законодательством Республики Беларусь, при изъятии земель для государственных нужд предусмотрены компенсационные платежи собственникам участков, порядок исчисления которых определен в законодательстве. Согласно Кодексу Республики Беларусь о земле (ст.75), убытки, причиняемые изъятием или временным занятием земельных участков, сносом расположенных на участках объектов недвижимого имущества, ограничением (обременением) прав на земельные участки, в том числе установлением земельных сервитутов подлежат возмещению. Порядок определения размеров убытков, причиненных землепользователям, осуществляется в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 26.03.2013 № 462.

В большинстве стран разработаны методические рекомендации по расчету размера убытков, причиненных обладателям прав на земельные участки, изымаемые для государственных нужд. При определении величины компенсации учитывается не только экономическое и социальное положения права лиц, чье имущество подвергается изъятию не должны ухудшаться после экспроприации собственности, но и возможность своевременного доступа ко всей информации, касающейся изымаемой у них собственности и участие в обсуждении вопросов об изъятии, принятии решений и обжаловании неправомерных решений.

Основной характеристикой рыночной экономики зарубежных стран является наличие права частной собственности, исходя из этого большинство стран мира разработало необходимые законы для упорядочивания процедуры изъятия с тем, чтобы ограничить превалирующее право государства на возможность изъятия земель. Законодательно устанавливаются случаи, когда государство вправе использовать механизмы изъятия, описываются права и возможные действия участников в случаях изъятия, определяются виды убытков, причиненные обладателям прав на изымаемое имущество, которые подлежат возмещению, устанавливается порядок определения размера данных убытков [4].

Платежи за экологический ущерб предусматривают определение факта причинения вреда окружающей среде, установление размера возмещения вреда, и возмещение вреда, причиненного окружающей среде

Размер возмещения вреда, причиненного окружающей среде, регулируется экологическим законодательством. Порядок определения размера возмещения вреда, причиненного земельным ресурсам установлен законодательно.

Поскольку природные ресурсы естественного происхождения и не имеют стоимости, то используется таксовый метод подсчета ущерба, когда размер причиненного вреда определяется условно по заранее установленным расценкам.

С 12.04.2022 г. вступило в силу постановление Совмина от 11.04.2022 г. № 219, устанавливающее таксы для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, и порядок его исчисления. До указанной даты данные вопросы регулировались разными документами. Полномочия по определению такс принадлежали Президенту. Их размеры прописывались в Указе № 348 (п. 1 приложения 2 к Указу № 140, Закона № 145-3). Этот вопрос в настоящее время отнесен к компетенции Правительства. Порядок исчисления размера вреда определяло Положение Совмина № 1042.

Постановлением Совмина № 219 правительство установило таксы для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде, в том числе и при деградации земель.

Под деградацией земель понимают потерю жизненно важных почвенных ресурсов и плодородия в результате эрозии, опустынивания, засоления, закисления, нарушения щелочного баланса и химического загрязнения.

Загрязнителем почвы может быть любой физический агент, химическое вещество и биологический вид, попадающие в окружающую среду или возникающие в ней в количествах, превышающих свою обычную концентрацию.

Для определения размера возмещения вреда, причиненного деградацией земель установлены таксы возмещения вреда для земель любой категории, при этом определены виды деградации земель (включая почвы), показатели деградации земель, интервалы показателей по степеням деградации, установлены таксы для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде деградацией земель (включая почвы) любой категории и таксы для определения размера возмещения вреда, причиненного окружающей среде деградацией земель лесного фонда

Экономический механизм управления земельными ресурсами Республики Беларусь активно совершенствуется, при этом есть возможности увеличения значимости регуляторов механизма и расширения их числа.

Список литературы:

1. Кодекс Республики Беларусь о земле: 23 июля 2008 г., № 425-3 : принят Палатой представителей 17 июня 2008 г.: одобр. Советом Респ. 28 июня 2008 г. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 48. – 2/1522. / <https://etalonline.by/document/?regnum=hk0800425> (дата обращения 25.05.2022)

2. Варламов, А. А. Земельный кадастр / А. А. Варламов. – Москва: КолосС, 2006. – Т. 2: Управление земельными ресурсами. – 527 с.

3. Цегельникова, А. А. Порядок исчисления земельного налога. Сравнение России с зарубежными странами на примере США, Германии и Швеции / А. А. Цегельникова, Е. С. Лукина. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2018. – № 51 (237). – С. 308-310. – URL: <https://moluch.ru/archive/237/55042/> (дата обращения: 25.03.2022).

4. Едемский, А. А. Международная практика определения компенсаций за изымаемые для государственных нужд земельные участки / <https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdunarodnaya-praktika-opredeleniya-kompensatsiy-za-izyemaemye-dlya-gosudarstvennyh-nuzhd-zemelnye-uchastki>(дата обращения: 25.03.2022).

ВЛИЯНИЕ НОВОГО БИОСТИМУЛЯТОРА НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕГЕТАТИВНОЙ СИСТЕМЫ, УРОЖАЙНОСТИ И СОКРАЩЕНИЕ СРОКОВ СОЗРЕВАНИЯ ТОМАТОВ СОРТА ПУГОВКА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТРАДИЦИОННЫМ (ПОЧВЕННЫМ) МЕТОДОМ

**Т. А. Глинушкина, С. М. Севостьянов, Б. К. Сон,
Н. Ф. Деева, Д. В. Демин**

*Институт фундаментальных проблем биологии РАН,
г. Пуцзино, Россия*

Повышение урожайности и сокращение сроков созревания сельскохозяйственных культур – задача, которая решается на разных уровнях. Это выведение новых сортов, разработка системы агротехнических мероприятий, схема применения удобрений и многое другое. Один из аспектов, направленных на решение данной проблемы – создание новых препаратов – стимуляторов (регуляторов) роста и развития растений на основе природных веществ, выделенных из растений, грибов, микроорганизмов, которые позволяют управлять процессами метаболизма растений, и наиболее полно проявлять потенциальные возможности каждого отдельного вида [1]. Создание новых регуляторов роста направлено на интенсификацию физиолого-биохимических процессов и повышение стрессоустойчивости растений. Биорегуляторы, в зависимости от поставленных задач, могут влиять на ускорение прорастания семян и более раннее созревание плодов, ускорять рост корней, стимулировать деление клеток, регулировать состояние покоя и т. д. Положительный эффект достигается лишь в том случае, если растения восприимчивы к предлагаемым стимуляторам. Концентрации используемых препаратов четко регулируются, передозировка может привести к ингибирующему эффекту. В настоящее время в мире синтезировано более 5 тысяч соединений, влияющих на физиологические процессы, происходящие в растениях.

Особое внимание уделяется полифункциональным регуляторам роста и оценке способов их применения на различных видах сельскохозяйственных культур [2].

Широкое применение нашли препараты Циркон и Эпин-экстра. Данные препараты являются регуляторами роста, стимулируют корнеобразование, плодообразование; адаптогенами широкого спектра действия для многих видов растений.

Нами были получен новый биостимулятор после механохимической обработки растительных волокон и тепловой денатурации белка из отходов картофеля. Особенность данного соединения состоит в том, что по технологии возможно использование отходов сельхозпроизводства картофеля (зараженные, битые, мелкие, резаные плоды).

Экстракт растительного биостимулятора изготовлен путем ультрафильтрационного фракционирования продуктов механохимической активации растительного сырья (клубней картофеля сорта Вектор) и представляет собой сбалансированный белково-углеводный комплекс [3], гликозидов, свободных оксикарбоновых и аминокислот [4], микро- и макроэлементов и фитогормонов [5].

Целью исследований было определить физиологически активные концентрации водного раствора биологического препарата, на формирование элементов вегетативной системы растений Черри в условиях вегетационного опыта, при выращивании традиционным (почвенным) методом.

Методы исследования. Для определения влияния биологического препарата на семена и проростки помидоров Черри была проведена серия лабораторных опытов, которые проводили в факторостатных условиях. Для этого отбирали по 100 штук семян помещали их в чашки Петри на фильтровальную бумагу в четырёхкратных повторностях по каждому варианту и добавляли по 1 мл раствора препарата биологического препарата на основе крахмалсодержащих отходов в концентрации 10^{-4} мг/мл. Контролем служили семена, замоченные в дистиллированной воде. После этого чашки Петри помещались в термостат при температуре 26°C. Энергию прорастания и всхожесть определяли в установленные для данной культуры сроки (3-й и 7-й) по ГОСТ 12038-84. Измерение длины и массы корневых систем и проростков проводились на 5-е, 10-е и 15-е сутки постановки опыта.

Эффект от применения регулятора роста устанавливали соотношением исследуемых показателей опытных образцов к соответствующим показателям контрольных, выращенных на дистиллированной воде и принятых за 100 %. За результат анализа принимали среднее арифметическое результатов определения всхожести всех проанализированных проб. При определении всхожести 95 % и выше отклонения результатов анализа отдельных проб от среднеарифметического значения не должны превышать $\pm 4\%$; при всхожести 94,9–90 % – не выше $\pm 5\%$ и т. д.

В эксперименте использовалась почва серая лесная, горизонт А. Основные характеристики: средний суглинок, содержание гумуса – 2,8 %, рН водн. – 6,4.

Почвенный образец в воздушно-сухом состоянии просеивали через сито 3 мм, что позволило сохранить водопрочные агрегаты.

Торф нейтральный «Гера», состоящий из смеси верхового и низинного торфа рН водн. – 7,61. Влажность субстрата – 150,7 %.

В период вегетации проводили наблюдения за ростом и развитием растений. Вели учёт биометрических (морфоструктурных) показателей проводили по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989) с фазы всходов и далее через 10 дней до конца вегетации. Каждый отбор проб соответствовал фазам развития растений. При этом проводили следующие подсчёты и измерения: динамика роста побега в высоту; число и длина листьев; площадь листьев; содержание

хлорофиллов а, b и каротиноидов. Отмечали появление первых всходов (вегетационная всхожесть), динамику развития растений, определяли площадь фотосинтетического аппарата и содержание хлорофилла в спиртовой вытяжке.

Эффект от применения биологического препарата на основе крахмалсодержащих отходов устанавливали соотношением исследуемых показателей опытных образцов к соответствующим показателям контрольных, принятых за 100 %.

Все данные подвергались математической обработке с помощью компьютерной программы, разработанной в Институте физиологии растений TI-TEST.

Обсуждение результатов. Учёт биометрических показателей сельскохозяйственных растений является одним из основных условий программирования урожая.

Обработка биологическим препаратом положительно отразилась на формировании листового аппарата и общей высоте растения. Измерения проводили в период формирования рассадных растений (сформировавшиеся растения для высаживания в открытый грунт) и в фазу цветения—начала образования плодов, когда происходит максимальное накопление биомассы.

Наблюдали увеличение массы листьев с одного растения, длины листовой пластинки, числа листьев с одного растения, а также высоты побега под воздействием исследуемого препарата в указанные сроки (рассадные растения, бутонизации-начала образования плодов).

При этом, высота растений увеличивалась относительно контрольных образцов на 126 %, число настоящих листьев – на 93 %, а масса настоящих листьев – на 79 % (рис. 1–2).

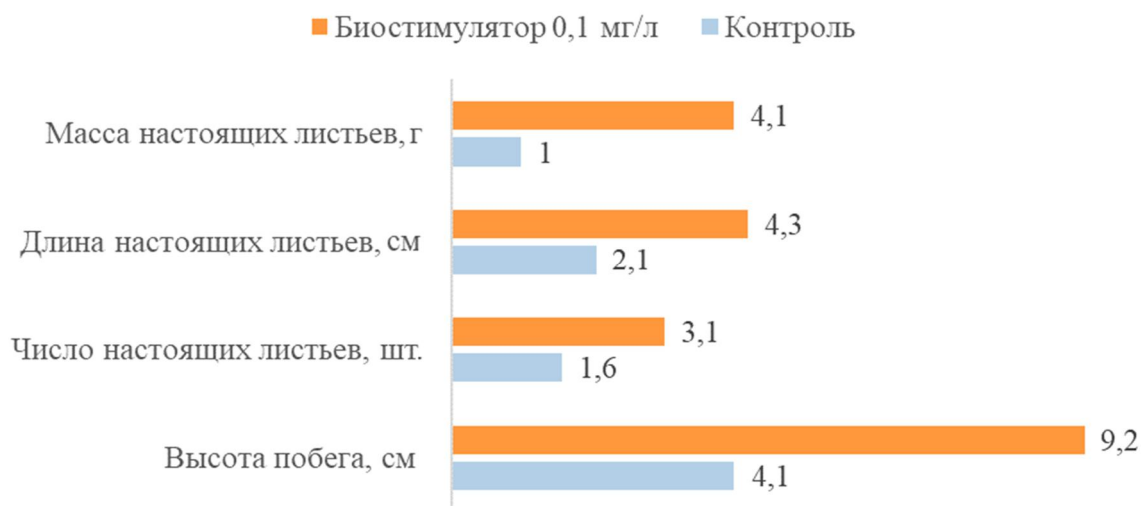


Рис. 1. Влияние биостимулятора на формирование элементов архитектуры вегетативной системы растений Черри в условиях вегетационного опыта

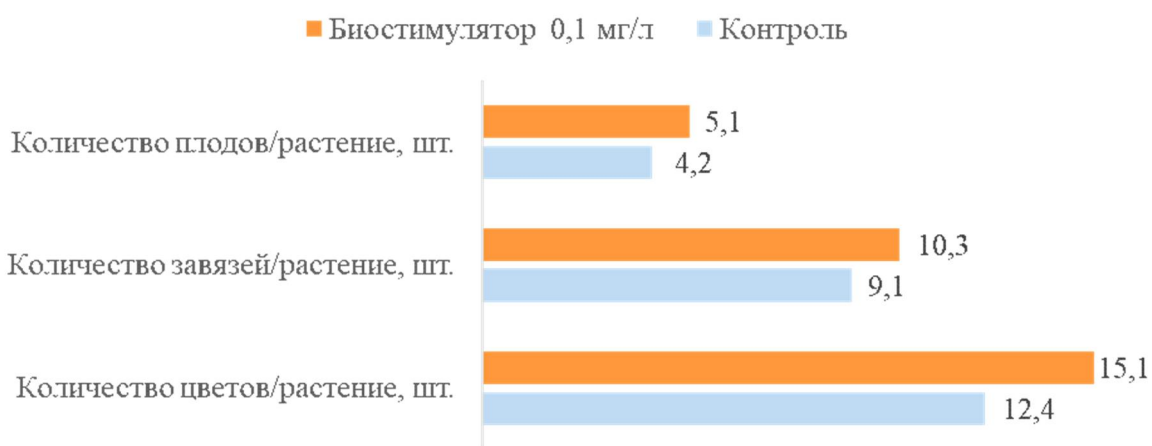


Рис. 2. Влияние биостимулятора на формирование элементов продуктивности растений Черри

Поскольку регулирование процессом фотосинтеза представляет собой один из наиболее эффективных путей управления продуктивностью растений было исследовано воздействие препарата на накопление пигментов в листьях. Полученные результаты позволили установить положительное влияние исследуемого препарата на увеличение площади листовой поверхности, накопление хлорофиллов и каротиноидов в листьях у растений. При выращивании растений традиционным (почвенным методом) площадь листьев увеличивалась на 21 %, концентрация хлорофиллов – на 39 % по сравнению с контрольными (не обработанными препаратом) образцами (табл.). Возможно, это связано с наличием аминокислот, входящих в состав регулятора, которые способствуют синтезу пигментов в листьях. На увеличение содержания каротиноидов обработка препаратом влияния не оказала.

Таблица

Влияние биостимулятора на формирование фотосинтетического аппарата и содержание хлорофилла

Вариант обработки	Площадь листьев одного растения, м ² /растение	Прибавка, относительно контроля, %	Концентрация хлорофиллов (a и b) в листьях, мг/г сырого вещества	Прибавка, относительно контроля, %	Концентрация каротиноидов в листьях, мг/г сырого вещества	Прибавка, относительно контроля, %
Контроль	0,56	–	0,53	–	0,18	–
Биостимулятор 10 ⁻⁴ мг/мл	0,68	21	0,74	39	0,18	–

Интенсивное развитие вегетативных органов и накопление пигментов фотосинтеза под воздействием биостимулятора урожайности коррелировало с формированием элементов продуктивности растений. Эффект по указанным показателям по количеству цветов увеличивался на 20 %, завязей – на 12 %, плодов на 19 %.

Выводы. Биологический препарат стимулировал развитие растений томатов, ускорял прохождение фенологических фаз, сокращал сроки вступления растений в плодоношение. Применение микродоз способствовало повышению урожайности. Поэтому они могут быть рекомендованы для дальнейшей их экспериментальной оценки в полевых опытах при еще меньших концентрациях, на других сельскохозяйственных культурах и т. д.

Список литературы

1. Богословский, В. Н. Агротехнологии будущего. Книга 1. Энергены / В. Н. Богословский, Б. В. Левинский, В. Г. Сычёв; под ред. В.Г. Сычёва. – М., изд-во РИФ «Антиква», 2004. – 164 с.
2. Роль полифункциональных регуляторов роста растений в преодолении гербицидного стресса / М. М. Наумов [и др.] // Агрохимия. – 2019. – № 5. – С. 21–28.
3. Биологическая активность фрагментов клеточных стенок картофеля / И. Г. Роменская [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 1994. – Т. 30, № 6. – С. 907–915.
4. Pirjo, Mattila, Jarkko Hellström. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products / Pirjo Mattila, Jarkko Hellström // Journal of Food Composition and Analysis. – 2007. – № 20(3–4). – P. 152–160.
5. Кефели, В. И. Фитогормоны и поиск новых регуляторов продуктивности растений / В. И. Кефели // Сельскохозяйственная биология. – 1987. – № 2. – С. 81–85.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ТЕПЛОЛЮБИВЫХ КУЛЬТУР В ПОЧВЕННО- КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Г. З. Гуцева, Т. В. Ласько, Г. А. Леферд

*Институт радиобиологии НАН Беларуси,
г. Гомель, Беларусь*

Современное потепление считается одной из самых острых экологических проблем, при этом главная роль в изменении климата отводится антропогену. В последние четыре десятилетия отмечается интенсивный рост количества парниковых газов (скорость роста основного антропогенного парникового газа CO₂ за последнее время превысила 3 % в год). Несмотря на скептическое отношение к достоверности полученных результатов об изменении климата, Международная группа экспертов по изменению климата также считает причиной современного глобального потепления антропогенные факторы [1].

Климат Беларуси определяется как умеренно континентальный. Основные его характеристики обусловлены расположением территории республики в умеренных широтах, отсутствием орографических преград, преобладанием равнинного рельефа, относительным удалением от Атлантического океана.

По данным Республиканского гидрометеоцентра произошло смещение климатических зон Республики Беларусь. Климатические зоны сдвинулись примерно на 100 километров с юга на север. Сезоны в нашей стране сместились почти на две недели [1].

Потепление климата и изменение границ агроклиматических областей является важным вопросом для сельскохозяйственного производства республики. В связи с глобальным потеплением климата и участившими засухами в последние годы в Беларуси появилась необходимость пересмотреть структуру посевных площадей кормовых культур, особенно в южных регионах. Хозяйства стали вводить в севооборот не традиционные для кормопроизводства теплолюбивые кормовые культуры – сою, сорго, пайзу, чумизу, суданскую траву. Особенно это касается областей, где сосредоточены более легкие, песчаные почвы, наиболее характерные для возделывания этих растений.

В Государственный реестр Беларуси внесены сорта совершенно новых для сельского хозяйства республики культур: пайза 2 сорта Удалая-2 и Любава, чумиза сорта Золушка, 4 сорта суданской травы, 3 сорта сорго-суданкового гибрида, 3 сорта сорго сахарное и 13 сортов сои. Введение

новых засухоустойчивых культур в севооборот позволит восполнить дефицит белка в кормах.

В настоящее время, для обеспечения животноводства сбалансированными по белку кормами увеличиваются площади посева нетрадиционной для Беларуси высокобелковой культуры – сои. Поскольку культура теплолюбивая, то возделывается она в основном в южных областях республики, на типичных для производства культуры дерново-подзолистых супесчаных почвах.

Соя характеризуется уникальным химическим составом. В семенах культуры содержится 35–48 % белка и 17–25 % масла, что в 1,5 раз больше чем в горохе, в 1,2 – чем в люпине и в 1,4 – чем в фасоли. В свежей зеленой массе сои белка до 4–6 %, в пересчете на сухое вещество – до 22 %. Кроме того, 80–90 % белков сои составляет водорастворимая фракция. По этому показателю культура превосходит горох, люпин и чечевицу [2].

Благодаря химическому составу использование сои как в растениеводческой, так и в животноводческой отрасли сопровождается энергосберегающими эффектами. В растениеводстве, благодаря азотфиксирующей способности этой культуры, сокращается применение азотных удобрений. Расчеты показывают, что для производства 1 т азотных удобрений расходуется 2–3 т нефти или 10 тысяч кубических метров природного газа. Таким образом, только один гектар сои, за счет азотфиксации, сберегает 0,3–0,4 т нефти или 1300 кубических метров природного газа. В животноводческой отрасли применение соевого белка значительно сокращает расход зерна и увеличивает при этом продуктивность скота. Сбалансированные соевым белком корма позволяют расходовать 1–1,5 кормовых единицы для производства одного килограмма мяса, в то время как использование несбалансированных кормов приводит к перерасходу корма до 8–10 кормовых единиц и ухудшению качества продукции [2].

Основная масса соевого белка применяется в виде жмыха или шрота (отходов после экстракции масла), в качестве добавок в корма для сельскохозяйственных животных. В структуре кормов соевый жмых или шрот занимает 10–15 % [2].

Кроме того, возделывание сои в почвенно-климатических условиях Беларуси экономически оправдано. Результаты, полученные в хозяйствах республики (к-з им. Денщикова Гродненского района; к-з «Белорусская нива» Столинского района; экс/б «Стреличево» Хойникского района) показывают, что уже при урожайности около 10 ц/га возделывание сои рентабельно [2].

Под посевы сои в Беларуси ежегодно отводится до 30 тыс. га, однако, чтобы исключить импорт шрота необходимо значительное увеличение посевов культуры в южных районах республики, территория которых наиболее пострадала в результате Чернобыльской катастрофы. Главную

сложность для производства сои, в условиях пострадавших, радиоактивно загрязненных почв, представляет получение продукции с содержанием радионуклидов, не превышающим республиканских допустимых уровней (РДУ-99). При разработке технологии производства сои в Беларуси, для получения качественной продукции этой культуры было необходимо не только провести экономическую и энергетическую оценку производства продукции, но и в традиционную агротехнику возделывания включить мероприятия, направленные на снижение перехода радионуклидов из почвы в растения, что и обусловило проведение детальных научных исследований.

По нашим оценкам, продукция сои содержит высокое количество валовой энергии в одном килограмме корма. Наиболее высоко энергетическими кормами являются отходы технической переработки сои: жмых – 87,4 МДж и шрот – 79,7 МДж. Для сравнения, в продукции злаковых культур содержится в среднем не более 60 МДж энергии.

Сорта растений, в силу своих биологических особенностей, могут в значительной степени отличаться по степени поглощения радиоактивных веществ из почвы. Возделывание сорта с минимальным накоплением радионуклидов не требует изменений в структуре посевных площадей и значительных дополнительных затрат. Подбор сорта является наиболее экономически оправданным приемом и позволяет снизить накопление ^{137}Cs в зеленой массе сои до 40 %, в семенах – до 10 %, накопление ^{90}Sr в зеленой массе культуры снижается до 20 %, и в семенах – до 15 %. По результатам наших исследований, среди изученных сортов минимальным накоплением ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукции характеризовался сорт Березина [3].

Производство качественной продукции сои не целесообразно без прогноза накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в урожае. Методика прогноза базируется на коэффициентах перехода радионуклидов из почвы в растения (КП). Для прогноза уровня загрязнения урожая радионуклидами, рассчитаны коэффициенты перехода (КП) ^{137}Cs и ^{90}Sr в зеленую массу и семена сои. Среднее значение коэффициентов перехода ^{137}Cs для зеленой массы (0,06 Бк/кг:кБк/м²) отличается меньшими значениями относительно семян (0,10 Бк/кг:кБк/м²). Продукция сои характеризуется достаточно высокими значениями коэффициентов перехода по ^{90}Sr , которые составляют для зеленой массы – 8,14 Бк/кг:кБк/м² и для семян – 6,36 Бк/кг:кБк/м².

Используя КП, в хозяйствах на каждом конкретном поле можно прогнозировать уровень загрязнения продукции радионуклидами и заблаговременно определять характер ее использования (на пищевые цели, на корм скоту, на переработку и т. д.). Для прогноза уровня загрязнения урожая радионуклидами, величина содержания радионуклида в прогнозируемой растениеводческой продукции, рассчитанная для плотности загрязнения почв 37 кБк/м², умножается на величину плотности загрязнения почвы.

Поскольку для продукции сои характерны достаточно высокие коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в урожай, то главным условием для возделывания этой культуры на пострадавших территориях является пригодность почв по степени окультуренности и плотности радиоактивного загрязнения. Ограничения плотности загрязнения для возделывания сои рассчитаны с учетом применения защитных мероприятий. Рекомендуемые нами защитные мероприятия такие, как: использование сорта сои Березина, характеризующегося минимальным накоплением радионуклидов; применение инокуляции семян, позволяют существенно снизить накопление радионуклидов в продукции и расширить ареал возделывания культуры на территориях с более высокими плотностями загрязнения почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Для переработки на масло сою рекомендуется возделывать и получать нормативно чистую продукцию практически на всей территории, загрязненной радионуклидами, где разрешено ведение сельского хозяйства. По загрязнению почвы ^{137}Cs ограничения возделывания сои существуют лишь на производство семян для переработки на продовольственные цели до 1000 кБк/м^2 (27 Ки/км^2).

Более жесткие ограничения пахотных угодий для возделывания сои рассчитаны для ^{90}Sr . Получать бобы сои и использовать их на продовольственные цели возможно на территориях с плотностью загрязнения ^{90}Sr до $2,6 \text{ кБк/м}^2$ ($0,07 \text{ Ки/км}^2$), на фураж для получения цельного – до 24 кБк/м^2 ($0,65 \text{ Ки/км}^2$), для получения молока-сырья на переработку – до 120 кБк/м^2 (3 Ки/км^2).

Возделывать сою для нужд кормопроизводства допускается на почвах, загрязненных ^{90}Sr до 7 кБк/м^2 ($0,19 \text{ Ки/км}^2$) – на зеленую массу для получения цельного молока, до 36 кБк/м^2 ($0,96 \text{ Ки/км}^2$) – для получения молока-сырья на переработку.

При расчетах экономической эффективности возделывания сои мы исходили, прежде всего, от прибавки урожайности в результате применения современных районированных сортов, бактериализации, которая исключает внесение дорогостоящих азотных удобрений и позволяет снизить поступление радионуклидов в урожай, а также применения минеральных удобрений в нормах: $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$; $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$; $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$.

В результате исследований установлено, что наиболее рентабельным, является возделывание сои на семена. Как отмечено ранее, на загрязненных территориях на семена сою можно возделывать повсеместно, независимо от уровня загрязнения почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr . Однако следует учитывать, что для получения качественных семян важно наличие в хозяйствах сушильного оборудования и семяочистительной техники. При выращивании сои на загрязненных территориях для переработки на масло, рентабельность производства достигает 71 %. Несколько менее выгодным (рентабельность до 66 %), является возделывание сои на зеленую

массу, что объясняется невысокой стоимостью получаемой продукции и сравнительно большими затратами на ее производство.

Таким образом, результаты наших исследований свидетельствуют, что потепление климата позволяет возделывать в почвенно-климатических условиях Республики Беларусь нетрадиционные для сельского хозяйства, новые теплолюбивые культуры, среди которых наибольшую популярность приобрела высокобелковая культура соя. Продукция сои содержит высокое количество валовой энергии в одном килограмме корма. Наиболее высоко энергетичными кормами являются отходы переработки сои: жмых – до 87,4 МДж и шрот – до 79,7 МДж.

Производство сои – экономически оправдано. Наиболее высокая рентабельность производства обеспечивается при возделывании культуры на семенные цели.

Сою возможно возделывать без ограничений на загрязненной радионуклидами территории для переработки на масло и семена. Для получения зерна сои на продовольственные цели существуют ограничения по загрязнению почвы ^{137}Cs до 1000 кБк/м² (27 Ки/км²) и ^{90}Sr до 2,6 кБк/м² (0,07 Ки/км²). Производить зеленую массу сои для использования в животноводстве допускается на среднеокультуренных дерново-подзолистых почвах с плотностью загрязнения ^{90}Sr от 7,1 кБк/м² (0,19 Ки/км²) до 35,6 кБк/м² (0,96 Ки/км²).

Список литературы

1. Логинов, В. Ф. Глобальные и региональные изменения климата: доказательная база и неопределенность оценок / В. Ф. Логинов // Наука и инновации. – 2016. – № 9. – С. 9–16.
2. Давыденко, О. Г. Соя для умеренного климата / О. Г. Давыденко, Д. Е. Голоенко, В. Е. Розенцвейг. – Минск: Технология, 2004. – 173 с.

КОЭФФИЦИЕНТЫ ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ ПРИ ВНЕСЕНИИ НОВЫХ ФОРМ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ С МОДИФИЦИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ ПОД ЯРОВЫЕ И ОЗИМЫЕ ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

К. В. Даниленко, Г. В. Пироговская

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

В настоящее время (по состоянию на 01.01.2021 г.) в результате аварии на Чернобыльской АЭС в сельскохозяйственном пользовании в Республике Беларусь находится 825,42 тыс. га земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 1–40 Ки/км², в том числе на пахотных землях – 556,60 тыс. га и 268,81 тыс. га – на луговых землях. На данный момент преобладают почвы по уровню загрязнения с плотностью загрязнения по ^{137}Cs от 1,0 до 5,0 Ки/км² (80,6 % от общего их количества). Основные массивы сельскохозяйственных земель, загрязненных ^{137}Cs , находятся в Гомельской и Могилевской областях (60,0 % и 29,6 % общей площади). Остальные площади загрязненных земель по данному элементу находятся в Брестской, Гродненской и Минской областях [1–3].

Что касается ^{90}Sr , то в республике (на 01.01.2021 г.) сельскохозяйственное производство ведется на 278,99 тыс. га с плотностью более 0,15 Ки/км², в том числе на 181,92 тыс. га на пахотных землях и 97,06 тыс. га – на луговых. При этом преобладают земли плотностью загрязнения ^{90}Sr от 0,15 до 0,30 Ки/км² (173,25 тыс. га, или 62,1 % от общей площади). Самые большие площади земель, загрязненных ^{90}Sr , находятся в Гомельской области (96,3 %).

За 35-летний послераврийный период в результате естественного распада радионуклидов площади используемых сельскохозяйственных земель, загрязненных ^{137}Cs , сократились в 1,8 раза (655 тыс. га), а ^{90}Sr – в 1,9 раза (276,0 тыс. га) [1]. Накоплен большой опыт ведения сельскохозяйственного производства в зонах радиоактивного загрязнения, известен широкий спектр технологий, позволяющих снизить переход радионуклидов в продукцию, а также повысить урожайность и продуктивность сельскохозяйственных культур. Известно, что одним из приемов снижения поступления радионуклидов в продукцию является применение новых форм медленнодействующих удобрений позволяющих снизить на 10–30 % накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственной продукции, при одновременном повышении урожайности сельскохозяйственных культур [4].

В последние годы в мировой практике и нашей стране наметилась тенденция применения на почвах, загрязненных радионуклидами, комплексных удобрений, с оптимальным соотношением элементов питания под каждую конкретную сельскохозяйственную культуру, в том числе

медленнодействующих, содержащих микроэлементы и регуляторы роста растений. Равномерность их внесения положительно сказывается как на урожае и качестве возделываемых культур, так и на поступлении радионуклидов в продукцию.

В Республике Беларусь в последнее десятилетие исследования РУП «Институт почвоведения и агрохимии» были направлены на разработку новых составов твердых и жидких комплексных удобрений с различными модифицирующими добавками (ингибиторами нитрификации, биоразлагаемыми полимерами, микроэлементами) для основного внесения в почву и некорневых подкормок по вегетирующим растениям основных сельскохозяйственных культур. Изучалось влияние новых форм комплексных удобрений на поступление радионуклидов в растениеводческую продукцию, с учетом постоянных изменений климата, как в целом по Республике Беларусь, так и по областям, загрязненным радионуклидами.

В отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС остается актуальной задача получения основной и побочной продукции растениеводства, соответствующей допустимым уровням содержания радионуклидов.

Целью исследований являлась оценка влияния разных форм комплексных удобрений с различными модифицирующими добавками на накопление и коэффициенты перехода радионуклидов в продукцию яровых (ячмень, овес) и озимых зерновых (озимая пшеница) культур, возделываемых на дерново-подзолистой временно избыточно увлажняемой супесчаной почве, развивающихся на связных или рыхлых супесях, подстилаемых с 0,4–1,2 м моренными суглинками.

Объекты и методы исследования. Исследования по оценке влияния разных форм комплексных удобрений с различными модифицирующими добавками на коэффициенты перехода радионуклидов в продукцию яровых и озимых зерновых культур проводили в условиях 2020–2021 гг. в полевых опытах на дерново-подзолистых связно-, рыхлосупесчаных почвах в ОАО «Хальч» Ветковского района Гомельской области.

Объекты исследований – сельскохозяйственные культуры: ячмень, овес, озимая пшеница.

Предмет исследований – комплексные удобрения с модифицирующими добавками (микроэлементами: Cu, Mn, как в сульфатной, так и в хелатной форме), регуляторами роста растений (отходами дрожжевых производств, в том числе Ростмомент), отечественными ингибиторами нитрификации (СтабилиНорм) и биоразлагаемыми связующими (FS-OPAN – получен на основе рапсового масла), стандартными удобрениями (карбамид, аммонизированный суперфосфат, калий хлористый гранулированный).

Коэффициенты перехода (K_n) радионуклидов – это отношение концентрации радионуклида в растении к плотности загрязнения почвы этим радионуклидом на единицу площади ($\text{Бк/кг} : \text{кБк/м}^2$). По K_n можно судить

о количественных изменениях подвижности и биологической доступности радионуклидов растениям.

Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr (среднее по полям) в Апах дерново-подзолистой связносупесчаной почвы перед закладкой полевых опытов с зерновыми культурами составляло: *на поле с ячменем* ^{137}Cs – 10,52 (2020 г.) и 6,36 (2021 г.) Ки/км², ^{90}Sr – 0,30 и 0,19 Ки/км² соответственно, *с овсом* – ^{137}Cs – 10,83 и 6,28 Ки/км², ^{90}Sr – 0,16 и 0,21 Ки/км², *с озимой пшеницей* на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной – ^{137}Cs – 8,90 Ки/км² и ^{90}Sr – 0,22 Ки/км².

Гидротермический коэффициент (ГТК) в период с мая по август 2020 г. составил 1,51, в 2021 г. – 1,37, при среднемноголетнем – 1,61. Вегетационные периоды возделывания зерновых культур в 2020 г. и 2021 г. следует считать, как оптимальные, однако температура воздуха и количество атмосферных осадков значительно различались по месяцам.

Результаты исследований. Известно, что в послеаварийный период после Чернобыльской АЭС средние значения коэффициентов перехода ^{137}Cs для дерново-подзолистых супесчаных почв Республики Беларусь изменялись в зависимости от содержания обменного калия в почве: *для зерна овса* (14 % влажности) КП по ^{137}Cs находились в пределах от 0,032 (при содержании K_2O более 300 мг/кг почвы) до 0,22 (при содержании K_2O меньше 80 мг/кг почвы), соответственно *для зерна ячменя* – от 0,027 и 0,063, а *для зерна озимой пшеницы* – от 0,017 (при содержании K_2O более 300 мг/кг почвы) до 0,063 (при содержании K_2O 141–200 мг/кг почвы). *В соломе овса* (20 % влажности) – от 0,028 до 0,40, соломе ячменя – от 0,046 до 0,12 и соломе озимой пшеницы – от 0,033 до 0,091.

Средние значения коэффициентов перехода по ^{90}Sr изменялись в зависимости от уровня кислотности почвы (pH_{KCl}): *для зерна овса* (14 % влажности) находились в пределах от 1,0 (при pH_{KCl} более 7,0) до 1,4 (при pH_{KCl} меньше 4,5), *для зерна ячменя* – от 1,2 до 1,5 (при pH_{KCl} 4,6–5,0), а *для зерна озимой пшеницы* – от 0,85 (при pH_{KCl} более 7,0) до 1,1 (при pH_{KCl} 5,1–5,5). *В соломе овса* (20 % влажности) – от 3,4 до 5,6, соломе ячменя – от 4,6 до 6,0 и соломе озимой пшеницы – от 4,1 до 5,4 [5].

В наших исследованиях (через 34 года после Чернобыльской аварии) КП ^{137}Cs в зерне ячменя составили в среднем за два года (2020–2021 гг.) на контроле 0,008, в базовом варианте – 0,013, в вариантах с комплексными удобрениями – от 0,010 до 0,013. В соломе эти показатели были следующие: на контроле 0,017, в базовом варианте – 0,008, в вариантах с комплексными удобрениями – от 0,007 до 0,034. Содержание ^{137}Cs в зерне и соломе ячменя в годы исследований находилось значительно ниже значений, определенных регламентом, и, соответственно, продукция могла использоваться на любые цели без ограничения.

Что касается КП ^{90}Sr в зерне ячменя, то в среднем за два года (2020–2021 гг.) они составили на контроле 0,25, в базовом варианте – 0,13, в вариантах с комплексными удобрениями – от 0,19 до 0,47 (табл. 1). В соло-

ме эти показатели были следующие: на контроле 4,88, в базовом варианте – 3,02, в вариантах с комплексными удобрениями – от 3,43 до 6,29.

Таблица 1

Коэффициенты перехода ^{90}Sr в зерно ячменя на дерново-подзолистой связносупесчаной почве в ОАО «Хальч» Ветковского района, 2020–2021 гг.

Варианты	Коэффициенты перехода					
	2020 г.		2021 г.		среднее	
	^{90}Sr	\pm к базовому	^{90}Sr	\pm к базовому	^{90}Sr	\pm к базовому
Контроль без удобрений	0,14	–	0,36	–	0,25	–
$\text{N}_{60}\text{P}_{40}\text{K}_{30}$ – базовый	0,03	–	0,23	–	0,13	–
$\text{N}_{60}\text{P}_{40}\text{K}_0$	0,41	0,38	0,29	0,06	0,35	0,22
$\text{N}_{60}\text{P}_{20}\text{K}_{30}$	0,44	0,41	0,24	0,01	0,34	0,21
$\text{N}_{60}\text{P}_{40}\text{K}_{30}$ с (6 %) S, (12 %) C (углерода)	0,26	0,23	0,30	0,07	0,28	0,15
$\text{N}_{60}\text{P}_{40}\text{K}_{30}$ с (2 %) S и (12 %) C (углерода)	0,49	0,46	0,45	0,22	0,47	0,34
$\text{N}_{60}\text{P}_{40}\text{K}_{30}$ с (2 %) S, (7 %) CaO, (5 %) MgO	0,21	0,18	0,34	0,11	0,28	0,15
$\text{N}_{60}\text{P}_{40}\text{K}_{30}$ с Cu и Mn (с EDTA)	0,58	0,55	0,29	0,06	0,44	0,31
$\text{N}_{60}\text{P}_{40}\text{K}_{30}$ с Cu и Mn (с EDTA на основе растительного масла)	0,03	0	0,45	0,22	0,24	0,11
$\text{N}_{60}\text{P}_{40}\text{K}_{30}$ с отходами дрожжевых производств (Ростмомент)	0,15	0,12	0,33	0,10	0,24	0,11
$\text{N}_{60}\text{P}_{40}\text{K}_{30}$ с отходами дрожжевых производств (НПЦ по продовольствию)	0,55	0,52	0,32	0,09	0,44	0,31
$\text{N}_{50}\text{P}_{65}\text{K}_{90}$ с Cu и Mn	0,05	0,02	0,33	0,10	0,19	0,06

Говорить о влиянии комплексных удобрений на снижение поступления ^{90}Sr в продукцию ячменя, при таком низком его содержании в зерне и соломе не представляется возможным.

При возделывании овса на той же дерново-подзолистой связносупесчаной почве с плотностью загрязнения ^{137}Cs – 10,8 Ки/км² и ^{90}Sr – 0,16 Ки/км² в условиях 2020 г. содержание ^{137}Cs в зерне находилось в пределах от 0,00 до 3,57 Бк/кг и во всех вариантах опыта было значительно ниже РДУ-99. В условиях 2021 г. на той же почве с плотностью загрязнения ^{137}Cs – 6,3 Ки/км² и ^{90}Sr – 0,21 Ки/км² содержание ^{137}Cs в зерне овса в зависимости от вариантов опыта находилось в пределах от 3,18 до 7,41 Бк/кг, а в среднем за два года от 1,76 до 4,88 Бк/кг, и зерно было пригодно как на пищевые цели, так и для использования на фураж и комбикорм.

В соломе овса содержание ^{137}Cs в годы исследований находилось также ниже допустимых уровней в 2020 г. – от 0 до 8,19 Бк/кг, в 2021 г. – от 0,10 до 12,4 Бк/кг, а в среднем за 2 года – от 0,05 до 7,66 Бк/кг, и она была пригодна для использования на любые цели без ограничения.

КП ^{137}Cs в зерне овса составили в среднем за два года (2020–2021 гг.) на контроле 0,011, в базовом варианте – 0,005, в вариантах с комплексными удобрениями – от 0,006 до 0,013.

Зерно овса, даже при низкой степени загрязнения ^{90}Sr (0,16 Ки/км²) дерново-подзолистой связносупесчаной почвы, в условиях 2020 г. было непригодно для переработки на пищевые цели как на контроле без внесения минеральных удобрений (11,5 Бк/кг), так и с повышенной нормой (N₇₀P₄₀K₆₀) удобрений (11,2 Бк/кг). В остальных вариантах зерно пригодно для переработки на пищевые цели. В 2021 г. наблюдалась аналогичная закономерность, более высокое содержание ^{90}Sr в этих вариантах (3,40 Бк/кг). Применение комплексных удобрений с добавками серы и углерода, микроэлементов (Cu и Mn) и отходов дрожжевых производств достоверно снижало поступление ^{90}Sr в зерно овса.

Коэффициенты перехода ^{90}Sr в зерно овса на дерново-подзолистой связносупесчаной почве в 2020 г. в вариантах с комплексными удобрениями были на уровне от 0,43 до 1,35, в 2021 г. – от 0,20 до 0,40, а в среднем за 2 года – 0,38–0,78, на контроле – 1,46, 0,40 и 0,93. Преимущественно во всех вариантах с комплексными удобрениями отмечалась тенденция снижения Кп ^{90}Sr в зерне по сравнению с базовым вариантом (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты перехода ^{90}Sr в зерно овса на дерново-подзолистой связносупесчаной почве в ОАО «Хальч» Ветковского района, 2020–2021 гг.

Варианты	Коэффициенты перехода					
	2020 г.		2021 г.		среднее	
	^{90}Sr	± к базовому	^{90}Sr	± к базовому	^{90}Sr	± к базовому
Контроль без удобрений	1,46	–	0,40	–	0,93	–
N ₅₀ P ₂₀ K ₃₀ – базовый	1,02	–	0,30	–	0,66	–
N ₇₀ P ₄₀ K ₆₀	1,76	0,74	0,30	0	1,03	0,37
N ₅₀ P ₂₀ K ₀	1,29	0,27	0,30	0	0,80	0,14
N ₅₀ P ₃₀ K ₃₀ с (6 %) S, (12 %) C (углерода)	0,43	–0,59	0,40	0,1	0,42	–0,24
N ₅₀ P ₂₀ K ₃₀ с Cu и Mn (с EDTA)	0,77	–0,25	0,30	0	0,54	–0,12
N ₅₀ P ₂₀ K ₃₀ Cu и Mn (с EDTA на основе растительного масла)	0,82	–0,20	0,30	0	0,56	–0,10
N ₅₀ P ₂₀ K ₃₀ с S (2 %) с CaO(7 %) и MgO(5 %)	1,35	0,33	0,20	–0,1	0,78	0,12
N ₅₀ P ₂₀ K ₃₀ с (2 %)S, (12 %)C	0,78	–0,24	0,30	0	0,54	–0,12
N ₅₀ P ₂₀ K ₃₀ с отходами дрожжевых производств (Ростмомент)	1,11	0,09	0,30	0	0,71	0,05
N ₅₀ P ₂₀ K ₃₀ с отходами дрожжевых производств (НПЦ по продовольствию)	0,45	–0,57	0,30	0	0,38	–0,28

Содержание ^{90}Sr в соломе овса также было ниже допустимых уровней, и она была пригодна для получения как молока цельного, так и мо-

лока-сырья для переработки на масло, мясо и заключительный откорм. Наблюдалось снижение содержания ^{90}Sr и КП ^{90}Sr в соломе при внесении комплексных удобрений с добавками, по сравнению со значениями этого показателя в базовом варианте (стандартными удобрениями).

Содержание ^{137}Cs в зерне пшеницы озимой при внесении разных форм удобрений на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве с содержанием ^{137}Cs в почве – 8,90 Ки/км² находилось в пределах от 7,82 до 25,31 Бк/кг, и продукция была пригодна на пищевые цели (РДУ = 90 Бк/кг). В фураже, комбикорме и соломе содержание ^{137}Cs было на уровне от 13,2 до 24,8 Бк/кг и продукция была пригодна для использования на любые цели, без ограничения. Содержание ^{90}Sr в пахотном горизонте дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве составило 0,22 Ки/км² в зерне озимой пшеницы изменялось от 2,3 до 3,5 Бк/кг, в соломе – от 17,1 до 32,1 Бк/кг. Продукция (основная и побочная) озимой пшеницы даже на контроле без внесения минеральных удобрений в вариантах с разными формами и дозами удобрений (N₅₀₋₁₄₅P₂₀₋₆₀K₀₋₁₂₀) была пригодна для переработки на любые цели.

КП по ^{137}Cs в зерне и соломе озимой пшеницы были более высокие на контроле и в вариантах со стандартными удобрениями. Что касается КП по ^{90}Sr в зерне пшеницы, то отмечалась аналогичная закономерность по вариантам, как и по ^{137}Cs (табл. 3).

Таблица 3

Средние значения коэффициентов перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерне и соломе озимой пшеницы на дерново-подзолистой связносупесчаной почве (ОАО «Хальч», Ветковского района Гомельской области)

Варианты	КП ^{137}Cs		КП ^{90}Sr	
	зерно	солома	зерно	солома
Контроль без удобрений	0,122	0,037	0,86	4,07
N ₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀ + N ₇₀₊₄₀ – базовый	0,059	0,049	0,34	3,63
N ₃₅ P ₆₀ K ₆₀ + N ₇₀₊₄₀	0,043	0,011	0,69	6,60
N ₃₅ P ₆₀ K ₀ + N ₇₀₊₄₀	0,104	0,025	0,61	3,14
N ₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀ (N ₁₃ P ₁₃ K ₁₃ с (6 %) S, (12 %) C) + N ₇₀₊₄₀	0,032	0,022	0,51	1,97
N ₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀ (N ₅ P ₁₅ K ₂₈ с (2 %) S и (12 %) C) + N ₇₀₊₄₀	0,021	0,016	0,54	3,94
N ₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀ (N ₅ P ₁₅ K ₂₈ с (2 %) S, (7 %) CaO, (5 %) MgO) + N ₇₀₊₄₀	0,034	0,035	0,53	5,07
N ₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀ (N ₈ P ₁₉ K ₂₉ с Ростмомент + «FS-OPAN») + N ₇₀₊₄₀	0,019	0	0,38	4,69
N ₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀ (N ₈ P ₁₉ K ₂₉ с отходами дрожжевых производств + «FS-OPAN») + N ₇₀₊₄₀	0,027	0,023	0,52	5,44
N ₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀ (N ₈ P ₁₉ K ₂₉ , обработанный Стабилинорм) + N ₇₀₊₄₀	0,040	0,018	0,61	3,03
N ₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀ (N ₈ P ₁₉ K ₂₉ , обработанный «СтабилиНорм» с Cu (0,20 %) и Mn (0,10 %) + N ₇₀₊₄₀	0,034	0,024	0,50	3,71
N ₃₅ P ₆₀ K ₁₂₀ (N ₈ P ₁₉ K ₂₉ обработанный «FS-OPAN» с Cu (0,20 %) и Mn (0,10 %) + N ₇₀₊₄₀	0,038	0,002	0,39	4,55

На основании полученных экспериментальных данных в условиях 2020–2021 гг. лучшими формами комплексных удобрений, снижающими уровень загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr в основной и побочной продукции яровых и озимых зерновых культур по сравнению с базовым вариантом (стандартными удобрениями) являются:

– при возделывании ячменя – комплексные удобрения (NPK) с серой и углеродом; NPK с Cu и Mn (в том числе и в хелатной форме);

– при возделывании овса – NPK с серой и углеродом; NPK с S, CaO и MgO; NPK с Cu и Mn (в том числе в хелатной форме);

– при возделывании озимой пшеницы (при основном внесении в почву) – комплексные удобрения пролонгированного срока действия с ингибитором нитрификации (СтабилиНорм), микроэлементами и связующими на основе биоразлагаемых полимеров (FS-OPAN), а также с регуляторами роста растений на основе дрожжевых производств и связующих в ранневесенний период, и в течение вегетации пшеницы требуются дополнительные подкормки азотом (согласно технологических регламентов возделывания этой культуры).

Список литературы

1. Цыбулько, Н. Н. Почвенно-агрохимические основы адаптивного использования загрязненных радионуклидами земель / Н. Н. Цыбулько. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – 290 с.

2. 30 лет после чернобыльской катастрофы. Роль Союзного государства в преодолении ее последствий: материалы научно-практической конференции / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; редкол.: П. А. Саскевич (гл. ред.) [и др.]. – Горки, 2015. – 368 с.

3. Официальная статистическая информация Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Раздел 5.5. Радиоактивное загрязнение земель. – Минск, 2021 г. – С. 222–229.

4. Пироговская, Г. В. Медленнодействующие удобрения / Г. В. Пироговская; Белорусский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2000. – 287 с.

5. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 гг. / Н. Н. Цыбулько [и др.]. – Минск, 2012. – 124 с.

ДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВЫ В СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ ЦЧР

В. В. Двойных

*Курский федеральный аграрный научный центр,
г. Курск, Россия*

Биологическая активность почвы – совокупность биологических процессов, протекающих в почве. Она основана на способности живых организмов почвы осуществлять процессы разложения и синтеза веществ. Уровень биологической активности зависит от количественного и качественного состава почвенных организмов. Почва, как биологическая система, населена огромным количеством разнообразных микроорганизмов, которые являются наиболее чувствительными индикаторами, регулирующими азотфиксацию, денитрификацию. Они влияют на изменения водно-воздушного, теплового, пищевого режимов, которые контролируют разнообразные процессы, связанные с превращением органических и минеральных соединений почв.

Протекающие в почве биологические процессы, в которых наиболее значимую роль играют корневые системы, животные и микроорганизмы, определяют её биологическую активность, так как они принимают главное участие в разложении органических остатков, изменении химических свойств и преобразовании минерального состава почвы [1].

Микробное сообщество и его активность зависят от многих факторов, в том числе, от температурного режима, влажности почвы, содержания нитратного азота, и при создании благоприятных условий увеличивается интенсивность почвенных процессов [2]. Разложение целлюлозы является одним из основных звеньев в цепи превращения органических соединений почвы, зависит от наличия в почве органического вещества и служит характеристикой его трансформации [3].

На полигоне опытного поля Курского федерального аграрного научного центра (Медвенский район, Курская область) были проведены исследования биологической активности почвы. Полигон расположен на территории европейской части России в пределах СреднеРусской возвышенности на высоте 190–217 м над уровнем моря, у истока реки Млодоть. Средний уклон составляет 2,23°. Почва опытного участка представлена черноземами различной степени смывости. Заложены опыты на производственном участке с куполообразной формой рельефа, с выраженной волнистостью, площадью в 86 га.

Для определения микробиологической деятельности применялся метод разложения льняного полотна, который позволяет оценить биологическую деятельность микрофлоры в результате разложения и убыли массы закопанной в почву ткани. Применение данного метода дает возможность

наблюдать за активностью микробного компонента почвы в пространстве и во времени [4].

Исследования проводились в 2021 г., изучалась целлюлозолитическая активность почв на разных экспозициях склонов. В 32 точках заложены полотна в 3-кратной повторности под посевами озимой пшеницы. В первом сроке закладки на склонах всех экспозиций наблюдалось снижение биологической активности почвы. Неблагоприятный погодный режим месяца отличался не только большой величиной атмосферных осадков, но и сравнительно низкими температурами атмосферного воздуха. Сложившиеся погодные условия оказывали угнетающее действие на активность почвенной микрофлоры, что способствовало снижению биологической активности почвы. В первый срок доля утраченного полотна в почве в течение 30 суток в среднем составила не более 0,003 %. Во второй срок закладки доля утраченного полотна составила в среднем 0,007 %. Интенсивность разложения целлюлозы была слабее по сравнению с предыдущим годом. Слабая интенсивность разложения целлюлозы в 2021 году определена неблагоприятными погодными условиями.

Анализ варьирования величины разложения тканей показал, что коэффициенты ее выше на склоне северо-восточной экспозиции (табл.).

По результатам исследований можно сделать вывод, что в первом сроке закладки полотна на склонах всех экспозиций наблюдалось снижение биологической активности почвы по сравнению со вторым сроком. Это объясняется невысокими запасами влаги в почве и неблагоприятным температурным режимом при первом сроке закладки. Одним из таких факторов, влияющим на биологическую активность почвы и формирующим высокую урожайность растений, является запас влаги. Гидротермический режим определяет активность жизнедеятельности почвенной микробиоты, растений, а также, активность процессов, протекающих в почве.

Деятельность человека способна корректировать активизацию микробных почвенных сообществ в нужном направлении путём применения разных агротехнологий и режима использования почвы. В результате жизнедеятельности микроорганизмов формируется органическое вещество почвы после трансформационных процессов различных биогенных ресурсов (корневые, пожнивные остатки, солома и др.). Учитывая, что главной экологической функцией целлюлозолитиков в почве является преобразование клетчатки до олигосахаридов, следует признать, что медленно происходящие в механически нарушенных почвах процессы разложения целлюлозы свидетельствуют о сравнительно низкой потенциальной способности обеспечивать себя элементами питания и разложению труднодоступных органических соединений по сравнению с ненарушенными. В целом о неблагоприятных условиях для развития растений [5].

Разрушение целлюлозы является одним из важнейших процессов, происходящих в почве, поэтому скорость разложения её является важным показателем биологической активности почвы. Биологическая активность в пахотном слое почвы меняется в течение всего вегетационного периода.

Такое изменение зависит от вида сельскохозяйственных культур, от севооборотов в целом, от метеорологических условий.

Таблица

Параметры разложения тканей

Показатель	$X \pm Sd$	Lim (min–max)	V %
(11.05.2021г)			
Северо-восточная экспозиция			
Убыль, %	11,35±9,17	4,7–46,9	80,8
Интенсивность разложения	0,004±0,003	0,002–0,019	85,9
Средняя убыль, %	11,32±8,12	5,3–29,3	71,7
Юго-восточная экспозиция			
Убыль, %	7,66±3,09	2,5–16,6	40,4
Интенсивность разложения	0,002±0,001	0,001–0,006	40,0
Средняя убыль, %	7,61±2,62	4,9–12,4	34,4
Юго-западная экспозиция			
Убыль, %	7,41 ± 3,81	2,0–16,6	51,4
Интенсивность разложения	0,002 ± 0,001	0,0008–0,006	54,0
Средняя убыль, %	7,37±3,03	2,4–12,9	41,1
Северо-западная экспозиция			
Убыль, %	9,97±5,18	1,4–23,0	51,9
Интенсивность разложения	0,003±0,002	0,0–0,009	52,7
Средняя убыль, %	10,26±3,10	6,9–15,6	30,3
Средняя убыль по всем экспозициям, %	9,49±5,61	2,4–29,3	59,1
(15.06.2021г)			
Северо-восточная экспозиция			
Убыль, %	18,76±16,87	4,1–62,0	89,9
Интенсивность разложения	0,008±0,007	0,001–0,03	95,4
Средняя убыль, %	18,72±17,44	8,7–57,8	93,1
Юго-восточная экспозиция			
Убыль, %	19,26±21,04	3,4–77,7	109,3
Интенсивность разложения	0,008±0,010	0,001–0,041	121,1
Средняя убыль, %	19,22±19,94	3,5–60,8	103,7
Юго-западная экспозиция			
Убыль, %	11,42±4,99	4,1–20,6	43,7
Интенсивность разложения	0,005±0,002	0,001–0,01	48,4
Средняя убыль, %	11,4±4,91	5,2–18,5	43,0
Северо-западная экспозиция			
Убыль, %	14,17±9,85	0,0–36,0	69,5
Интенсивность разложения	0,006±0,005	0,0–0,021	81,3
Средняя убыль, %	15,4±11,8	3,7–39,6	77,1
Средняя убыль по всем экспозициям, %	16,08±13,63	3,5–60,8	84,7

Таким образом, интенсивность процессов, вызываемых микрофлорой, в каждом случае имеет свои особенности в зависимости от распределения органического вещества, гидротермических условий и физиологических особенностей микроорганизмов.

Список литературы

1. Сабо, Е. Д. Биологическая активность дерново-подзолистых суглинистых почв и методы их микробиологической характеристики / Е. Д. Сабо, О. Т. Кормилицына // Лесной вестник. – 2001. – № 1. – С.75–79.
2. Оценка биологического состояния южного чернозёма под разными севооборотами / Ю. М. Возняковская [и др.] // Почвоведение. – 1996. – № 9. – С. 1107–1111.
3. Ершов, В. В. Скорость разложения клетчатки в мелиорированных торфяных почвах / В. В. Ершов // Продуктивность торфяных почв под луговыми агроценозами. – Петрозаводск, 1981. – С. 46–57.
4. Федорец, Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий / Н. Г. Федорец, М. В. Медведева. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. – 84 с.
5. Титова, В. И. Изменение целлюлозолитической активности дерново-подзолистой супесчаной, светло-серой лесной легкосуглинистой и чернозёмной оподзоленной среднесуглинистой почв при их механическом нарушении / В. И. Титова, С. С. Шахов // Пермский аграрный вестник. – 2015. – № 3(11). – С. 32–38.

ПОЧВЕННО-АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОЧВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

С. В. Дыдышко, О. В. Матыченкова, Т. Н. Азарёнок, Е. Д. Ананько

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

Производительная способность сельскохозяйственных земель также во многом зависит от климатических условий. За последние тридцать лет установлено, что на территории республики произошло увеличение сумм активных температур на 300–450 °С, а количество осадков сильно варьирует по республике. Прямое воздействие температуры и атмосферных осадков в результате изменения климата будет способствовать снижению урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности пастбищ – на 6–90 % [1, 2]. Это находит свое отражение в изменении агроклиматических условий возделывания сельскохозяйственных культур как по административным районам, так и по зонам специализации сельского хозяйства.

Агроклиматические условия являются важным фактором роста и развития сельскохозяйственных культур и их продуктивности. Учет агроклиматических условий позволяет установить их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, выразить их в относительных величинах (баллах), сравнить с другими характеристиками и показателями, а также между отдельными районами [3]. Поэтому исследования по адаптации растениеводства к изменяющимся погодно-климатическим условиям: повышающимся температурам, изменению количества осадков, частоте проявления неблагоприятных явлений, таких как заморозки, засухи и др. для решения вопросов продовольственной безопасности республики, обеспечения экологически безопасного и ресурсосберегающего возделывания сельскохозяйственных культур в стране являются весьма актуальными.

Рациональное и экономически выгодное землепользование должно опираться на всесторонний учет земельных, агроклиматических, экономических ресурсов, совокупность которых образует почвенно-агроклиматический и производственный потенциалы. Под почвенно-агроклиматическим потенциалом (ПАКП) следует понимать сложную комплексную систему, объединяющую между собой почвенно-земельные и агроклиматические ресурсы, эффективное использование которых позволит получить максимальный объем продукции при минимальных затратах на ее производство.

Цель работы состояла в оценке почвенно-агроклиматического потенциала (ПАКП) почв республики на основании информативных показателей их характеризующих для возделывания различных групп сельскохозяйственных культур. Нами проведена оценка почвенно-агроклиматического потенциала почв для 6 областей, а в данной работе приведена его оценка на примере Брестской области.

Объектом исследований явилось все разнообразие почв пахотных земель Брестской области.

Исследования проводились на основе материалов крупномасштабного почвенного и агрохимического обследования земель, литературных данных, а также инвентаризированной информации о почвах республики, содержащейся в Почвенной Информационной Системе Беларуси и данных, полученных в ходе полевых и лабораторных исследований. Для характеристики агроклиматических условий использованы данные I (1987–1998 гг.) и II (2009–2016 гг.) туров землеоценочных работ с учетом корректировок, проведенных в 2017–2020 гг., а также отдельные сведения агроклиматических справочников, статистических данных, литературных источников.

Согласно существующим в республике подходам [4, 5], составляющими для определения почвенно-агроклиматического потенциала были выбраны следующие показатели: балл плодородия пахотных земель; урожайность зерновых и зернобобовых культур в пересчете на кг/балло-гектар; сумма активных температур воздуха $>10\text{ }^{\circ}\text{C}$; сумма осадков за этот же период, мм. Оценка потенциала определялась на основе совокупных индексов обеспеченности ресурсами каждого района по отношению к среднеобластным условиям. Использование индексного метода позволяет сопоставить различные показатели без применения стоимостных показателей.

Так, для Брестской области средний балл плодородия почв составляет 31,7 и изменяется от 24,9 баллов в Лунинецком районе до 36,4–36,5 баллов – в Барановичском и Ляховичском районах, или от 0,79 до 1,15 относительно среднеобластного значения (табл. 1). Средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур по области составила 37,9 ц/га, изменяясь с 24,4 ц/га в Ганцевичском районе до 45,7 ц/га в Барановичском, а в пересчете на 1 кг/балло-гектар изменяется от 0,74 в Ганцевичском районе до 1,19 в Ивановском относительно среднеобластного показателя. Среднеобластная сумма активных температур составляет $2663\text{ }^{\circ}\text{C}$, изменяясь от $2523\text{ }^{\circ}\text{C}$ в Ганцевичском районе до $2821\text{ }^{\circ}\text{C}$ в Брестском, или от 0,96 до 1,06 относительно среднего значения. Средняя сумма осадков за период с $t >10\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет 345 мм, изменяясь от 322 мм в Лунинецком районе до 376 мм в Ганцевичском, или от 0,93 до 1,09 относительно среднеобластного значения. Среднеобластной индекс использования ПАКП выше среднереспубликанского значения (62 %) и составляет 68 %, изменяясь от 50 % в Ганцевичском до 81 % в Ивановском районе.

Анализируя ПАКП сельскохозяйственных земель Брестской области на основе совокупных индексов обеспеченности ресурсами, необходимо отметить, что в 7 районах (Березовском, Ганцевичском, Ивацевичском, Кобринском, Лунинецком, Малоритском и Пинском) он находится ниже среднеобластного уровня и в 9 районах (Барановичском, Брестском, Дрогичинском, Жабинковском, Ивановском, Каменецком, Ляховичском, Пружанском и Столинском) превышает его.

**Оценка почвенно-агроклиматического потенциала почв Брестской области для
возделывания сельскохозяйственных культур**

Административный район	Индекс к среднеобластному				Общий индекс сравнительной оценки	Уровень использования ПАКП, %
	по баллу плодородия	по урожайности зерновых и зернобобовых (на 1 кг/балло-гектар)	по $\sum SAT > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$	по \sum осадков за период с $t > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$		
Барановичский	1,15	1,05	0,96	1,01	1,04	72
Березовский	1,05	0,92	0,99	0,98	0,99	63
Брестский	1,10	1,02	1,06	0,97	1,04	70
Ганцевичский	0,87	0,74	0,95	1,09	0,91	50
Дрогичинский	0,94	1,07	1,01	1,07	1,02	73
Жабинковский	0,98	1,17	1,02	0,96	1,03	80
Ивановский	0,94	1,19	1,02	1,03	1,05	81
Ивацевичский	0,96	0,84	1,00	1,03	0,96	58
Каменецкий	1,09	1,01	0,98	0,94	1,01	68
Кобринский	0,95	0,99	1,02	1,01	0,99	67
Лунинецкий	0,79	0,90	0,98	0,93	0,90	62
Ляховичский	1,15	0,96	0,95	1,03	1,02	66
Малоритский	0,79	1,04	1,05	0,99	0,97	71
Пинский	0,92	0,89	1,04	1,01	0,97	61
Пружанский	1,02	1,11	0,97	0,94	1,01	76
Столинский	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	68
По области	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	68

На основании произведенных расчетов была составлена картосхема распределения районов по почвенно-агроклиматическому потенциалу и произведена их группировка. Так, к первой группе с низким уровнем почвенно-агроклиматического потенциала относятся Лунинецкий и Ганцевичский районы (с индексом ПАКП 0,90–0,91 и уровнем его использования 50–62 %) (рис., табл. 2). В этих районах необходимо проводить мероприятия, направленные на оптимизацию земельных ресурсов и структуры посевных площадей, повышение эффективности использования удобрений с целью сохранения и повышения плодородия почв, обеспечения экологической и продовольственной безопасности, предотвращение развития деграционных процессов.

Во вторую группу входят Березовский, Ивацевичский, Кобринский, Малоритский и Пинский районы (индекс ПАКП составляет 0,96–0,99, уровень его использования изменяется от 58 % до 71 %). В районах этой группы рекомендуется поддерживать существующее соотношение земельных ресурсов и научно-обоснованную структуру посевных площадей.

К третьей группе с высоким уровнем ПАКП относятся Барановичский, Брестский, Дрогичинский, Жабинковский, Ивановский, Каменецкий, Ляховичский, Пружанский и Столинский районы (индекс ПАКП составляет 1,01–1,05, уровень его использования превышает среднереспубликанское значение и колеблется от 66 % до 81 %).



Индекс почвенно-агроклиматического потенциала:

□ – низкий (<0,94); □ – средний (0,95–1,00); □ – высокий (>1,01)

Рис. Распределение районов Брестской области по индексу ПАКП

Таблица 2

Группировка районов Брестской области по почвенно-агроклиматическому потенциалу сельскохозяйственных организаций

Группировка районов по ПАКП	Среднее значение индекса ПАКП	Урожайность, ц/га	Количество районов в группе	% от всех районов в области	Районы
Низкий уровень (до 0,94)	0,91	24,4–26,9	2	12,4	Ганцевичский, Лунинецкий
Средний уровень (0,95–1,00)	0,98	30,7–36,8	5	31,3	Березовский, Ивацевичский, Кобринский, Малоритский, Пинский
Высокий уровень (более 1,01)	1,03	38,2–45,7	9	56,3	Барановичский, Брестский, Дрогичинский, Жабинковский, Ивановский, Каменецкий, Ляховичский, Пружанский, Столинский

Распределение районов по данному показателю имеет следующую особенность – районы с высоким уровнем ПАКП расположены на западе, юге и северо-востоке, с низким – на востоке области. Большинство районов Брестской области расположены в Южной агроклиматической области с наиболее продолжительным вегетационным периодом и неустойчи-

вым увлажнением – Барановичский, Ляховичский, Ганцевичский, Лунинецкий, Пружанский, Каменецкий, Ивацевичский. Некоторые из районов расположены в Новой агроклиматической области – Брестский, Малоритский, Ивановский, Кобринский, Дрогичинский, Березовский, Жабинковский. Территория Пинского и Столинского районов расположена в этих двух агроклиматических областях. В целом районы Брестской области имеют наилучшие агроклиматические условия для выращивания теплолюбивых культур.

Таким образом, в Брестской области отмечено 2 района с низким уровнем почвенно-агроклиматического потенциала, что составляет 12,4 % от всех районов области, 5 районов со средним уровнем (или 31,3 %) и 9 районов с высоким уровнем почвенно-агроклиматического потенциала, или 56,3 % от всех районов области. Среднеобластной индекс использования ПАКП превышает среднереспубликанский показатель и составляет 68 %, изменяясь от 50 % в Ганцевичском районе до 81 % в Ивановском районе.

Список литературы

1. Изменения климата Беларуси и их последствия; под общ. ред. В. Ф. Логинова. – Минск, 2003. – 330 с.
2. Логинов, В. Ф. Климатические условия Беларуси за период инструментальных наблюдений / В. Ф. Логинов // Наука и инновации. – 2016. – № 9(163). – С. 25–29.
3. Система оценки ресурсного потенциала агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов. – Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2012. – 67 с.
4. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель. Технология работ ТКП 302-2018 (33520) / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. – Минск, 2018. – 105 с.
5. Колмыков, А. В. Производственный и почвенно-агроклиматический потенциалы сельскохозяйственных организаций Минской области / А. В. Колмыков, А. Н. Авдеев // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3 – С. 191–200.

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ИХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

С. В. Дыдышко, Т. Н. Азарёнок, О. В. Матыченкова, Е. Д. Ананько

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

Вовлечение почв в длительное сельскохозяйственное использование вызывает изменение не только их наиболее динамичных (агрохимических, физико-химических свойств), но, и как считалось ранее, консервативных (содержание и соотношение гранулометрических фракций) характеристик. В результате агрогенеза наблюдаются различия в соотношении наиболее ценной составляющей гранулометрического состава – фракции физической глины – ила, средней и мелкой пыли, что оказывает влияние на содержание и качество гумуса, и уровень потенциального плодородия почв. Таким образом, гранулометрический состав, а именно его тонкодисперсная составляющая – фракция физической глины – тесно связан с содержанием гумуса в почве. Именно гранулометрический состав является одним из важнейших показателей плодородия почв, который определяет интенсивность протекания почвообразовательных процессов, связанных с превращением, миграцией и аккумуляцией тонкодисперсной фракции (<0,01 мм), органических и минеральных соединений в профиле почв, оказывает влияние на качество почв, находящихся в интенсивной системе земледелия, определяет их производительную способность и агроэкологический потенциал для эффективного возделывания сельскохозяйственных культур. Поэтому необходимым и важным представляется разработка критериев и показателей, наиболее информативно характеризующих пространственно-временные изменения состава и свойств почв. Такими критериями могут выступать показатели гранулометрического состава.

Подобные исследования являются перспективными для условий Беларуси в области экологии и рационального природопользования для разработки методов оценки экологической емкости природной среды и определения критических нагрузок на ландшафт и его компонентов для предотвращения деградации и повышения устойчивости экосистем.

В качестве объектов исследований выбраны пахотные дерново-палево-подзолистые почвы, сформировавшиеся на мощных лессовидных легких суглинках, являющиеся одними из самых плодородных в республике (балл бонитета 72,3) и дерново-подзолистые связносупесчаные почвы, подстилаемые с глубины до 0,5–1,0 м моренным суглинком (балл бонитета 68,6).

Лабораторные исследования по определению гранулометрического состава проведены методом «пипетки» по Н. А. Качинскому (ГОСТ 12536-2014) [1]. Применение данного метода обусловлено его низкой за-

тратностью, простотой и доступностью использования в лабораторных условиях. Для выявления показателей гумус-гранулометрических отношений и взаимосвязей выполнены расчеты показателей: базовое значение ила (a_{dt} , %) и пыли (b_{dt} , %) в физической глине, насыщенность физической глины илом (V_a , %) и пылью (V_b , %), константы динамического равновесия (K_a , K_b), содержание гумуса в физической глине (x_p , %) и насыщенность физической глины гумусом (W , %) по В. С. Крыщенко и др. [2]. Определение криволинейных коэффициентов корреляции (η) по Б. А. Доспехову между показателями гумус-гранулометрических отношений с производительной способностью выполнено для пахотных горизонтов исследуемых почв, на которых проведены учеты урожайности сельскохозяйственных (зерновых) культур методом полевых делянок ($S = 1 \text{ м}^2$) в производственных посевах.

При исследовании гумус-гранулометрических отношений показатели условно разделяются на два блока [2]: первый характеризует гранулометрические фракции почвенных образцов (содержание физической глины (z), ила (a_{ϕ}), средней и мелкой пыли (b_{ϕ}), базовые (эталонные) значения ила (a_{dt}), степень насыщенности физической глины илом или пылью (по преобладающей фракции) (V), а также константы динамического равновесия (K); второй – их гумусированность: содержание гумуса в почве (y_r) и в физической глине (x_p).

Гумусированность фракций физической глины (x_p) предопределяет величину содержания гумуса в почве, которую можно рассматривать как содержание гумуса в физической глине, механически разбавленное массой, которая мало или вовсе не содержит гумуса, т. е. физическим песком ($>0,01 \text{ мм}$). В данном случае играет роль не только количество физического песка, но и отношение ила и пыли в физической глине. Избыток ила/пыли в физической глине, по отношению к базовому значению ила (a_{dt}), усиливает разбавляющий эффект. В этом случае содержание гумуса в физической глине намного превышает его содержание в почве, а константы динамического равновесия имеют наибольшие значения.

Константы динамического равновесия ($K_{a,b}$) 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. выполняют функцию универсального коэффициента пропорциональности между гранулометрическим составом, гумусностью почв и ее физической глиной.

Важное теоретическое и практическое значение имеет показатель степени насыщенности физической глины гумусом (W), который 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).

Проведенными исследованиями установлено, что несмотря на то, что в исследуемых пахотных дерново-подзолистых почвах физическая глина в пахотном горизонте по качественному составу пылеватая, однако

различается по степени насыщенности пылью (V_b): в легкосуглинистых – «средняя» – 64,49 %, в связносупесчаных – «очень сильная» – 75,61 %. Степень насыщенности илом (V_a) составляет 35,51 и 24,39 % соответственно. С возрастанием глубины качественный состав и степень насыщенности физической глины илом или пылью в зависимости от преобладающей фракции изменяется: до глубины 55 см (горизонты $A_{п1}$, A_1A_2 и A_2B_1) в легкосуглинистых почвах и 50 см (горизонт $A_{п1}$, A_2B_1) в связносупесчаных почвах она пылеватая и насыщена пылью, а в горизонтах B_{2t} и B_3C – иловатая и насыщена илом (табл. 1).

Выявлено, что легкосуглинистые почвы характеризуются меньшим избытком пыли (степенью насыщенности), обуславливающим меньшую (механическую) подвижность гумуса (закрепляется и меньше разбавляется безгумусовой массой физического песка), что способствует их более высокому эффективному плодородию по сравнению со связносупесчаными почвами. Так, в пахотном горизонте окультуренных легкосуглинистых почв содержание гумуса (y_r) составляет 2,55 %, содержание гумуса в физической глине (x_p) в 2,91 раз больше – 7,33 % и степень насыщенности физической глины гумусом (W) – 33,20 %, а в связносупесчаных почвах – 2,49 %, 11,06 % и 65,45 % соответственно. С возрастанием глубины показатели постепенно снижаются и в горизонте B_3C легкосуглинистых почв составляют 0,20, 0,49 и 2,05 % соответственно, а связносупесчаных почв – 0,17, 0,47 и 1,91 % соответственно. Подтверждено снижение содержания гумуса в исследуемых почвах разного гранулометрического состава с возрастанием глубины, что характерно для зональных дерново-подзолистых почв, а также показателя x_p , характеризующего гумусированность физической глины, и степени насыщенности физической глины гумусом (W) исходя из качественной дифференциации фракции физической глины.

Между показателями гумус-гранулометрических отношений и производительной способностью сельскохозяйственных (зерновых) культур на исследуемых дерново-подзолистых почвах найдена связь – коэффициенты криволинейной корреляции (η) изменяются от 0,54 до 0,97 (табл. 2).

Например, в пахотных горизонтах дерново-подзолистых почв, развивающихся на мощных лессовидных суглинках, отмечается тенденция увеличения урожайности зерновых культур с возрастанием степени насыщенности физической глины пылью с 50 до 77 % (рис. 1). Для связносупесчаных почв отмечается тенденция увеличения урожайности с возрастанием степени насыщенности физической глины пылью с 70 % до 77 % и ее постепенное снижение с увеличением показателя до 90 % (рис. 2).

Таким образом, полученные критерии и показатели (содержание физической глины, ила, средней и мелкой пыли, насыщенность физической глины илом или пылью, содержание гумуса в физической глине и степень насыщенности физической глины гумусом) могут быть применены для мониторинга пространственно-временных изменений состава и свойств почв пахотных земель и объективной оценки их агроэкологического состояния.

Таблица 1

Количественное содержание фракций физической глины по профилю дерново-подзолистых почв различного гранулометрического состава и их взаимосвязь с содержанием гумуса в почве

Горизонт, глубина отбора образца, см	Фактическое содержание фракций, %			Базовое содержание фракций, %	
	<0,01 мм	<0,001 мм	0,001–0,01 мм	<0,001 мм	0,001–0,01 мм
	z	a _ф	b _ф	a _{dt}	b _{dt}
Окультуренные почвы, класс легкосуглинистые, б*					
A _п , 5–25	22,4±1,6	8,0±2,0	14,4±2,0	5,04±0,71	17,36±0,88
A ₁ A ₂ , 30–40	21,1±2,0	7,6±1,5	13,5±2,0	4,52±0,85	16,65±1,17
A ₂ B ₁ , 45–55	21,7±3,0	9,4±4,2	12,9±3,6	4,80±1,40	16,90±1,63
B _{2t} , 60–85	25,1±3,2	16,0±4,3	9,1±1,9	6,38±1,63	18,70±1,56
B ₃ C, 95–105	24,5±3,0	14,8±2,3	9,7±1,8	6,07±1,51	18,39±1,53
Окультуренные почвы, класс супесчаные, г					
A _п , 5–15	17,1±1,3	4,2±0,8	12,9±1,4	2,94±0,45	14,15±0,86
A ₂ B ₁ , 25–50	17,4±1,6	5,1±1,4	12,3±1,5	3,05±0,56	14,33±1,05
B ₂ , 50–55	21,9±1,3	14,4±2,2	7,5±1,0	4,83±0,55	17,12±0,72
B ₃ C, 65–75	24,9±1,5	17,2±2,2	7,7±1,1	6,23±0,76	18,70±0,74

Окончание таблицы 1

Горизонт, глубина отбора образца, см	Насыщенность физической глины илом, %	Насыщенность физической глины пылью, %	Константы динамического равновесия	Гумус, %		Насыщенность физической глины гумусом, %
				в почве	в физической глине	
				V _a	V _b	
Окультуренные почвы, класс легкосуглинистые						
A _п , 5–25	35,51±8,65	64,49±8,65*	2,91±0,48	2,55±0,24	7,33±1,82	33,20±9,99
A ₁ A ₂ , 30–40	36,06±6,72	63,94±6,72	3,05±0,42	1,05±0,70	3,18±2,30	15,10±10,93
A ₂ B ₁ , 45–55	42,75±16,14	57,25±16,14	3,02±0,57	0,52±0,24	1,57±0,84	7,43±4,29
B _{2t} , 60–85	62,70±11,05	37,30±11,05	2,64±0,19	0,36±0,06	0,93±0,16	3,82±1,01
B ₃ C, 95–105	60,63±5,80	39,37±5,80	2,52±0,41	0,20±0,11	0,49±0,25	2,05±1,03
Окультуренные почвы, класс супесчаные						
A _п , 5–15	24,39±4,58	75,61±4,58	4,44±0,38	2,49±0,13	11,06±0,96	65,45±10,38
A ₂ B ₁ , 25–50	29,21±7,19	70,79±7,19	4,11±0,62	0,40±0,05	1,66±0,39	9,75±2,83
B ₂ , 50–55	65,47±6,38	34,53±6,38	2,98±0,37	0,22±0,03	0,65±0,09	2,94±0,40
B ₃ C, 65–75	68,92±5,25	31,08±5,25	2,77±0,16	0,17±0,03	0,47±0,11	1,91±0,50

*Примечание: а) 50,0–54,9 % – слабая степень насыщенности физической глины илом или пылью по преобладающей фракции; б) 55,0–64,9 % – средняя; в) 65,0–74,9 % – сильная; г) > 75,0 % – очень сильная.

Таблица 2

Коэффициенты криволинейной корреляции между гумус-гранулометрическими показателями и производительной способностью для пахотных горизонтов исследуемых почв

Показатель	Коэффициент (η)	
	легкосуглинистые	связносупесчаные
Содержание физической глины (z), %	0,54	0,66
Содержание ила (a _ф), %	0,97	0,57
Содержание средней и мелкой пыли (b _ф), %	0,85	0,60
Степень насыщенности физ. глины илом (V _a), %	0,93	0,72
Степень насыщенности физ. глины пылью (V _b), %	0,93	0,75
Содержание гумуса в почве (y _г), %	0,65	0,54
Содержание гумуса в физической глине (x _г), %	0,91	0,57
Насыщенность физической глины гумусом (W), %	0,89	0,56

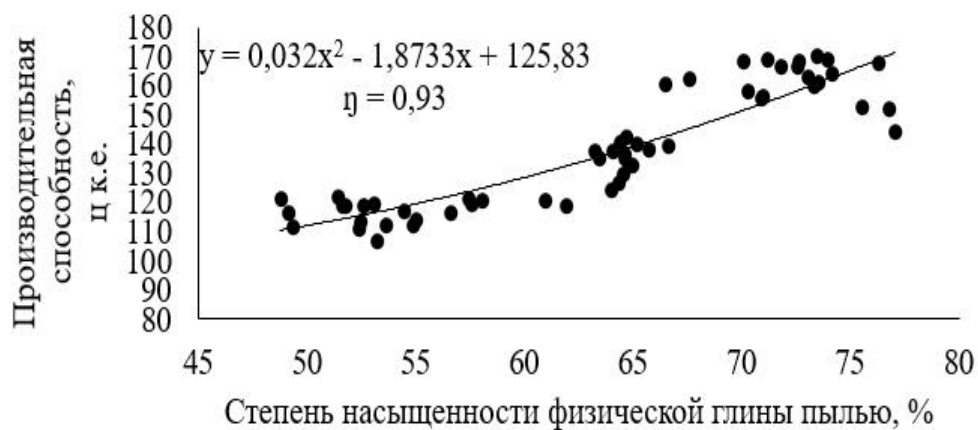


Рис. 1. Зависимость урожайности зерновых культур от степени насыщенности физической глины пылью для легкосуглинистых почв

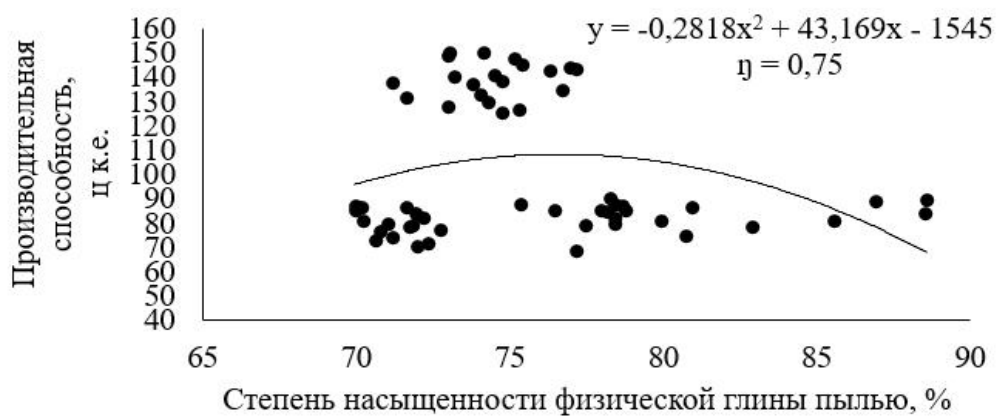


Рис. 2. Зависимость урожайности зерновых культур от степени насыщенности физической глины пылью для связносупесчаных почв

Список литературы

1. Межгосударственный стандарт. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава: ГОСТ 12536-2014. – Введ. 05.12.2014. – М: Стандартинформ, 2019. – 23 с.
2. Моделирование отношений элементов полидисперсной системы почв с использованием эталона сравнения / В. С. Крыщенко [и др.] // Живые и биокосные системы. – № 2. – 2013 – 15 с.

**МЕЖГОДОВАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ТЕМПЕРАТУРНОЙ
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДЫХАНИЯ ПОЧВ ЛЕСНЫХ
ЭКОСИСТЕМ ЮЖНОГО ПОДМОСКОВЬЯ:
АНАЛИЗ ДАННЫХ 20-ЛЕТНЕГО МОНИТОРИНГА**

**В. А. Жмурин, И. Н. Курганова, В. О. Лопес де Гереню,
Т. Н. Мякшина, Д. В. Сапронов**

*Институт физико-химических и биологических проблем
почвоведения РАН, г. Пущино, Россия*

Введение. Температура почвы (T_s) является одним из основных абиотических факторов, которые определяют временную динамику почвенного дыхания (soil respiration, SR), или эмиссию CO_2 из почв. Экспериментальное определение годовых эмиссионных потоков CO_2 из почв – весьма трудоемкий процесс, и поэтому более рациональным и перспективным способом получения численных оценок дыхания почв является использование математических моделей разной сложности: от простых эмпирических до динамических. Как правило, большинство эмпирических моделей в качестве главного предиктора для численной оценки SR используют температуру почвы или воздуха, а наиболее часто применяемой функцией для оценки температурного отклика дыхания почв в пределах его годовой динамики является функция Вант-Гоффа, именуемая температурным коэффициентом Q_{10} , показывающий во сколько раз увеличивается интенсивность выделения CO_2 из почвы при повышении температуры на $10\text{ }^\circ\text{C}$ [1]. Существуют доказательства, что для одной и той же экосистемы температурный отклик величины SR не является постоянным и зависит от температурного интервала и условий влагообеспеченности, в которых происходило эмпирическое определение SR.

Цель исследования заключалась в анализе температурного отклика дыхания почв в двух лесных экосистемах южного Подмосковья, выполненном на основе данных 20-летнего круглогодичного мониторинга эмиссии CO_2 из почв.

Объекты и методы. Регион южного Подмосковья относится к зоне умеренно-континентального климата. Согласно данным многолетних метеонаблюдений (Станция комплексного фоновоего мониторинга; п. Данки, Серпуховской район Московской области) среднегодовая температура воздуха в 1973–2017 гг. в районе исследований составила $+5,2 \pm 0,2\text{ }^\circ\text{C}$, а среднегодовое количество осадков 673 ± 17 мм. Средние многолетние температуры января и июля составили $-8,2 \pm 0,6\text{ }^\circ\text{C}$ и $18,3 \pm 0,3\text{ }^\circ\text{C}$ соответственно. Гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) за летний период (июнь–август) варьировал от 0,70 до 2,40, при среднем многолетнем – $1,51 \pm 0,07$.

Исследования проводили на территории Приокско-Тerrasного государственного биосферного заповедника (54°55' с. ш., 37°34' в. д.) в смешанном лесу с хорошо развитым травянистым ярусом. Древостой представлен сосной, липой, осиной, дубом черешчатым, возраст которых достигает 90–120 лет (формула древостоя 4С3Лп2Ос1Б ед. Д). Почва участка дерново-слабо-подзолистая супесчаная. Вторая лесная экосистема располагалась на территории, примыкающей к Опытной-полевой станции ИФХиБПП РАН (54°20' с.ш., 37°37' в.д.). Вторичный лиственный лес из осины, липы и клена со средним возрастом деревьев 50–70 лет сформирован на серой лесной суглинистой почве. Формула древостоя: (5ОС3Лп2Кл ед. Д и Б).

Эмиссию CO₂ из почвы (или почвенное дыхание, SR) определяли непрерывно, с периодичностью 3–5 раз в месяц в течение 20 лет (1998–2017 гг.) методом закрытых камер. Расчет среднесуточной интенсивности дыхания почв проводили по формуле:

$$SR = (C_2 - C_1)Ht^{-1},$$

где SR – интенсивность дыхания почв, мг С м⁻² ч⁻¹;

C₂ и C₁ – конечная и начальная концентрации CO₂ внутри изолятора, мг С м⁻³;

H – высота изолятора над поверхностью почвы, м; t – время экспозиции, час.

При расчетах допускалось, что концентрация CO₂ в камере нарастает линейно в первые 30 и 90 мин в теплый (май – октябрь) и холодный (ноябрь – апрель) периоды соответственно.

Оценка Q₁₀ включала 2 этапа:

1 этап – построение регрессионного экспоненциального уравнения между SR и T_s на глубине 5 см [2]:

$$SR(T) = a \times \exp^{(bT)},$$

2 этап – оценка величины Q₁₀ в соответствии с формулой:

$$Q_{10} = \exp^{(10b)},$$

где SR – скорость микробного дыхания почв;

T – температура почвы или воздуха; a>0 и b>0 – параметры.

Оценку температурного отклика величины SR в исследуемых лесных экосистемах проводили дифференцированно для различных временных интервалов в пределах 20-летнего ряда экспериментальных данных (вся совокупность данных, отдельный год, теплый и холодные периоды, календарные сезоны). Статистическая обработка и визуализация данных проводилась с использованием программы MS Excel 2016 (пакет «Анализ данных»).

Результаты и обсуждение. Температурный диапазон, для которого применима экспоненциальная модель, ограничен, поскольку биологическая активность не будет увеличиваться без ограничений с ростом температуры. Однако данная модель подходит для описания температурной зависимости в области положительных температур, обычно встречающихся

в естественных условиях. Эта модель традиционно используется для определения значения температурного коэффициента Q_{10} , характеризующего изменение скорости гетеротрофного дыхания почвы относительно температуры. В большинстве случаев этот показатель используют в качестве количественной характеристики температурной чувствительности.

Экспоненциальная модель не отражает зависимость Q_{10} от температуры несмотря на общеизвестный факт о снижении значений данного коэффициента с увеличением температуры [3, 4]. Значение Q_{10} , полученное по экспоненциальной модели, характеризует температурную чувствительность в средней точке температурного диапазона, использованного для подгонки уравнения, что является недостатком экспоненциальной модели.

Расчеты, проведенные для отдельных календарных сезонов, показали, что в теплый период года (май–октябрь) значения Q_{10} были минимальны (1,63–1,77), а в холодный (ноябрь–апрель) – максимальны (1,99–4,37), но в обоих случаях регрессионные зависимости между SR и T_s объясняли только 12–24 % вариабельности SR (табл.1).

Таблица 1

Температурная чувствительность дыхания почв южного Подмосквья в различные периоды года

Почва, ценоз	Параметр	Годовой	Теплый	Холодный
Дерново-подзолистая, лес	Q_{10}	2,34	1,76	1,99
	n	981	512	469
	R^2	0,53	0,24	0,12
	P	<<0,001	<<0,001	<<0,001
Серая лесная, лес	Q_{10}	2,30	1,63	4,37
	n	893	480	413
	R^2	0,49	0,19	0,22
	P	<<0,001	<<0,001	<<0,001

В зимний и летний периоды связь между температурой почвы и интенсивностью выделения CO_2 была более слабой и не всегда достоверной, а весной и осенью температурные коэффициенты были близки между собой и изменялись от 1,87 до 3,25 при этом объясняли 33–47 % вариабельности SR (табл. 2)

Таблица 2

Температурная чувствительность дыхания почв южного Подмосквья в различные календарные сезоны

Почва, ценоз	Параметр	Зима	Весна	Лето	Осень
Дерново-подзолистая, лес	Q_{10}	1,55	2,43	1,27	2,32
	n	218	256	251	253
	R^2	0,06	0,36	0,02	0,41
	P	<<0,001	<<0,001	0,01	<<0,001
Серая лесная, лес	Q_{10}	7,25	3,25	0,97	1,87
	n	189	229	229	242
	R^2	0,10	0,47	0,00	0,33
	P	<<0,001	<<0,001	0,58	<<0,001

Кроме того, температурную чувствительность дыхания лесных почв определяли для каждого отдельно взятого года (рис. 1) и для различных по длительности «скользящих» периодов наблюдений – по 2, 3, 4 и 5 лет. Выполненные численные эксперименты показали, что в зависимости от года исследований величина температурного коэффициента изменялась от 1,57 до 5,27 в дерново-подзолистой почве и от 1,45 до 6,35 – в серой лесной, причем самые низкие значения Q_{10} были характерны для засушливых лет (2007 и 2010 гг.). Согласно нашим оценкам, межгодовая вариабельность значений Q_{10} для дыхания почв в лесных экосистемах умеренной зоны за 20-летний период исследований составила 31–34 %.

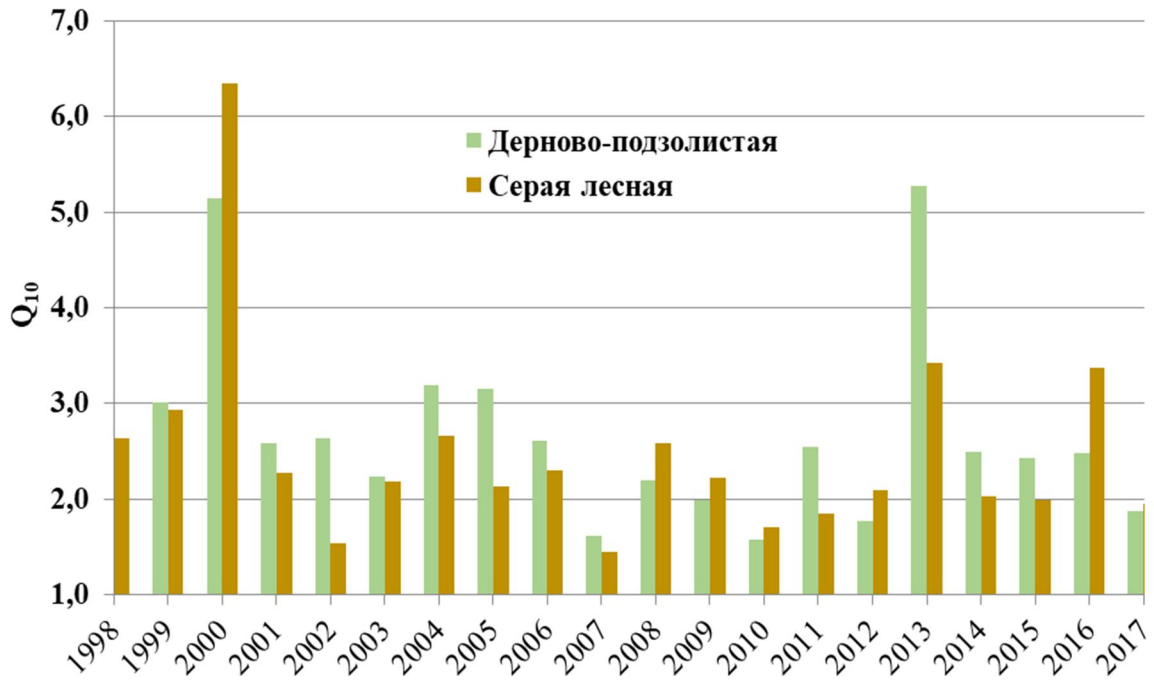


Рис. 1. Значения температурного коэффициента Q_{10} для величины SR в дерново-подзолистой и серой лесной почвах под лесной растительностью (1998–2017 гг.).

Имея в своем распоряжении данные 20-летних наблюдений за дыханием почв, мы объединили их в «скользящие» периоды по 2, 3, 4 и 5 последовательных лет и для каждого такого периода оценили температурную чувствительность Q_{10} и её вариабельность. Полученные результаты свидетельствуют о том, что чем длиннее период наблюдений, тем меньше вариабельность величины Q_{10} . Анализ полученных результатов позволяет заключить, что при объединении данных в 5-летние периоды коэффициент вариации величины Q_{10} уменьшается в 1,5–2 раза по сравнению с величинами, полученными в ходе 1–2-летних наблюдений. Самое отчетливое снижение вариабельности величины Q_{10} по сравнению с однолетним периодом измерений выявлено при удлинении периода наблюдений до 5 лет. На основании проведенных расчетов можно заключить, что проведение непрерывных наблюдений за эмиссией CO_2 из почв в течение 5 последовательных лет позволяет существенно снизить вариабельность величины Q_{10} .

Заключение. Проведенные численные эксперименты показали, что нужно с большой осторожностью использовать температурные коэффициенты Q_{10} для предсказания интенсивности выделения CO_2 из почв, поскольку они могут дать искаженные величины реальных величин SR. Так, использование температурных коэффициентов теплого периода для оценки величины SR в холодное время года может привести к завышению (в 2–4 раза) потоков CO_2 из почв в холодный период года. Таким образом, применение экспоненциальных моделей с последующей оценкой температурного коэффициента Q_{10} нельзя признать абсолютно правомерным для описания такого сложного процесса как дыхание почв.

Список литературы

1. Janssens, I. A. Large seasonal changes in Q_{10} of soil respiration in a beech forest / I. A. Janssens, K. Pilegaard // *Global Change Biology*. – 2003. – Vol. 9. – P. 911–918.
2. Dependence of the Q_{10} values on the depth of the soil temperature measuring point / M. Pavelka [et al.] // *Plant and Soil*. – 2007. – Vol. 292. – № 1–2. – P. 171–179.
3. Davidson, E. A. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change / E. A. Davidson, I. A. Janssens // *Nature*. – 2006. – Vol. 7081 (440). – С. 165–173.
4. Lloyd, J. On the temperature dependence of soil respiration / J. Lloyd and J. A. Taylor // *Functional ecology*. – 1994. – Vol. 8. – P. 315–323.

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ОБЩЕГО ГУМУСА НА ПОЛЕ С КОНТУРНО-МЕЛИОРАТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

Т. Я. Зарудная, А. В. Прущик

Курский федеральный аграрный научный центр,
г. Курск, Россия

Почвенный гумус представляет собой сложную, динамичную систему, оказывающую прямое и косвенное влияние на свойства и режимы почвы, рост и развитие растений, и урожайность сельскохозяйственных культур. Органические соединения почв разной степени эродированности минерализуются в два раза быстрее, чем в аналогичной неэродированной почве. В результате эрозионных процессов происходит вынос частиц почвы с полей, а с ними и потеря гумуса. Процессы водной эрозии приводят к снижению содержания активного пула органического вещества почвы до 1,1 раза [1].

Со снижением содержания общего гумуса в пахотном горизонте происходит ухудшение физических и водно-физических свойств [2, 3, 4]. Поэтому необходимо проводить оценку динамики содержания общего гумуса в пахотных почвах, расположенных на склонах с контурно-мелиоративной организацией.

Цель исследования – оценить динамику содержания общего гумуса пахотного горизонта на поле с контурно-мелиоративной организацией.

Исследования проводили на многолетнем стационарном опыте по контурно-мелиоративному земледелию, расположенному в северной части Медвенского района (Курская область, РФ). Территория опытного участка является частью водораздела рек Полная и Реут. Участок расположен между балками «Яшкин Лог», «Грачева Лощина» и «Ямный Лог». Коэффициент расчленения балочной сетью участка составляет 0,79 км/км², глубина расчленения – 5–15 м [5].

Преобладающими элементами рельефа являются пологие склоны водораздела и плато водораздела. Площади крутых балочных склонов и днищ балок небольшие и составляют 14,0 и 9,0 га соответственно.

Опыт представлен тремя лощинно-балочными водосборами. На первом водосборе поперек склона расположены узкие водорегулирующие лесные полосы, усиленные канавой в междурядье и валом по нижней опушке. На протяжении склона находятся контурно-параллельно три лесные полосы на расстоянии 216 метров друг от друга. Основной породный состав деревьев представлен тополем евроамериканским (*Populus Euramericana*) гибрид Робуста и тополь черный (*Populus nigra*). Глубина канавы на момент закладки была 1,5 м и ширина – 1 м.

На втором водосборе на поле между лесными полосами расположены валы-террасы через 54 м. На валах-террасах изучали следующие формы

микрорельефа: выемочный откос (ВО), выемочную часть (ВЧ), мокрый откос (МО) и сухой откос (СО). Породный состав и строение узких водорегулирующих лесных полос такое же, как и на первом водосборе.

Лесные полосы были посажены весной 1986 г. До закладки опыта по контурно-мелиоративному земледелию поля находились в активном сельскохозяйственном использовании под пашню.

Третий водосбор контрольный. На нем отсутствуют какие-либо противоэрозионные сооружения и водорегулирующие лесные полосы.

Почвенные образцы отбирали в сентябре из пахотного слоя (0–20 см). В почвенных образцах определяли содержание общего гумуса по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91).

На первом водосборе отбор почвы проводился на равном удалении от средней водорегулирующей лесной полосы вверх и вниз по склону: 5, 10, 25, 50 и 108 м.

Анализируя полученные данные по содержанию общего гумуса в пахотном слое гумуса (рис. 1) получаем тенденцию к снижению содержания за 27 лет. Изначально содержание общего гумуса варьировало по точкам отбора в диапазоне от 5,5 % до 5,8 %. К 2020 году этот показатель снизился в среднем на 1% и находится в диапазоне от 5,1 до 4,6 %. На контрольном водосборе также отмечено снижение общего гумуса в пахотном горизонте.

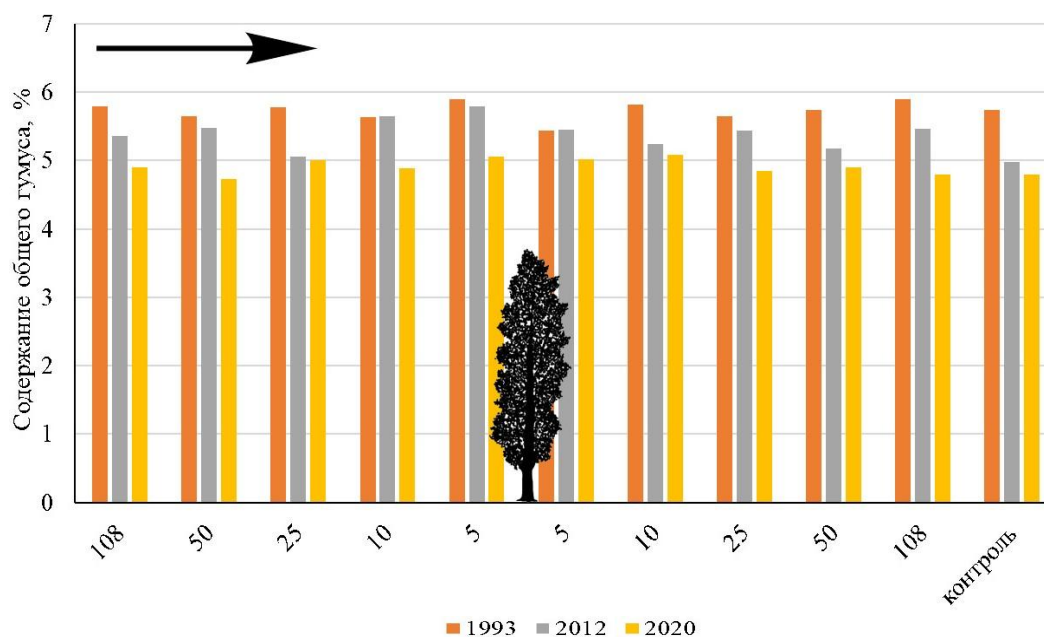


Рис. 1. Распределение содержания общего гумуса по годам на разном расстоянии от лесной полосы (стрелкой показано направление склона)

На всех водосборах возделывалась одна сельскохозяйственная культура с одинаковой агротехникой без внесения минеральных удобрений. Растительные остатки после уборки культуры измельчали и заделывали в почву.

На втором водосборе изменения содержания общего гумуса представлено за 37 лет (рис. 2) по формам микрорельефа, межтеррасном пространстве (МП) в сравнении с контролем.

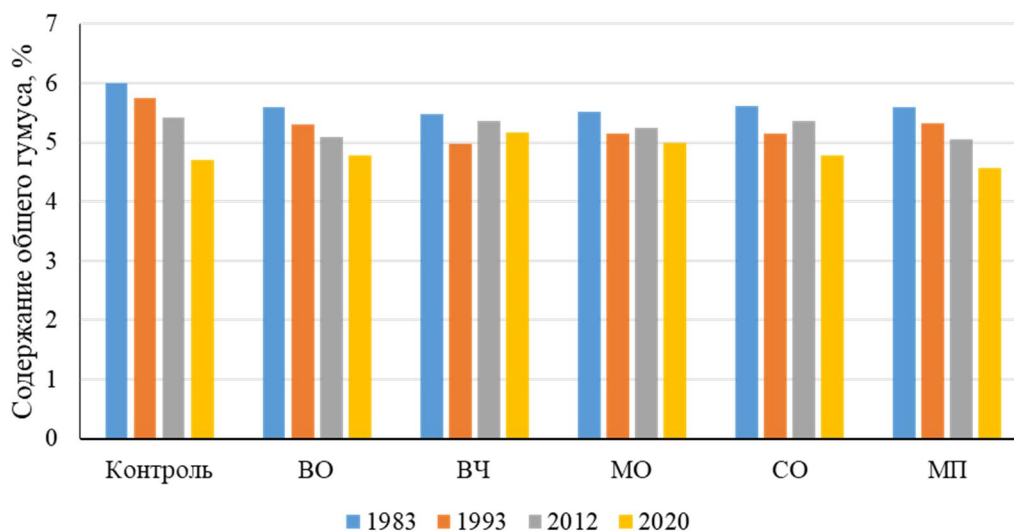


Рис. 2. Распределение содержания общего гумуса по годам по формам микрорельефа

Анализ полученных данных показывает, что снижение содержания общего гумуса на контрольном варианте выше, чем на водосборе с валами-террасами и лесными полосами. Изначально изучаемый показатель выше на контрольном водосборе, но через 37 лет отмечено, что на контроле содержание общего гумуса стало ниже, чем на втором водосборе. Незначительное повышение содержания гумуса по формам микрорельефа: выемочной части, мокрого и сухого откосов можно объяснить перемещением и осаждением почвенных частиц при весеннем снеготаянии.

Изучаемые склоны являются эрозионноопасными, поэтому можно предположить, что меньшее снижение гумуса на водосборах с защитными мероприятиями вследствие отсутствия смыва почвы во время весеннего снеготаяния.

Список литературы

1. Цыбулько, Н. Н. Стабильность органического вещества дерново-подзолистых почв, в разной степени подверженных эрозионной деградации / Н. Н. Цыбулько, С. С. Романенко, А. В. Юхновец // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 1(60). – С. 17–29.
2. Масютенко, Н. П. Трансформация органического вещества в черноземных почвах ЦЧР и системы его воспроизводства: монография / Н. П. Масютенко. – М.: Россельхозакадемия, 2012. – 150 с.
3. Berhe, A. A. Erosion, deposition, and the persistence of soil organic matter: Mechanistic considerations and problems with terminology / A. A. Berhe, M. Kleber // Earth Surf. Process. Landf. – 2013. – Vol. 38. – P. 908–912.
4. Математическое моделирование динамики запасов гумуса в черноземе: прогноз и выводы / Ю. П. Сухановский [и др.] // Достижения науки и техники в АПК. – 2009. – № 1. – С. 13–15.
5. Influence of the anti-erosion complex on erosion-hydrological indicators and productivity of cultivated crops / I. Podlesnyh [et al.] // Problems and Prospects of Scientific and Innovative Support of the Agro-Industrial Complex of the Regions: BOI Web of conf., Kursk, Russia, June 28–30, 2021 / Kursk FARC. – Kursk, 2021. – Vol. 32. – № 01006. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213201006>.

РАЗЛОЖЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ: ВКЛАД В ФОРМИРОВАНИЕ АКТИВНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ И ЭМИССИЮ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

Н. Б. Зинякова, Т. Н. Лебедева, В. М. Семенов

*Институт физико-химических и биологических проблем
почвоведения РАН, г. Пушкино, Россия*

Ежегодно разложение растительного детрита и почвенного органического вещества дает в атмосферу в 10 раз больше CO_2 , чем сжигание ископаемого топлива и промышленные источники [1]. При разложении мировых запасов лесного опада (листья, хвоя, крупные и мелкие ветви, кора, цветы, шишки и др.) и мертвой древесины образуется соответственно 60 Тг и 2,1–11 Pg C- CO_2 в год [2]. Ежегодное разложение свежего лесного опада составляло 18 % от общего дыхания почвы [3]. Несмотря на количественно значимую роль разложения органических остатков в глобальном балансе углерода потенциальный вклад отдельных органических материалов в эмиссию диоксида углерода требует уточнений.

Целью работы было определить размеры разложения и минерализации остатков древесной растительности, луговых трав, сельскохозяйственных культур и оценить вклад свежего и трансформированного органического вещества органических остатков в формирование активного пула почвенного органического вещества, в эмиссию диоксида углерода из серой лесной почвы. В лабораторном опыте продолжительностью 365 суток при постоянных условиях температуры и влажности путем количественного измерения продуцируемого C- CO_2 исследовали разложение и минерализацию разных растительных остатков (листья дуба и осины, хвоя сосны, мелкие ветви и тонкие корни деревьев, надземная масса и корни луговых трав, надземная масса и корни клевера, солома и корни ячменя), инкубируемых при смешивании с вермикулитом и с почвой. Содержание валового органического углерода ($\text{C}_{\text{орг}}$) и азота ($\text{N}_{\text{общ}}$) в почве определяли с помощью CNHS-анализатора (Leco 932, USA), потенциально-минерализуемого углерода (C_0) – биокинетическим методом [4]. Суточную скорость эмиссии C- CO_2 определяли на газовом хроматографе КристалЛюкс-4000М. Фракцию твердого дискретного органического вещества (Particulate Organic Matter, POM) выделяли по методу [5]. Содержание углерода микробной биомассы ($\text{C}_{\text{мик}}$) в почве определяли методом субстрат-индуцированного дыхания [6]. Все органические материалы высушивались при температуре 65 °C и измельчались до частиц 10–3 мм. Листья деревьев характеризовались более узким соотношением C : N, чем мелкие ветви и тонкие корни, а биомасса надземных органов разнотравья и ячменя, чем корней, за исключением клевера (табл. 1).

За год инкубирования минерализовалось 25–67 % от $C_{орг}$, содержащегося в растительных остатках. Листья дуба, надземная масса луговых трав, надземная масса и корни клевера характеризовались трехпуловой структурой органического вещества со средней ($0,1 > k_1 > 0,01 \text{ сут}^{-1}$), медленной ($0,01 > k_2 > 0,001 \text{ сут}^{-1}$) и очень медленной ($k_3 < 0,001 \text{ сут}^{-1}$) скоростью минерализации, тогда как остальные виды – двухпуловой структурой с медленной и очень медленной скоростью минерализации. Получена обратная зависимость скорости разложения органических материалов от соотношения в их составе C : N.

Таблица 1

Содержание углерода и азота в разных растительных остатках и в почве

Материал	C, % от массы	N, % от массы	C : N
Опавшие листья дуба	$43,0 \pm 3,2$	$0,99 \pm 0,02$	43,6
Опавшие листья осины	$42,9 \pm 0,6$	$0,92 \pm 0,02$	46,4
Хвоя сосны	$49,1 \pm 0,2$	$1,01 \pm 0,01$	48,9
Опавшие ветви осины диаметром 10–3 мм	$46,5 \pm 0,4$	$0,74 \pm 0,03$	63,1
Тонкие корни деревьев диаметром 10–3 мм	$44,0 \pm 1,1$	$0,53 \pm 0,04$	82,7
Надземная масса лугового разнотравья	$41,1 \pm 1,5$	$2,31 \pm 0,10$	17,8
Корни лугового разнотравья	$39,1 \pm 3,7$	$1,09 \pm 0,07$	36,1
Солома ячменя	$37,7 \pm 0,6$	$0,73 \pm 0,03$	52,1
Корни ячменя	$37,0 \pm 1,1$	$0,53 \pm 0,06$	70,3
Надземная масса клевера	$40,9 \pm 0,8$	$2,54 \pm 0,03$	16,1
Корни клевера	$37,4 \pm 0,9$	$3,02 \pm 0,07$	12,4
Серая лесная почва под лесом	$1,88 \pm 0,07$	$0,18 \pm 0,00$	10,5
То же под луговыми травами	$1,57 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,00$	10,2
То же под посевом ячменя	$1,44 \pm 0,02$	$0,14 \pm 0,00$	10,1

Слаборазлагаемые виды растительных остатков были основным источником твердого дискретного органического вещества ($C_{ром}$) в почве, а сильно разлагаемые – микробной биомассы ($C_{мик}$). Содержание потенциально-минерализуемого органического вещества в почве с растительными остатками положительно коррелировало с $C_{ром}$ и с $C_{мик}$.

В 12-месячном лабораторном опыте с инкубацией растительных остатков с вермикулитом и с почвой удельные годовые величины продукции C–CO₂ разлагающимися растительными остатками варьировали от 106 до 273 г/кг сухой массы, тогда как образцами пахотной и необрабатываемой серой лесной почвы – от 1,1 до 1,9 г/кг воздушно-сухой почвы (рис. 1).

Годовые величины минерализации растительных остатков деревьев, луговых трав и сельскохозяйственных культур при постоянных условиях температуры и влажности составляли от 25 до 67 % от $C_{орг}$, содержащегося в этих материалах. Из опавших листьев и хвои деревьев образовывалось почти в 2 раза больше CO₂, чем из мелких ветвей и тонких корней. Остатки вегетирующих луговых трав, особенно наземная масса, давали высокие размеры продукции CO₂, что могло быть обусловлено как преобладанием в травосмеси видов, не достигших еще физиологической зрелости, так и присутствием представителей бобовых растений. Наибольшую среди

всех органических материалов продукцию CO_2 давали остатки клевера. Эмиссионный потенциал соломы и корней ячменя был соответственно 1,5 и 2,4 раза меньше, чем надземной массы и корней клевера. Разложение килограмма остатков древесных растений в пересчете на сухое вещество давало в 55–119 раз больше диоксида углерода, чем почвенное органическое вещество под лесом, надземных и корневых остатков луговых трав – в 92–161 раз, остатков сельскохозяйственных культур – в 102–248 раз.

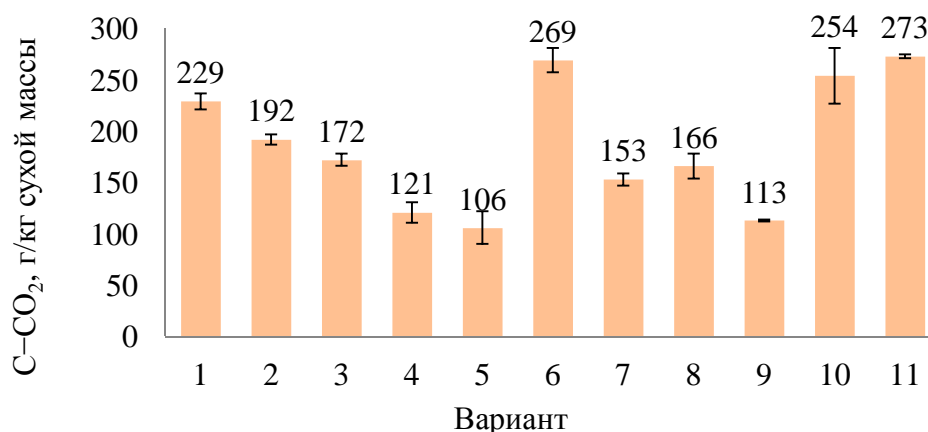


Рис. 1. Годовые величины нетто продукции C-CO₂ разлагающимися растительными остатками. Обозначения вариантов те же, что и в табл. 1.

Таким образом, вклад растительных остатков в гетеротрофную эмиссию C-CO₂ был в 55–248 раз больше, чем органического вещества серой лесной почвы. Чем сильнее почва обогащена растительными остатками, тем выше ее эмиссионный потенциал. Локальные различия в размерах наземного и корневого опада и пространственная очаговость их распределения на поверхности и внутри почвы могут быть причиной значительной вариабельности почвенной эмиссии диоксида углерода.

Список литературы

1. Prentice I. C., Farquhar G. D., Fasham M. J. R., Goulden M. L., Heimann M., Jaramillo V. J., Khashgi H. S., LeQuéré C., Scholes R. J., Wallace D. W. R. The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide // *Climate Change 2001: The Scientific Basis* / Ed. Houghton J. T. et al. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. – P. 183–237.
2. The role of microbial community in the decomposition of leaf litter and Deadwood / A. Bani [et al.] // *Applied Soil Ecology*. – 2018. – Vol. 126. – P. 75–84.
3. Sun L., Teramoto M., Liang N., Yazaki T., Hiran T. Comparison of litter-bag and chamber methods for measuring CO₂ emissions from leaf litter decomposition in a temperate forest // *Journal of Agricultural Meteorology*. – 2017. – Vol. 73(2). – P. 68–76.
4. Минерализуемость органического вещества и углеродсеквестрирующая емкость почв зонального ряда / В. М. Семенов [и др.] // *Почвоведение*. – 2008. – № 7. – С. 819–832.
5. Cambardella, C. A. Particulate Soil Organic-Matter Changes across a Grassland Cultivation Sequence / C. A. Cambardella, E. T. Elliott // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 1992. – Vol. 56. – P. 777–783.
6. Ананьева, Н. Д. Особенности определения углерода микробной биомассы почвы методом субстрат-индуцированного дыхания / Н. Д. Ананьева, Е. А. Сусьян, Е. Г. Гавриленко // *Почвоведение*. – 2011. – № 11. – С. 1327–1333.

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕГО И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ПОЧВЕ

Н. Б. Зинякова, Д. А. Соколов, Т. Н. Лебедева, В. М. Семенов

*Институт физико-химических и биологических проблем
почвоведения РАН, г. Пушкино, Россия*

С момента оседлой сельскохозяйственной деятельности и по настоящее время глобальные потери органического углерода ($C_{\text{орг}}$) в 0–200 см слое почвенного профиля составили 116 Pg C [1]. Используемые в земледелии почвы содержат на 25–75 % меньше $C_{\text{орг}}$, чем их необрабатываемые аналоги, поэтому почвы агроэкосистем обладают высоким потенциалом секвестрации углерода [2]. Окультуривание почв и устранение факторов, лимитирующих продуктивность культур, может обеспечить прирост $C_{\text{орг}}$ в пахотных почвах. Исследование проводили в микрополе-вом опыте с 2011 по 2019 годы, особенность которого состоит в том, что устраняется почвенная пестрота, четче реализуется основной действующий фактор, но вместе с тем сохраняется вся совокупность естественных почвенных и экологических факторов [3].

Целью работы было установить, может ли почва насыщаться органическим углеродом без дополнительного его накопления по мере поступления свежего органического вещества? В первую и вторую ротацию пятипольного севооборота (сахарная свекла, кукуруза на зеленую массу, лук, картофель, картофель) ежегодно применяли возрастающие дозы минеральных и органических (свежий навоз крупнорогатого скота) удобрений (табл. 1). За 9 лет опыта с минеральными удобрениями было внесено 0,813–2,4 т/га азота в зависимости от дозы, 0,68–2,70 т/га P_2O_5 и 0,90–3,60 т/га K_2O . С органическими удобрениями в почву поступило 43–173 т/га сухой массы, 16–65 т/га органического углерода, 0,85–3,41 т/га азота, 0,65–2,59 т/га P_2O_5 и 0,86–3,46 т/га K_2O .

В отобранных осенью каждого года образцах почвы при контролируемых условиях температуры и влажности определяли суточную скорость эмиссии $C-CO_2$ на газовом хроматографе КристалЛюкс-4000М и устанавливали кумулятивные размеры продукции $C-CO_2$. Содержание валового органического углерода ($C_{\text{орг}}$) в почве определяли с помощью CNHS-анализатора (Leco 932, USA), потенциально-минерализуемого углерода (C_0) – биокинетическим методом [4].

Систематическое применение минеральных удобрений способствовало постепенному увеличению содержания $C_{\text{орг}}$ со среднегодовым приростом на уровне 0,04 % от массы почвы. Органические удобрения обеспечивали ежегодное увеличение $C_{\text{орг}}$ в почве от 0,08 до 0,20 % от массы

почвы. Если от доз 25 и 50 т/га наблюдалось достаточно равномерное повышение содержания $C_{орг}$ на протяжении девяти лет, то при дозах 75 и 100 т/га после поступления 500–700 т/га навоза наметилась тенденция насыщения почвы $C_{орг}$ на уровне $2,11 \pm 0,25$ %.

Таблица 1

Содержание общего и активного органического вещества в почве при систематическом внесении минеральных и органических удобрений

Вариант опыта	Год опыта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль (б/у)	<u>0,98</u> 59	<u>0,99</u> 48	<u>1,01</u> 46	<u>1,00</u> 49	<u>1,10</u> 44	<u>1,09</u> 46	<u>1,15</u> 43	<u>1,13</u> 39	<u>1,13</u> 32
N ₉₀ P ₇₅ K ₇₅	<u>0,99</u> 59	<u>0,99</u> 56	<u>1,03</u> 50	<u>1,07</u> 56	<u>1,15</u> 54	<u>1,24</u> 52	<u>1,21</u> 60	<u>1,15</u> 55	<u>1,18</u> 52
N ₁₈₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	<u>0,97</u> 61	<u>0,97</u> 53	<u>1,03</u> 51	<u>1,08</u> 57	<u>1,21</u> 63	<u>1,25</u> 59	<u>1,28</u> 61	<u>1,22</u> 51	<u>1,16</u> 52
N ₂₇₀ P ₂₂₅ K ₂₂₅	<u>0,96</u> 62	<u>0,98</u> 54	<u>1,05</u> 52	<u>1,07</u> 56	<u>1,19</u> 61	<u>1,23</u> 54	<u>1,27</u> 59	<u>1,22</u> 59	<u>1,22</u> 44
N ₃₆₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀	<u>0,97</u> 65	<u>0,99</u> 53	<u>1,04</u> 54	<u>1,07</u> 53	<u>1,17</u> 58	<u>1,27</u> 53	<u>1,27</u> 58	<u>1,26</u> 52	<u>1,18</u> 41
Навоз, 25 т/га	<u>1,07</u> 75	<u>1,16</u> 80	<u>1,27</u> 73	<u>1,32</u> 71	<u>1,38</u> 80	<u>1,45</u> 80	<u>1,53</u> 77	<u>1,59</u> 89	<u>1,67</u> 74
То же, 50 т/га	<u>1,11</u> 92	<u>1,27</u> 114	<u>1,40</u> 89	<u>1,46</u> 96	<u>1,52</u> 96	<u>1,58</u> 107	<u>1,74</u> 112	<u>1,78</u> 98	<u>1,93</u> 86
То же, 75 т/га	<u>1,23</u> 106	<u>1,40</u> 133	<u>1,75</u> 104	<u>1,83</u> 114	<u>1,87</u> 141	<u>1,87</u> 122	<u>1,99</u> 129	<u>2,04</u> 130	<u>2,12</u> 123
То же, 100 т/га	<u>1,30</u> 132	<u>1,53</u> 171	<u>1,84</u> 124	<u>2,02</u> 147	<u>2,10</u> 153	<u>2,30</u> 141	<u>2,33</u> 144	<u>2,35</u> 139	<u>2,41</u> 143

Примечание:

Над чертой – $C_{орг}$, % от массы почвы.

Под чертой – C_0 , мг/100 г почвы.

В пахотной серой лесной почве на контроле (без удобрений) происходило обеднение потенциально-минерализуемым органическим веществом. В результате применения минеральных удобрений содержание C_0 возрастало в среднем в 1,2 раза без отчетливой зависимости от дозы, а под действием органических удобрений – в 1,6–3,0 раза с характерным ростом по мере увеличения дозы. Среднегодовой прирост C_0 в почве от ежегодного внесения возрастающих доз свежего навоза был в 17 раз выше, чем от минеральных удобрений. В отличие от общего $C_{орг}$, систематическое внесение одной и той же дозы органического удобрения не давало кумулятивного прироста активного органического вещества, обеспечивая лишь сохранение его содержания на примерно одинаковом уровне, достигнутом применением соответствующей дозы навоза. Установлено снижение доли C_0 на неудобренном контроле в 2 раза и в 1,6 раза в удобренной почве с 6,3 и 8,5 % от $C_{орг}$ в первый год опыта в вариантах с минеральными и органическими удобрениями соответственно до 4,0

и 5,2 % на девятый год опыта, что свидетельствует о накоплении $C_{орг}$ в почве преимущественно в биологически стабильном состоянии, и, следовательно, о реальной секвестрации углерода (табл. 2).

Таблица 2

Доля активного органического вещества (C_0) от $C_{орг}$ в почве при систематическом внесении минеральных и органических удобрений, %

Вариант опыта	Год опыта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль (б/у)	5,7	4,8	4,6	4,9	4,0	4,8	3,8	3,4	2,8
N ₉₀ P ₇₅ K ₇₅	6,0	5,7	4,9	5,2	4,7	4,1	5,6	4,8	4,4
N ₁₈₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	6,2	5,4	5,0	5,3	5,2	2,8	5,7	4,2	4,5
N ₂₇₀ P ₂₂₅ K ₂₂₅	6,4	5,5	5,0	5,2	5,1	4,4	5,2	4,9	3,6
N ₃₆₀ P ₃₀₀ K ₃₀₀	6,7	5,4	5,2	4,9	5,0	5,6	5,3	4,2	3,5
Навоз, 25 т/га	7,1	6,9	5,7	5,4	5,8	3,7	5,1	5,6	4,4
То же, 50 т/га	8,3	9,0	6,4	6,6	6,3	6,9	6,7	5,5	4,5
То же, 75 т/га	8,6	9,5	5,9	6,2	7,5	4,8	6,8	6,4	5,8
То же, 100 т/га	10,1	11,2	6,8	7,3	7,3	6,0	6,0	5,9	5,9

Таким образом, почвы агроэкосистем обладают высоким углеродсеквестрирующим потенциалом и чувствительны к приемам, обеспечивающим накопление почвенного органического вещества. Органическая система удобрения более адаптирована к почвенной секвестрации углерода по сравнению с минеральной системой. Длительное поступление органических материалов в повышенных объемах может привести к насыщению почвы органическим углеродом. Эмпирическое определение порога насыщения органическим углеродом, свойственного каждому типу почвы, становится ключевой задачей в программах агротехнологической секвестрации углерода.

Список литературы

1. Sanderman, J. Soil carbon debt of 12,000 years of human land use/ J. Sanderman, T. Hengl, G. J. Fiske // PNAS. – 2017. – Vol. 114 (36). – P. 9575–9580.
2. Lal, R. Managing Soils and Ecosystems for Mitigating Anthropogenic Carbon Emissions and Advancing Global Food Security/ R. Lal // BioScience. –2010. – Vol. 60. – P. 708–721.
3. Зинякова, Н. Б. Влияние возрастающих доз органических и минеральных удобрений на пулы растворенного, подвижного и активного органического вещества в серой лесной почве / Н. Б. Зинякова, В. М. Семенов // Агротехнология. – 2014. – № 6. – С. 8–19.
4. Минерализуемость органического вещества и углеродсеквестрирующая емкость почв зонального ряда / В. М. Семенов [и др.] // Почвоведение. – 2008. – № 7. – С. 819–832.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ-ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ, ИХ АККУМУЛЯЦИЯ В ПОЧВАХ СТЕПЕЙ И НОРМИРОВАНИЕ НАГРУЗОК

Т. И. Знаменская, Н. Д. Давыдова

*Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН,
г. Иркутск, Россия*

В результате техногенеза в XX веке загрязнение стало важным геохимическим фактором на земной поверхности. Возникла опасность повышения геохимического фона на глобальном, региональном и локальном уровне, что остается актуальной проблемой и в настоящее время. Для городов России за 10 лет (1998–2008 гг.) масса выбросов в атмосферу в разных городах выросла на 60–150 %, достигая в индустриальных центрах максимума – 2000 тыс. т/год [1]. В связи с этим одной из задач современности является слежение за каждым участником процесса загрязнения с целью минимизации его негативного воздействия.

В последние десятилетия во всем мире интенсивно развивается цветная металлургия, в том числе производство алюминия, который в ряду технофильности стоит на первом месте [1]. В России алюминиевая отрасль занимает ведущее место (70 %). Стратегия ее развития продолжается и связана с перемещением центра производства металла из западных районов России в Сибирь, которая заключается в замещении предприятий малой производительности более мощными с выпуском продукции от 0,5 и более 1 млн т в год. Заводы расположены в основном на территории Средней Сибири (7 объектов). Между тем оборудование и технологии, предназначенные повысить производительность труда и культуру производства, а также уменьшить техногенный пресс на природную среду, совершенствуются и внедряются крайне медленно. Стремление в условиях существующих технологий увеличить выпуск продукции приводит к повышению нагрузок поллютантов и увеличению уровня их содержания в компонентах ландшафтов по сравнению с фоном в десятки и сотни раз: в снеговой воде, почвах, почвенных растворах, грунтовых водах, что создает угрозу экологической безопасности на значительной территории [2, 3]. Особенно это актуально в условиях степей, где способность почв к самоочищению снижена из-за малого количества осадков, а поражение травянистой растительности вследствие ее большей устойчивости по сравнению с хвойными породами деревьев таежной зоны визуально практически не прослеживается, что создает впечатление кажущегося благополучия. Таким условиям отвечают степные ландшафты Хакасии с плодородными черноземами, где с 1985 года функционируют заводы по производству алюминия ОАО «РУСАЛ Саяногорск». Уже в начале их эксплуатации на территории, прилегающей к заводам, было обнаружено

присутствие фторидов в снеговой воде, почвах и растениях. Однако Центр пресс-службы акционерного общества ОАО «РУСАЛ Саяногорск» продолжает настаивать на том, что заводы оснащены относительно современным оборудованием и их деятельность экологически безопасна. Такая ситуация потребовала специальных комплексных ландшафтно-геохимических исследований для выявления территории, подверженной воздействию пылегазовых эмиссий указанных заводов, уровня загрязнения поллютантами компонентов ландшафтов и степени геоэкологической опасности [3, 4].

Цель исследования – показать, что длительная эксплуатация заводов по производству алюминия приводит к аккумуляции поллютантов, прежде всего, токсичного фтора, который присутствует во всех компонентах природной среды, в том числе, в почвах.

Объект изучения – степные ландшафты Южно-Минусинской котловины, расположенной в горных системах Западного Саяна и Кузнецкого Алатау. В настоящее время здесь на базе Саяно-Шушенской ГЭС развивается территориально-промышленный комплекс с энергоемким производством. Наиболее мощный производитель продукции – предприятия ОАО «РУСАЛ Саяногорск» (Саяногорский и Хакасский алюминиевые заводы). Предприятия расположены в междуречье Абакана и Енисея (Койбальская степь), на второй надпойменной террасе левого берега р. Енисей, в 15 км к северу от подножия гор Западного Саяна. Первая очередь Саяногорского завода по производству алюминия с проектной мощностью 510 тыс. т в год была запущена в 1985 г. В 2006 году рядом на одной промплощадке было начато строительство Хакасского завода по производству алюминия. К 2014 г. их общая мощность составила 839 тыс. т алюминия в год. На исследуемой территории указанные предприятия являются основными поставщиками поллютантов.

В сельскохозяйственном отношении исследуемая территория давно освоена. В котловине широко распространены черноземы текстурно-карбонатные, а также их подтипы – солончаковатые и солонцеватые. Они занимают высокие террасы, вершины и склоны увалов и разнообразны по мощности, содержанию гумуса и гранулометрическому составу.

С целью картографирования пространственного распределения поллютантов на территории, прилегающей к заводам, проводили опробование верхнего слоя почв 0–10 см методом «конверта». Для более детальных исследований выбирали ключевые участки – катены в зоне загрязнения и за ее пределами в 40 км к западу от заводов. Диагностика почв на основе описания почвенных профилей проводилась по [5].

Количественный химический анализ состава снеговой воды, взвесей, почвенных растворов, твердой фазы почв выполнялся в сертифицированном химико-аналитическом центре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН с использованием приборной базы Байкальского центра коллективного пользования и соответствующих утвержденных методик (ПНДФ, РД). Пробы анализировали на анионно-

катионный состав, содержание макро-и микроэлементов, агрохимические показатели.

Для оценки изменения уровней содержания поллютантов в исследуемых объектах зоны загрязнения применялись коэффициенты концентрации ($K_c = C_a/C_f$, где C_f и C_a соответственно концентрации элемента в образцах компонентов ландшафтов фона и зоны загрязнения). Коэффициенты концентрации использовали при расчете индекса суммарного загрязнения $Z_c = \sum^n K_c - (n - 1)$, где n – количество химических элементов с $K_c > 1,0$.

Снежный покров использовали как поглотитель для оценки потока техногенных веществ, поступающих на поверхность почвы от заводов по производству алюминия, определения их химического состава и дальности распространения на исследуемой территории. Отбор проб снега проводился в 3-5-кратной повторности на всю глубину снежного пласта с определенной учетной площади в полиэтиленовые пакеты пластиковым цилиндром [3].

Весной при таянии снега вещества, поступившие из атмосферы, делятся на малорастворимую часть (твердое вещество), которая остается в верхнем слое почвы и растворимую проникающую в глубину почвенного профиля.

Твердое вещество пылегазовых эмиссий представлено частицами различной формы и химического состава. Его основу составляет Al (34–40 %), что существенно отличает его от почв фона и литосферы, имеющих кремниевую основу. Кремния содержится не более 10 %, железа 2,1–3,2 %, натрия 1,2–1,5 %. Повышенные концентрации характерны для фтора 0,9–1,5 % и никеля 200–700 мг/кг, а также Cu, Zn, V, Co и Sr. С удалением от источника эмиссий содержание наиболее аномальных элементов – Al, F, Ni в твердых аэрозолях заметно уменьшается, что явно указывает на их источник. В твердых аэрозолях вблизи завода обнаружено повышенное количество 8 химических элемента по сравнению с почвами фона (нижний индекс – K_c): $F_{23}Ni_{15,9}Al_{5,6}V_{2,5}Cu_{2,5}Zn_2Co_{1,9}Sr_{1,5}$. Потенциальный индекс суммарного загрязнения (Z_c) почвы составляет 47 (высокий и опасный уровень).

Растворимое вещество снеговой воды в среднем составляет 10 % от всего вещества в пробе. При этом наибольшей растворимостью выделяются фториды (88,6 %) и соли натрия (85,9 %). Малорастворимые в снеговой воде вещества, связаны с железом (0,2 %), кремнием (0,5 %), алюминием (8,1 %). Минерализация талой воды меняется от 146 мг/дм³ вблизи заводов, до 45 на периферии. По сравнению со снеговой водой фона она более минерализована: вблизи завода в 13 раз, на расстоянии 5 км в 4,5 раза отличаясь также и по химическому составу. Так, химический состав, снеговой воды фона имеет хлоридно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый состав, а в зоне оседания пылегазового потока – сульфатно-фторидный натриево-алюмоновый. С удалением от источника эмиссий до 6 км минерализация снеговой воды уменьшается, но химический состав остается практически по-

стоянным. Уровень загрязнения также остается достаточно высоким (нижний индекс Кс) $F_{141,2}Al_{120,6}Na_{13,5}Ni_{7,2}Sr_{4,8}Ca_{4,6}Ba_{4,1}Fe_{4,0}Mg_{3,9}Mn_{3,8}Zn_{3,2}V_{2,8}Si_{2,5}K_{1,6}$. При этом индекс суммарного загрязнения (Zс) уменьшается с 1159 вблизи заводов до 304.

Нагрузки. При поступлении аэрозолей в ту или иную точку подстилающей поверхности, кроме применяемых технологий при производстве алюминия, в большой степени зависит от климатических факторов и ландшафтной обстановки. С увеличением расстояния от источника эмиссий техногенные нагрузки резко убывают – на удалении 5 км от заводов их масса сокращается в 5 раз, через 10 км – в 10 раз. На периферии ореола загрязнения (20–30 км) нагрузки приближаются к условно фоновому значению. Основная масса поллютантов в зимний период (120 дней) оседает в санитарно-защитной зоне и за ее пределами на расстоянии до 5–6 км (табл. 1).

Таблица 1

**Нагрузки поллютантов на ландшафты (кг/км² в год)
на разном удалении от заводов, км**

Расстояние	Растворимое вещество			Малорастворимое вещество		
	F	Na	Al	F	Na	Al
0,5	4490	3225	2576	4223	2932	78176
1	3329	2150	1715	3026	2580	52500
2	2612	1342	1187	2375	1610	20574
5	1095	575	358	912	523	9384
7	454	240	189	378	218	5197

По массе поступления на подстилающую поверхность приоритетные поллютанты малорастворимой и растворимой частей техногенного потока сопоставимы, кроме Al твердой составляющей, количество которого на порядок больше меняясь в пространстве от 80 до 0,6 т/км² в год.

Почвы. При поступлении в почву техногенное вещество рассеивается и трансформируется. Присутствие техногенного фторид-иона в почвах в отличие от Na⁺ и Al³⁺ достаточно легко поддается диагностике и хорошо соотносится с его нагрузками при коэффициенте корреляции $r = 0,94$ (водорастворимая форма), $r = 0,75$ (валовая форма), в то время как для алюминия и натрия связь практически отсутствует ($r = 0,20-0,26$).

Потенциальное загрязнение исходных почвенных растворов ингредиентами снеговой воды, обогащенной поллютантами, характеризуется ассоциацией химических элементов, состоящей из семи членов (в индексе Кс): $F_{159,6}Ni_{49,8}Al_{29,3}Na_{23,6}Zn_{4,9}Mn_{3,5}Sr_{1,6}$. Индекс суммарного загрязнения составляет 265 (высокий и опасный). Реальное же загрязнение фторид-ионом почвенных растворов верхнего слоя 0–10 см территории вблизи заводов по сравнению с почвенными растворами фона снижено до 39 раз ($F_{39,2}Na_{4,3}Ni_{3,8}K_{2,5}Cu_{2,0}Cr_{2,0}Mg_{1,6}$) при возможно максимальном загрязнении в 159,6 раза. Такие соотношения количественных показателей поллютантов позволили выделить фтор как приоритетный элемент-загрязнитель почвенного покрова, что обусловлено техногенным фактором.

Нормирование техногенных нагрузок фтора на почву проведено с ориентацией на ПДК (10 мг/кг F) методом сопоставления картосхем, отображающих нагрузки, содержание водорастворимого фтора в почве и зеленой фитомассы соответственно. Кроме этого, привлечены данные по содержанию валовой формы элемента, которое накопилось в почве за 35-летний период эксплуатации заводов (табл. 2).

Таблица 2

Критерии оценки загрязнения почвенного покрова (по фтору)

Критерий	Нагрузка, т/км ² в год		Содержание в почве, мг/кг	
	Формы нахождения			
	водо-растворимая	мало-растворимая	водо-растворимая	валовая
Допустимый	0,10	0,12	до 10	500
Критический	0,30	0,20	15	800
Недопустимый	0,50	0,80	30	1000
Фон	0,005	0,02	1,5	400

Заключение

Выявлены ассоциации поллютантов, техногенного потока веществ по уровню значимости: F, Al, Na, Ni – основные элементы-загрязнители; Mn, Sr, Ca, Mg – сопутствующие; Cu, Zn, Ba, Fe, V – второстепенные. Приоритетным загрязнителем по количеству поступления, интенсивности миграции в почвах и токсичности является F.

Установлено, что за 35-летний период на территории, прилегающей к заводам по производству более 800 тыс. т алюминия в год образовалась техногенная фторидная аномалия площадью 4725 га. На границе ореола загрязнения (5–6 км) превышение концентраций водорастворимой формы фтора над фоновыми значениями в почвах и растениях составляют 10 раз (Ka = 10) и 100 раз в снежном покрове. В качестве критической нормы принято поступление суммарного количества фтора 5–7 кг/га в год.

Потенциальная геоэкологическая обстановка оценена как высокая и опасная, что указывает на необходимость принятия решений по разработке новых технологий очистки отходящих газов и пыли или по сокращению объемов выпуска алюминия.

Список литературы

1. Касимов, Н. С. Экогеохимия ландшафтов / Н. С. Касимов. – М.: ИП Филимонов. – 2013. – 208 с.
2. Давыдова, Н. Д. Трансформация геохимической среды в техногенной аномалии / Н. Д. Давыдова // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2012. – № 3(20). – С. 72–81.
3. Давыдова, Н. Д. Техногенное вещество в степных ландшафтах / Н. Д. Давыдова, Т. И. Знаменская; под ред. В. А. Снытко. – Новосибирск: ГЕО, 2018. – 147 с.
4. Глазовская, М. А. Геохимические основы типологии и методики исследования природных ландшафтов/ М. А. Глазовская. – 2-е изд. – Смоленск–Москва: Ойкумена. – 2002. – 288 с.
5. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов [и др.]. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.

МЕТОДОЛОГИЯ БИОГЕОСИСТЕМОТЕХНИКИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИЕЙ И ЗДОРОВЬЕМ ПОЧВЫ

**В. П. Калиниченко^{1,2}, А. П. Глинушкин², А. В. Свидзинский³,
Т. М. Минкина⁴, С. С. Манджиева⁴, С. Н. Сушкова⁴, В. Д. Раджпут⁴,
Н. И. Будынков², П. П. Муковоз², В. В. Черненко^{1,5}, А. Е. Козлов⁶**

¹*Институт плодородия почв юга России,
п. Персиановский, Ростовская область, Россия*

²*Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
Большие Вязёмы, Московская область, Россия*

³*Берлинский медицинский университет Чарите, г. Берлин, Германия*

⁴*Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия*

⁵*Донской государственный аграрный университет,
п. Персиановский, Ростовская область, Россия*

⁶*Институт радиобиологии НАН Беларуси, г. Гомель, Беларусь*

Устаревшие принципы природопользования обуславливают конфликт «биосфера – технология», деградацию почвы. Возможности индустриальной эксплуатации биосферы исчерпаны. 42 % ресурсов Земли утрачено. 60 % экосистем нарушено. За историю землепользования человечество уничтожило более двух миллиардов гектаров плодородных почв – больше площади современного земледелия.

Природоподобные технологии не могут быть копированием природы по определению. Они должны быть подобны некоторым проявлениям природы, которые надлежит выбрать на основе квалифицированной эвристической интуиции. В качестве новой парадигмы развития нами предложено научно-технологическое направление «биогеосистемотехника» [1]. Биогеосистемотехника – это трансцендентальные (не имеющие прямых аналогов в природе) принципиально новые природоподобные технические средства и технологии обеспечения устойчивой высокопродуктивной эволюции и здоровья почвы, сохранения пресной воды, рециклинга отходов, прироста уровня использования ФАР, улучшения условий органогенеза растений и их резистентности к фитопатогенам, качества жизни и труда.

Нами разработан принцип обработки почвы в целях мелиорации посредством фрезерования иллювиального горизонта горизонтальным фрезером диаметром 25 см, глубина обработки – 20–45 см. Первый в мире внутрпочвенный фрезер ПМС-70 (рис. 1) был испытан в 1972 году, производственный стационар – Ленинский путь, Ростовская область [2].

В длительных стационарных полевых экспериментах сравнивали стандартную основную отвальную обработку почвы на глубину 20–22 см, стандартную почвенно-мелиоративную трехъярусную обработку почвы на 40–45 см, и новый приём мелиоративной обработки почвы – внутрпочвенное фрезерование слоя 20–45 см.

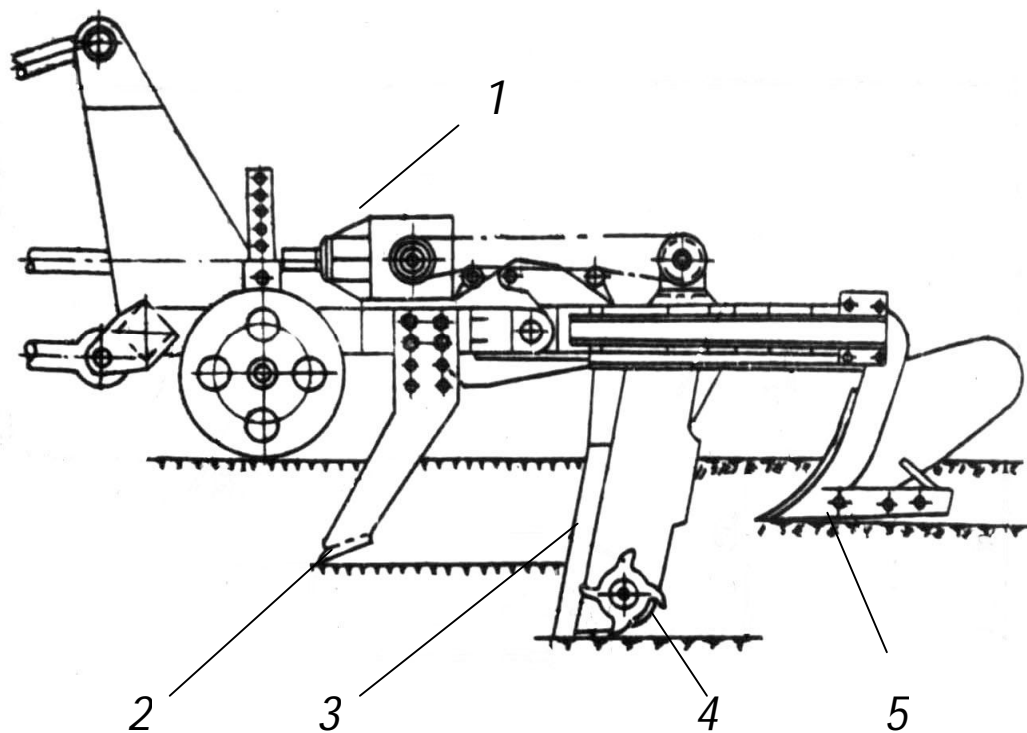


Рис. 1. Устройство для мелиоративной внутрипочвенной фрезерной обработки почвы ПМС-70, вид сбоку.

- 1 – механический привод, 2 – рыхлящий нож, 3 – редукторная рыхлящая стойка,
 4 – фрезерный рыхлитель иллювиального и переходного горизонтов почвы,
 5 – пассивный плужный корпус для обработки верхнего слоя почвы

Однократное внутрипочвенное фрезерование почвы сформировало мелкие и средние искусственные макроагрегаты почвы 1–3 мм в слое 20–45 см. Количество таких агрегатов в иллювиальном горизонте почвы после внутрипочвенного фрезерования было до 40 %, в четыре раза больше, чем после стандартной трехъярусной обработки, улучшаются агрофизические, химические и физико-химические свойства почвы. Ризосфера получила приоритет. При стандартной агротехнике содержание гумуса в почве в слое 0–20 см составило 2 %, в слое 20–40 см – только 1,1 %. Внутрипочвенное фрезерование способствовало увеличению содержания гумуса в светло-каштановой почве в слое 0–20 см до 2,3 %, в слое 20–40 см – до 1,7 %. В каштановой почве соответственно – 3,3 %, 1,9 %. Прибавка продуктивности культур после однократного внутрипочвенного фрезерования в размере 30–50 % имеет место в течение длительного периода порядка 40 лет [2].

Роль воды в эволюции почвы, развитии почвенной биоты, производстве продовольствия и сырья несомненна. На ирригацию в настоящее время, в основном – расточительно, расходуют 95 % общемирового остродефицитного ресурса пресной воды. Одновременно усиливается деградация почв и ландшафтов. Действующая норма расхода воды на ирригацию в 4–15 раз превышает потребность культивируемых растений [3]. Имеет место системный дефект искусственного гидрологического режи-

ма почвы, который следует из дефектной устаревшей и опасной для биосферы фронтальной гравитационной континуально-изотропной парадигмы ирригации. Дефект состоит в совмещении фазы подачи воды и фазы распределения внутри почвы. Фаза распределения внутри почвы не контролируется в современной ирригации.

Для исключения недостатков традиционной фронтальной гравитационной континуально-изотропной парадигмы ирригации нами разработана природоподобная водная стратегия биогеосистемотехники – внутрипочвенная импульсная континуально-дискретная парадигма увлажнения. Сущность новой парадигмы искусственного увлажнения почвы состоит в том, что фаза подачи воды в почву и фаза распределения воды внутри почвы разнесены во времени [4].

Фаза подачи воды в почву предусматривает впрыск воды в почву шприцевым элементом 1. Воду в процессе перемещения шприца в почве дозированно распределяют в вертикальном цилиндре первичного увлажнения на глубине 10–40 см (рис. 2).

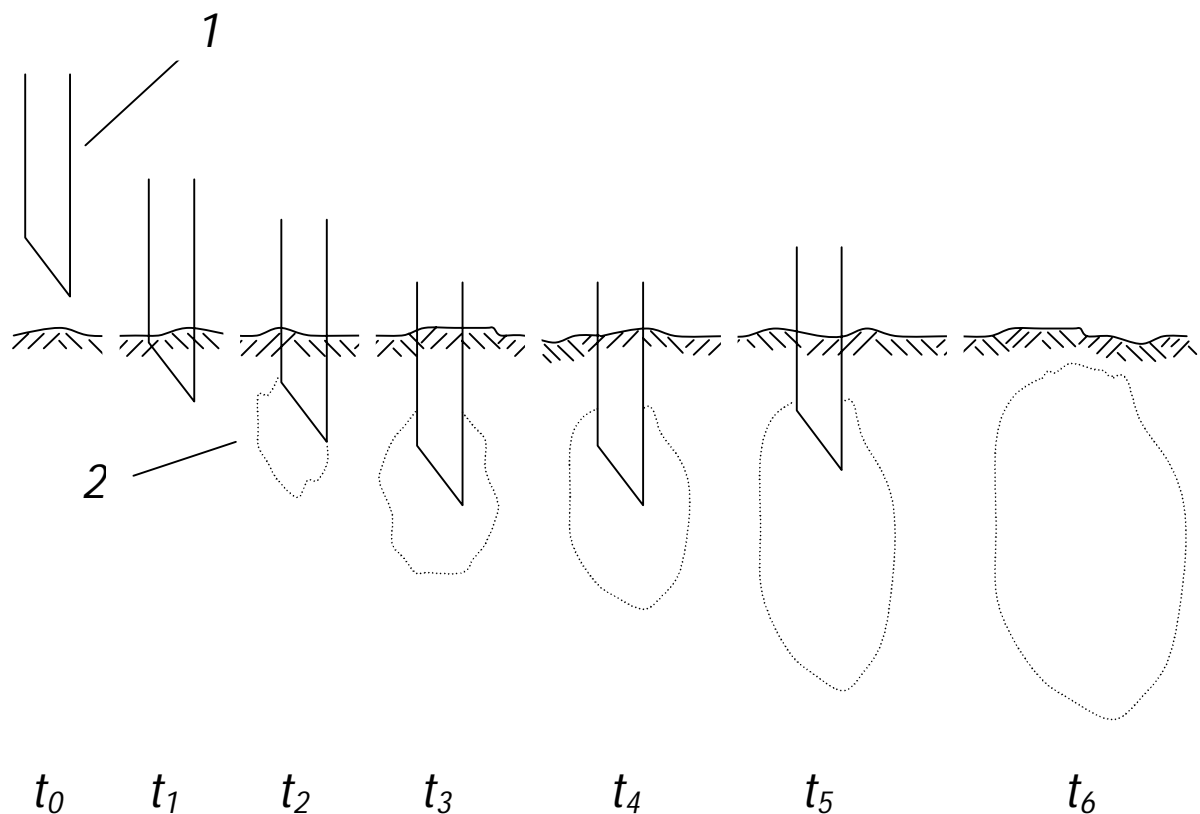


Рис. 2. Внутрипочвенный импульсный континуально-дискретный способ увлажнения почвы

1 – шприцевой элемент, 2 – контур увлажнения,
 $t_0 - t_6$ – стадии подачи воды из шприца

Следующая фаза увлажнения почвы – достаточно быстрое распределение воды из цилиндра первичного увлажнения в прилегающий объем почвы в прилегающий каркас почвы путём капиллярно-пленочного переноса и

перегонки в парообразной форме. Через 5–10 минут после выполнения инъекции термодинамический потенциал воды составляет около – 0,2 МПа.

Внутрипочвенный импульсный континуально-дискретный способ увлажнения стабилизирует структуру и агрегатное устройство почвы. Устьичный аппарат растений функционирует в режиме регулирования, обеспечивая растения относительно концентрированным почвенным раствором. Расход воды сокращается в 5–20 раз по сравнению со стандартной ирригацией, исключаются потери воды в ландшафт. Новое протекание органогенеза обеспечивает повышение продуктивности растений. Относительно низкая влажность почвы способствует повышению устойчивости растений к фитопатогенам.

Разработана внутрипочвенная импульсная дискретная система внесения биопрепаратов и пестицидов внутрь верхнего слоя почвы для защиты растений, усиливающая действие на вредные организмы и обеспечивающая безопасность экосферы. Раствор биопрепарата вносят на глубину 0,02–0,05 м. Шаг внесения – 0,20–0,25 м. Для обеспечения условий развития инокулированного микробного сообщества, через 3–5 дней после обработки почвы раствором биопрепарата, выполняют импульсное дискретное внутрипочвенное увлажнение почвы. Способ улучшает условия развития биологических объектов, содержащихся в биопрепарате, и повышает жизнеспособность. Улучшается здоровье почвы. Способ можно применить для внесения пестицидов.

Стандартные технологии утилизации обеспечивают только частичную переработку отходов. Эти технологии опасны неблагоприятными эффектами на почву, водные системы, атмосферу, причём каждая стандартная технология имеет свой отход.

Разработана технология рециклинга минеральных и органических отходов и продукта газификации органического вещества в виде агрегатов размером до 3–5 мм одновременно с внутрипочвенным фрезерованием слоя 20–45 (30–60) см [5].

Техническое решение позволяет утилизировать углеродсодержащие отходы; производить золу уноса для получения высококачественных строительных вяжущих веществ; производить синтез газ или тепловую энергию; производить и очищать газ в низкоуглеродном биочаре, производить обогащенный элементами питания растений низкоуглеродный биочар. Масса низкоуглеродного биочара составляет 3–7 % от массы исходного продукта. Это уменьшает транспортные расходы в связи с доставкой низкоуглеродного биочара к объекту внесения. Предусматривается дисперсное внесение минеральных и органических отходов и низкоуглеродного биочара внутрь почвы в твердом дисперсном виде, жидком виде или виде пульпы в процессе внутрипочвенного фрезерования слоя почвы 20–50 см или внутрипочвенной импульсной континуально-дискретной фертигации. Будут созданы условия для последующей переработки низкоуглеродного биочара и других одновременно вносимых в почву отходов сапрофитами почвы, что улучшит физические, химиче-

ские и физико-химические свойства почвы и питание растений, позволит исключить опасное неконтролируемое золотое и гидрологическое распространение отходов, повысить ветеринарно-медицинское качество экосферы, улучшить здоровье и плодородие почвы.

Развитая искусственная геофизическая система агрегатов «почва – отходы» приоритетна для рециклинга отходов в питательные вещества для растений. Опасные соединения успешно трансформируются в элементы питания растений ввиду приоритетных условий развития для сапрофитов в развитой агрегатной почвенной экосистеме. Методы биогеосистемотехники в состоянии обеспечить гармоничное действие полимикробных биопленок в почве, координировать синтез и состояние органического вещества почвы, а также улучшить функцию гуминовых веществ.

Достигается медицинская и ветеринарная санитарная безопасность наземно-почвенных и водных экосистем, здоровье почвы.

Биогеосистемотехника в состоянии обеспечить управляемую гармоничную коэволюцию биосферы и техносферы, включая повышение плодородия и оздоровление почвы, усиление резистентности растений к фитопатогенам, повышение качества агроносферы и производимой продукции, опережающее мировой уровень технологическое развитие.

Список литературы

1. Добровольский, Г. В. Педосфера – как оболочка высокой концентрации и разнообразия жизни на планете Земля // VI съезд Общества почвоведов им. В. В. Докучаева, Всероссийская научная конференция с международным участием «Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования», Всероссийская молодёжная конференция «Знания о почве – развитию страны» 13–18 августа 2012 г. Петрозаводск. 2012.
2. Intra-Soil Milling for Stable Evolution and High Productivity of Kastanozem Soil / V. P. Kalinitchenko [et al.] // Processes 2021. – № 9. – P. 1302. <https://doi.org/10.3390/pr9081302>
3. Surface water and shallow groundwater interactions in semiarid agroecosystems of the western USA / C. Ochoa [et al.] // Geophysical Research Abstracts. 2014. – Vol. 16. EGU2014-3161.
4. Biogeosystem Technique Paradigm for the World Water Scarcity Surmounting. ACS Fall Meeting / V. Kalinitchenko [et al.] // San Francisco, 2020. Abstract ID: 3430076 <https://doi.org/10.1021/scimeetings.0c06991>
5. Chemical soil-biological engineering theoretical foundations, technical means, and technology for environmentally safe intra-soil waste recycling and long-term higher soil productivity / V. P. Kalinitchenko [et al.] // ACS Omega 2020. – № 5(28). – P. 17553–17564. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c02014>

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВЫ ОБМЕННЫМ КАЛИЕМ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

Р. А. Каменев

*Донской государственный аграрный университет,
п. Персиановский, Ростовская область, Россия*

Основой повышения урожайности кукурузы в настоящее время является решение вопроса рационального применения удобрений. Значительные прибавки зерна можно получить лишь при наличии в почве достаточного количества легкодоступных питательных веществ, о чем свидетельствует их вынос кукурузой на формирование основной и побочной продукции. Полученные многолетние данные свидетельствуют о необходимости совместного внесения с азотными удобрениями также фосфорных и калийных удобрений. В связи с этим появляется необходимость изучения оптимального соотношения и доз элементов минерального питания [2].

Третьим (не по значимости) макроэлементом в питании растения является калий. Основным критерием обеспеченности почвы калием является содержание его обменной формы. Для черноземов обыкновенных Ростовской области характерно высокая (400–600 мг/кг) и повышенная (300–400 мг/кг почвы) обеспеченность обменным калием по градации Мачигина. Вследствие этого применение калийных удобрений не оказывает существенного влияния на урожайность и качество полевых культур, даже при их внесении под так называемые калиелюбивые культуры, как подсолнечник или свёкла. Но практически полное отсутствие применения органических и калийных минеральных удобрений в земледелие Ростовской области обуславливает на протяжении трёх десятилетий стабильный отрицательных баланс этого макроэлемента в почвах региона. Это обуславливает появление земель сельскохозяйственного назначения со средней обеспеченностью почвы обменным калием (200–300 мг/кг), диагностируемых в 1%-й углеамонийной вытяжке Мачигина.

Поэтому целью наших исследований являлось установление эффективности применения минеральных удобрений при выращивании кукурузы на зерно на фоне средней обеспеченности почвы обменным калием в слое 0–40 см.

Полевые опыты проведены в 2015–2017 гг. в условиях Учебно-научного производственного комплекса Донского ГАУ в Октябрьском районе Ростовской области. Предшественник кукурузы – озимая пшеница. Повторность опыта – 4-кратная. Площадь делянки – 42 м², учётная – 22,0 м². Объектом исследования являлся гибрид кукурузы

Краснодарский 385 (среднеспелый). Оригинатор: ФГБНУ «Краснодарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. П. П. Лукьяненко». Почва – чернозем обыкновенный теплый коротко-временно промерзающий (североприазовский). Мощность гумусового горизонта (А+В) – 55–95 см. Чернозем обыкновенный сформировался на лессовидных желто-бурых глинах, поэтому имеет тяжелосуглинистый гранулометрический состав. Для этого типа почв характерно высокое содержание карбонатов в пахотном слое – до 2,5–4,0 %. В горизонте А содержание гумуса – 3,1–3,3 % [1].

Схема полевого опыта:

Применение минеральных удобрений при выращивании кукурузы на зерно: 1 вариант – контроль (без удобрений); 2–9 варианты – применение минеральных удобрений в дозах $N_{30}P_{40}$; $N_{60}P_{40}$; $N_{90}P_{40}$; $N_{60}P_{40}K_{40}$; $N_{30}P_{80}$; $N_{60}P_{80}$; $N_{90}P_{80}$; $N_{60}P_{80}K_{40}$.

При закладке опыта минеральные удобрения были представлены: аммофосом ($N_{12}P_{52}$), аммиачной селитрой ($N_{34,4}$), хлористым калием (K_2O_{65}), которые вносились вручную вразброс под первую культивацию с последующей заделкой в почву. Уборку урожая кукурузы на зерно проводили вручную поделяночно. Закладка опытов, проведение наблюдений и учётов в течение вегетации осуществляли согласно методикам опытов с удобрениями [3]. Определение обменного калия осуществляли согласно ГОСТ 26205-91 «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО».

Перед посевом кукурузы запас минерального азота в слое почвы 0–60 см в 2015 году составил 64,0 кг/га, в 2016 год – 62,5, в 2017 год – 89,5 кг/га. Исходное содержание подвижного фосфора в почве под кукурузой в разные годы существенно различалось: в 2015 г. перед посевом в слое 0–40 см содержалось 12,9 мг/кг почвы подвижного фосфора, в 2016 г. соответственно 14,8, а в 2017 г. – 22,1 мг/кг.

Перед посевом кукурузы содержание обменного калия на контрольном варианте в слое почвы 0–40 см варьировало в пределах от 280 мг/кг в 2015 г., 263 в 2017 г. и 217 мг/кг почвы в 2016 г. и соответствовало средней обеспеченности по градации Мачигина.

В разные годы динамика обменного калия в почве имела разнонаправленный характер. В 2015 г. снижение обеспеченности почвы обменным калием происходило от посева до самой уборки как на варианте без применения удобрений, так и на вариантах с удобрениями (табл. 1). Это, безусловно, объясняется потреблением обменного калия растениями кукурузы в течение всей вегетации.

Применение калийных удобрений в 2015 г. в дозе 40 кг/га в составе туковой смеси вразброс под сплошную культивацию к фазе 7–8 листьев не увеличивало содержание обменного калия в слое почвы 0–40 см. Наоборот, количество K_2O на этом варианте было достоверно меньше на 18 мг/кг почвы или на 7,3 %, чем содержание на контрольном варианте. Вероятно, использование полного минерального удобрения способство-

вало существенному увеличению потребления обменного калия не только из удобрений, но и из почвы.

Применение калийных удобрений в дозе 40 кг/га в составе смешанных удобрений весной под сплошную культивацию в 2016 и 2017 гг. к фазе 7–8 листьев способствовало математически достоверному увеличению содержанию обменного калия в слое почвы 0–40 см по сравнению с количеством на варианте без применения удобрений на 11 и 7 мг/кг почвы или на 5,6 и 2,8 % соответственно.

Таблица 1

Динамика обменного калия в слое почвы 0–40 см, мг/кг почвы

Варианты	Срок отбора				Среднее за вегетацию
	7–8 листьев	10–12 листьев	молочно-восковая спелость	уборка	
2015 г.					
Контроль	265	253	240	221	245
N ₃₀ P ₄₀	266	258	245	237	252
N ₆₀ P ₄₀	254	251	238	213	239
N ₉₀ P ₄₀	263	255	216	207	235
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	247	242	236	221	237
N ₆₀ P ₈₀	259	249	241	231	245
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	282	267	244	220	253
НСР ₀₅	5	4	2	3	3
2016 г.					
Контроль	198	163	129	159	162
N ₃₀ P ₄₀	171	142	148	177	160
N ₆₀ P ₄₀	171	161	137	161	158
N ₉₀ P ₄₀	171	139	134	165	152
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	209	161	157	189	179
N ₆₀ P ₈₀	206	150	140	169	166
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	206	174	170	174	181
НСР ₀₅	9	4	5	6	8
2017 г.					
Контроль	253	225	144	194	204
N ₃₀ P ₄₀	245	222	195	191	213
N ₆₀ P ₄₀	242	208	182	183	204
N ₉₀ P ₄₀	256	216	182	198	213
N ₆₀ P ₄₀ K ₄₀	260	238	188	189	219
N ₆₀ P ₈₀	249	214	192	204	215
Мизорин+ N ₃₀ P ₄₀	242	215	189	196	211
НСР ₀₅	6	2	7	4	4

В 2016 и 2017 гг. от фазы 7–8 листьев до фазы молочно-восковая спелость зерна в 40-сантиметровом слое почвы на всех вариантах опыта наблюдалось уменьшение содержания обменного калия. Это, по-видимому, можно объяснить следующими причинами. Уменьшением поглощения обменного калия растениями кукурузы к фазе полной спелости, а также, возможно, восстановлению равновесия между обменной и необменными формами калия в почве.

В среднем за 2015–2017 гг. количество K_2O обменного калия перед посевом кукурузы в 40-сантиметровом слое почвы составило 253 мг/кг почвы.

Применение калийных удобрений в дозе 40 кг/га вразброс под сплошную культивацию не оказало существенного влияния на количество обменного калия в слое почвы 0–40 см к 7–8 листьев растений кукурузы. Обеспеченность оставалась на уровне содержания обменного калия на контрольном варианте.

Благоприятные условия увлажнения в 2015 г. обусловили формирование наибольшей урожайности зерна кукурузы на контрольном варианте (без применения удобрений) – 3,51 т/га, существенно меньше в 2016 и 2017 гг. – 2,84 и 2,71 т/га соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность кукурузы на зерно, т/га

Варианты	2015 г.	Прибавка к контролю		2016 г.	Прибавка к контролю		2017 г.	Прибавка к контролю	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
Контроль	3,51	–	–	2,84	–	–	2,71	–	–
$N_{30}P_{40}$	4,83	1,32	37,6	3,33	0,49	17,2	3,05	0,34	12,5
$N_{60}P_{40}$	4,99	1,48	42,2	3,83	0,99	34,9	3,44	0,73	26,9
$N_{90}P_{40}$	5,06	1,55	44,2	4,22	1,38	48,6	3,81	1,10	40,6
$N_{60}P_{40}K_{40}$	5,94	2,43	69,2	4,56	1,72	60,7	4,10	1,39	51,3
$N_{30}P_{80}$	4,94	1,43	40,7	3,74	0,90	31,6	3,22	0,51	18,8
$N_{60}P_{80}$	5,06	1,55	44,2	4,16	1,32	46,3	3,80	1,09	40,2
$N_{90}P_{80}$	5,45	1,94	55,3	4,35	1,51	53,2	4,25	1,54	56,8
$N_{60}P_{80}K_{40}$	5,57	2,06	58,7	4,63	1,79	63,1	4,50	1,79	66,1
$НСР_{05}$		0,40			0,41			0,13	

Максимальная урожайность зерна кукурузы в 2015 г. была достигнута от применения полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{40}K_{40}$. Прибавка по сравнению с контрольным вариантом составила 2,43 т/га или 69,2 %, а по сравнению с азотно-фосфорными удобрениями в дозе $N_{60}P_{40}$ – 0,95 т/га, или 27,0 %. Таким образом, на фоне средней обеспеченности почвы обменным калием применение калийных удобрений в дозе 40 кг/га обусловило существенное увеличение урожайности.

Достоверный эффект от калийных удобрений получен и в 2016 году. Использование полного минерального удобрения в дозах $N_{60}P_{40}K_{40}$ и $N_{60}P_{80}K_{40}$ увеличивало урожайность зерна кукурузы по сравнению с контрольным вариантом практически одинаково – на 1,72–1,79 т/га, или на 60,7–63,1 %.

Максимальную урожайность зерна кукурузы в 2017 г., как и в предыдущие годы, обеспечило применение полного минерального удобрения. Но в этот год зафиксировано положительное влияние от повышения дозы фосфора с 40 до 80 кг/га. Прибавки по сравнению с вариантом без минеральных удобрений составили 1,39–1,79 т/га, или 51,3–66,1 %.

В среднем за 2015–2017 гг. урожайность зерна кукурузы на варианте без применения удобрений составила 3,02 т/га. Максимальное влияние на урожайность зерна кукурузы в среднем за 2015–2018 гг. оказало применение полного минерального удобрения в дозах $N_{60}P_{40}K_{40}$ и $N_{60}P_{80}K_{40}$. Увеличение урожайности по сравнению с контрольным вариантом составило 1,85–1,88 т/га.

Таким образом, анализ результатов урожайности зерна кукурузы от применения минеральных удобрений и содержания доступных элементов питания в почве, свидетельствует о существенном увеличении урожайности зерна кукурузы во все годы при улучшении калийного питания растений на средней обеспеченности почвы обменным калием в слое почвы 0–40 см, даже на фоне низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором.

Список литературы

1. Безуглова, О. С. Почвы Ростовской области / О. С. Безуглова, М. М. Хырхырова: учеб. пособие. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ. – 2008. – 352 с.
2. Иванова, З. А. Прирост сухого вещества и продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от удобрений / З. А. Иванова, Ф. Х. Нагудова // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 7. – С. 51–55.
3. Юдин, Ф. А. Методика агрохимических исследований / Ф. А. Юдин. – М.: Колос, 1980. – 366 с.

ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ НА ФОСФОРНЫЙ РЕЖИМ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО

Л. Н. Караулова

*Курский федеральный аграрный научный центр,
г. Курск, Россия*

К числу наиболее плодородных почв относятся чернозёмы, которые в Курской области занимают более 70 % площади. Особенностью черноземов считаются повышенные показатели плодородия, и способность почвенной экосистемы выдерживать регулярную эксплуатацию в течение десятилетий. Ценность земли как основного средства сельскохозяйственного производства определяется способностью обеспечить потребности культур необходимыми для них питательными веществами, среди которых важнейшее место принадлежит фосфору.

В почве фосфор встречается в форме органических и труднорастворимых неорганических соединений. Содержание фосфора в органических соединениях почвы достигает 25–85 % от его общего количества. Несмотря на высокое общее содержание фосфора, в почвах он преимущественно находится в малоподвижных формах. Даже фосфаты, что вносят в почву в виде удобрений, усваиваются растениями с низкой эффективностью. Доступность для растений фосфора в год внесения удобрений в почву составляет от 10 до 30 % [1, 2]. Большая часть фосфорных соединений в почве нерастворима и практически из нее не вымывается. Слабая растворимость фосфорсодержащих минеральных и органических соединений является основной причиной низкой доступности фосфатов почвы и удобрений растениям [3]. Известно, что при нейтральных значениях pH труднорастворимые соединения фосфора практически не растворяются. В черноземных почвах доступность существенно повышается со снижением pH и достигает максимальных значений при pH 6,0–6,3.

Целью работы являлся анализ факторов влияния на динамику подвижного фосфора в черноземе типичном в условиях склонового рельефа.

Материалы и методы. Источником информации являлись данные многолетнего многофакторного полевого опыта ФГБНУ «Курский ФАНЦ».

Исследования по изучению влияния факторов на динамику изменения подвижного фосфора проводили по данным 9 ротаций многофакторного полевого опыта (МФПО), расположенного на черноземных почвах. Многофакторный полевой опыт включает в себя важнейшие составляющие: элемент рельефа, севообороты, минеральные удобрения. Многофакторный полевой опыт расположен на склонах северной и южной экспозиции, между которыми располагается участок водораздельного плато. Уровни варьирования севооборота: зернопаропропашной севооборот

(ЗППС) включает 50 % зерновых, 25 % пропашных и 25 % пара; зерно-травянопропашной севооборот (ЗТПС) включает 50 % зерновых, 25 % пропашных и 25 % многолетних трав; зернотравяной (почвозащитный) севооборот (ЗТС) – удельный вес многолетних трав и зерновых культур по 50 %. Варианты опыта в 2-кратной повторности.

Минеральные удобрения изучаются в опыте на трех уровнях с равным шагом между дозами удобрений. Первый уровень – без минеральных удобрений; второй уровень – дозы минеральных удобрений, обеспечивающие возврат по севообороту вынос с урожаем фосфора на 80–90 %, азота и калия – на 30–40 %; третий уровень – внесение минеральных удобрений в дозах, обеспечивающих накопление в почве фосфора и почти уравновешенный баланс азота и калия.

Ротация севооборота заканчивается посевами озимой пшеницей. Завершение 1-й ротации – 1988 год, 2-й ротации – 1992 год, 3-й ротации – 1996 год, 4-й ротации – 2000 год, 5-й ротации – 2004 год, 6-й ротации – 2008 год, 7-й ротации – 2012 год, 8-й ротации – 2016 год, 9-й ротации – 2020 год.

Результаты и обсуждение. Наиболее высокое содержание фосфора отмечено в верхнем (пахотном) слое почв, что обуславливается, с одной стороны, распределением массы ежегодно отмирающих корней, с другой – внесением в пахотный слой почв минеральных удобрений. В результате указанных причин в верхнем горизонте содержание фосфора выше, чем в нижележащих горизонтах и материнской породе.

По результатам сплошного агрохимического обследования территорий ЦЧР, на протяжении девяти циклов было установлено, что содержание фосфора систематически незначительно увеличивалось [4, 5]. Повышение содержания подвижных фосфатов во времени фиксировалось агрохимической службой страны практически с первых циклов обследования сельскохозяйственных земель. Это можно объяснить, с одной стороны, перераспределением запасов фосфора из нижних горизонтов в пахотный слой при ежегодном оставлении в нем пожнивно-корневых остатков. С другой стороны, черноземные почвы изначально хорошо обеспечены подвижным фосфором, а внесение высоких доз минеральных удобрений в период 70–80-х годов привели к увеличению обеспеченности почв данным элементом.

Динамические изменения содержания подвижного фосфора в почвах многофакторного полевого опыта ФГБНУ «Курского ФАНЦ» представлены на рисунке 1.

Скорость увеличения содержания подвижного фосфора во многом зависит от расположения поля в рельефе. Из результатов наших исследований проведенных в многолетних опытах ФГБНУ «Курского ФАНЦ», увеличение содержания элемента в пахотном слое для водораздельного плато и склона южной экспозиции составляет 0,06–0,08 мг/100 г почвы в год, для склона северной экспозиции – 0,03 мг/100 г почвы в год.

Динамика фосфора зависит, прежде всего, от почвообразующей породы, генезиса почв и хозяйственной деятельности человека. В структуре участия факторов в варьировании показателя «содержание фосфора» на долю агротехнических факторов приходится 25 % и 75 % – на почвенные и климатические.

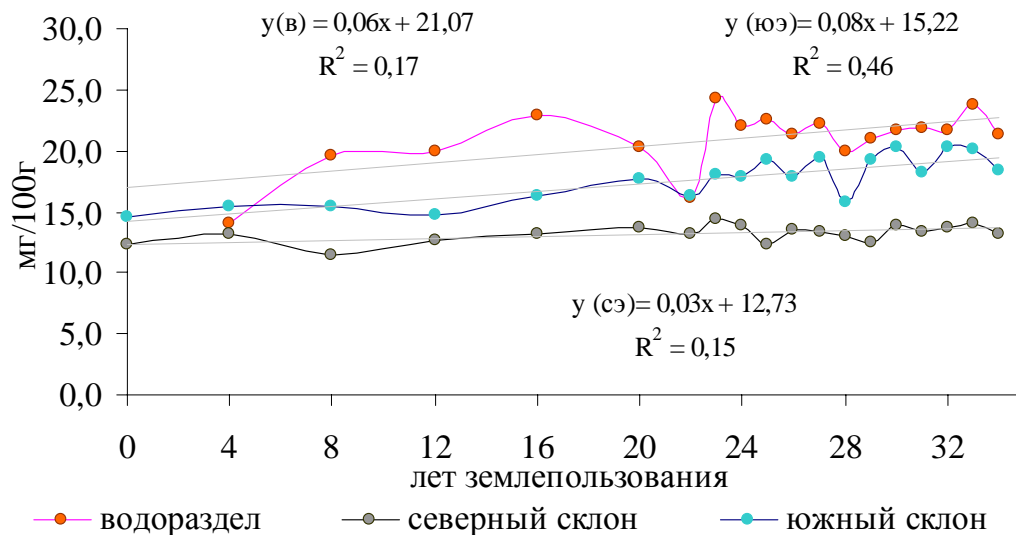


Рис. 1. Динамика содержания подвижного фосфора в пахотном слое чернозема типичного

Проведя оценку влияния агротехнических факторов, на содержание подвижного фосфора в пахотном слое чернозема типичного были установлены следующие взаимосвязи (табл. 1).

В варьировании содержания фосфора в пахотном слое чернозема, главное место отводится применению минеральных и органических удобрений, которые способствуют увеличению содержания различных форм элемента в почве.

Таблица 1

Доля вклада агротехнических факторов в варьирование показателя «содержания подвижного фосфора», %

Агротехнический фактор	Элемент рельефа		
	склон северной экспозиции (n = 489)	водораздельное плато (n = 305)	склон южной экспозиции (n = 341)
Севооборот	3,2	8,0	13,3
Органические удобрения	3,3	18,5	4,1
Минеральные удобрения	91,5	36,4	57,0
Обработка почвы	2,0	37,1	24,8
Кальциевые мелиоранты	0,0	–	0,8

Активно воздействует на изменение содержания в почве фосфора и приёмы основной обработки почвы. Как известно, обработка оказывает большое влияние на физико-механические свойства и микробиологическую активность почвы, имея прямое отношение к процессам минерализации органических веществ. В черноземах содержание фосфора довольно тесно коррелирует с содержанием гумуса до $r = 0,57$ (табл. 2).

Однако высвобождающийся из гумуса фосфор не компенсирует вынос с урожаем, поэтому самым радикальным методом повышения содержания фосфора в почве является внесение минеральных фосфорных удобрений, о чем свидетельствуют коэффициенты корреляции равные 0,52–0,72.

Около 60–70 % фосфора, от общего его содержания в черноземных почвах, представлены органическими соединениями, поэтому в хорошо гумусированных почвах содержание фосфора значительно выше.

Таблица 2

Коэффициенты парной корреляции между содержанием подвижного фосфора и климатическими и почвенными факторами (расчет по среднегрупповым)

Факторы	Элемент рельефа		
	склон северной экспозиции	водораздельное плато	склон южной экспозиции
Минеральные удобрения	0,72	0,52	0,61
Сумма активных температур	–0,26	0,31	–0,25
Коэффициент увлажнения	0,16	–0,58	0,30
Осадки годовые	0,08	–0,48	0,25
Количество осадков в период активной вегетации	–0,28	–0,33	0,10
Гидротермический коэффициент	–0,17	–0,48	0,19
Полный сток	0,09	–0,56	0,23
Промывной сток	0,09	–0,56	0,23
Валовое увлажнение, мм	0,07	–0,40	0,26
pH_{KCl}	–0,10	0,05	0,34
Содержание гумуса	0,36	0,57	–0,11
Баланс фосфора	0,24	0,56	0,47

Помимо содержания гумуса на фосфатный режим в значительной мере оказывают влияние и климатические условия, которые непосредственно влияют на интенсивность и направленность внутрипочвенных процессов.

Отличительной особенностью фосфора является их слабая водорастворимость, поэтому наличие в почве влаги оказывают непосредственное влияние на трансформацию фосфора и внутрипочвенные процессы. Ко-

эффиценты корреляции между содержанием подвижного фосфора и климатическими условиями по элементам рельефа колеблются в широких пределах, но показывают значимую взаимосвязь.

Выводы:

1. Во времени содержание фосфора в исследуемых почвах изменяется. Скорость увеличения содержания подвижного фосфора во многом зависит от расположения поля в рельефе. Увеличение содержания элемента в пахотном слое для водораздельного плато и склона южной экспозиции составляет 0,06–0,08 мг/100 г почвы в год, для склона северной экспозиции – 0,03 мг/100 г почвы в год.

2. На изменение содержания фосфора в пахотном слое почвы оказывает влияние содержание гумуса. Из результатов исследований следует, что при увеличении гумуса на 1 % содержание фосфора увеличивается на 6,8 мг/100 г почвы.

3. Варьирование показателя «содержания подвижного фосфора» объясняется на 16–26 % влиянием агротехнических факторов, и на 75–84 % действием климатических условий и режимов почв.

Список литературы

1. Фосфатное состояние почв склонового агроландшафта на юго-востоке Западной Сибири / Т. В. Нечаева [и др.] // Сборник научных трудов ГНБС. – 2019. – № 148. – С. 68–76.
2. Агроэкономическая эффективность фосфорных удобрений при возделывании культур полевого севооборота в зависимости от фосфатного уровня и кислотности дерново-подзолистой почвы / Р. Ф. Байбеков [и др.] // Земледелие. – 2019. – № 6. – С. 9–11.
3. Подвижные формы соединений фосфора и железа в черноземных почвах севера Тамбовской равнины / А. С. Никифорова [и др.] // Вестник Московского университета. – Сер. 17. – Почвоведение. – 2012. – № 2. – С. 41–53.
4. Хижняков, А. Н. Динамика изменения состояния плодородия пахотных почв Курской области за 50 лет / А. Н. Хижняков, Д. Н. Цыганков // Достижения науки и техники. – 2014. – № 10. – С. 11–13.
5. Хижняков, А. Н. Характеристика почв Курской области / А. Н. Хижняков // Комплексный подход как средство управления урожайностью и качеством сельскохозяйственной продукции: материалы семинара 14 марта 2018г. – Курск: БЦ «Гринн», 2018. – Выступление 8.
6. Завьялова, Н. Е. Агрохимический профиль дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы длительного стационарного опыта / Н. Е. Завьялова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 1. – С. 59–65.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕЧНОЗЕЛЁННЫХ ДЕРЕВЬЕВ В ЦЕЛЯХ РЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Т. Б. Кахраманова

*Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан*

Одним из главных приоритетных направлений в области охраны окружающей среды и рационального природопользования является разработка и внедрение усовершенствованных технологий, возрождения природы методом биоремедиации загрязненных земель.

Фиторемедиация – один из методов рекультивации загрязненных почв, который не требует проведения земляных работ или транспортировки почвы. Затраты на фиторемедиацию на несколько порядков меньше по сравнению с другими методами, то этой причине он считается экономически эффективным методом ремедиации загрязненных земель [1].

При очистке засоленных нефтезагрязненных почв необходимо учитывать специфику природных условий, которые влияют на эффективность проведения восстановительных мероприятий. Аридный климат территории, сильные ветры, засоление почв, высокая минерализация грунтовых и поверхностных вод.

В связи с этим актуальна разработка методов освоения нефтезагрязненных почв после окончания их эксплуатации НГДУ [2].

Полностью устойчивых к загрязнению видов растений нет. Существует лишь некоторый порог чувствительности растений к определенным концентрациям загрязнителя. При которых физиологические изменения не приводят к их гибели.

Объектом исследования была выбрана нефтезагрязненная территория НГДУ «Биби-Эйбат». Данная территория расположена на берегу Каспийского моря к югу от города Баку, выше уровня моря на 3–4 м. Рельеф участка равнинный и состоит из Бибиэйбатской впадины и Бакинской бухты. Поверхностная толща почвы представлена песчаными глинистыми прослойками. Подземные воды находятся на уровне Каспийского моря. Площадь нефтяного промысла составляет 817 га, территория промысла подвержена сильному техногенному воздействию. Территория без растительного покрова.

Для освоения нефтезагрязненных территорий нами в полевых условиях были заложены полевые опыты с искусственным загрязнением сырой нефтью от 1–4 %. Плотность нефти составляет 0,8775 г/см³ [3]. Смешанная с сырой нефтью чистая (суглинистая и супесчаная) почва засыпалась в полиэтиленовые мешки, помещенные в ямы 40 × 40 + 60 см, для изоляции от прилегающей сильно засоленной территории. Были высажены саженцы парковых культур: кипарис и Эльдарская сосна. Эльдарская сосна является реликтовым эндемиком в Азербайджане. Тем не

менее на второй год саженцы сосны засохли. Кипарис развивался удовлетворительно. Вместо Эльдарской сосны были посажены саженцы Тамарикса.

В начале вегетации под корни растений была внесена аммофоска 30 г. Производились регулярные поливы и замер роста растений (табл. 1).

Таблица 1

Рост растений за вегетационный период 2020–2021 гг.

Кипарис				Тамарикс		
2020 г.						
№	Варианты опытов	Рост растений, см	Прирост за год, см	Варианты опытов	Рост растений, см	Прирост за год, см
1	Контроль – чистая почва	150	10	Контроль – чистая почва	170	15
2	1 % загрязнения нефтью	172	7	1 % загрязнения нефтью	120	10
3	2 % загрязнения нефтью	–	–	2 % загрязнения нефтью	150	10
4	3 % загрязнения нефтью	99	9	3 % загрязнения нефтью	138	13
5	4 % загрязнения нефтью	141	5	4 % загрязнения нефтью	169	12
2021 г.						
1	Контроль – чистая почва	170	6	Контроль – чистая почва	178	7
2	1 % загрязнения нефтью	182	4	1 % загрязнения нефтью	167	4
3	2 % загрязнения нефтью	–	–	2 % загрязнения нефтью	199	3
4	3 % загрязнения нефтью	143	8	3 % загрязнения нефтью	188	6
5	4 % загрязнения нефтью	157	5	4 % загрязнения нефтью	178	6

Как видно из данных, приведенных в таблице, рост и развитие растений протекает нормально, при соответствующих агротехнических приёмах.

На протяжении вегетационного периода 2020 года (в связи с карантином) поливы производились не регулярно, что сказалось на незначительном приросте растений, для кипариса прирост составил 5–10 см, для Тамарикса 10–15 см. За вегетационный период 2021 года прирост кипариса составил 4–8 см, Тамарикса – 3–7 см.

Список литературы

1. Копчик, Г. Н. Проблемы и перспективы фиторемедиации почв, загрязненных тяжёлыми металлами / Г. Н. Копчик // Почвоведение. – 2014. – № 6. – С. 1113–1130.
2. Исследование экологической обстановки в нефтедобывающих территориях, градация загрязнения и диагностики нефтезагрязненных грунтов / К. С. Гасанов [и др.] // Kimya problemləri. – 2009 – №1. – С. 13–26.
3. Ашумов, Т. Г. Азербайджанские нефти / Т. Г. Ашумов. – Баку, 1962. – 553 с.

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ ТЕМНО-СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ИГЛИНСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

А. А. Киселева, Н. Г. Курмашева, И. Г. Асылбаев

*Башкирский государственный аграрный университет,
г. Уфа, Россия*

Введение. Подтип темно-серых лесных почв широко используется в сельском хозяйстве. В связи с этим значительно возрастает антропогенная нагрузка, что негативно сказывается на плодородии почв и снижает урожайность сельскохозяйственных культур. В статье представлены результаты почвенных обследований, проведенных в 2017 г. специалистами Башкирского ГАУ. Проведенные обследования дают представление о современном агрохимическом и морфологическом состоянии темно-серых лесных почв. Эти почвы занимают 22856,9 га, или 20 % от общей площади сельскохозяйственных угодий района.

Материалы и методы исследования. Исследования проводились на территории Иглинского района Республики Башкортостан. Согласно физико-географическому районированию Иглинский район относится к северной лесостепной зоне, которая относится к Приморскому увалисто-предгорному агропочвенному району [1] (рис. 1).

Почвенные обследования проводились согласно «Общесоюзной инструкции по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований». Образцы отбирались по генетическим горизонтам на землях различного сельскохозяйственного назначения (пашня, сенокос, пастбище, залежь). Анализы проводились по следующим показателям: гумус – по Тюрину, подвижный фосфор и обменный калий – по Чирикову, рН солевой вытяжки, агрофизические свойства – общепринятыми методами [2].

Результаты и их обсуждение. Темно-серые лесные почвы на обследуемой территории встречаются мелкими и крупными массивами, развитые на выровненных пониженных элементах рельефа. Почвы сформировались в однотипных условиях, почвообразующими породами послужили делювиальные бес- и карбонатные глины, элювий известняков и плотных пород [3].

По данным полевых и лабораторных результатов, на обследуемой территории выделены следующие почвенные разновидности:

- 1) темно-серая лесная;
- 2) темно-серая лесная слабосмытая;
- 3) темно-серая лесная среднесмытая;
- 4) темно-серая лесная сильносмытая;

- 5) темно-серая лесная остаточно-карбонатная слабощебнистая слабосмытая;
- 6) темно-серая лесная остаточно-карбонатная слабощебнистая сильносмытая;
- 7) темно-серая лесная остаточно-карбонатная среднещебнистая среднесмытая;
- 8) темно-серая лесная слабогалечниковатая;
- 9) темно-серая лесная слабогалечниковая слабосмытая;
- 10) темно-серая лесная слабосмытая староорошаемая;
- 11) темно-серая лесная слабощебнистая среднесмытая.

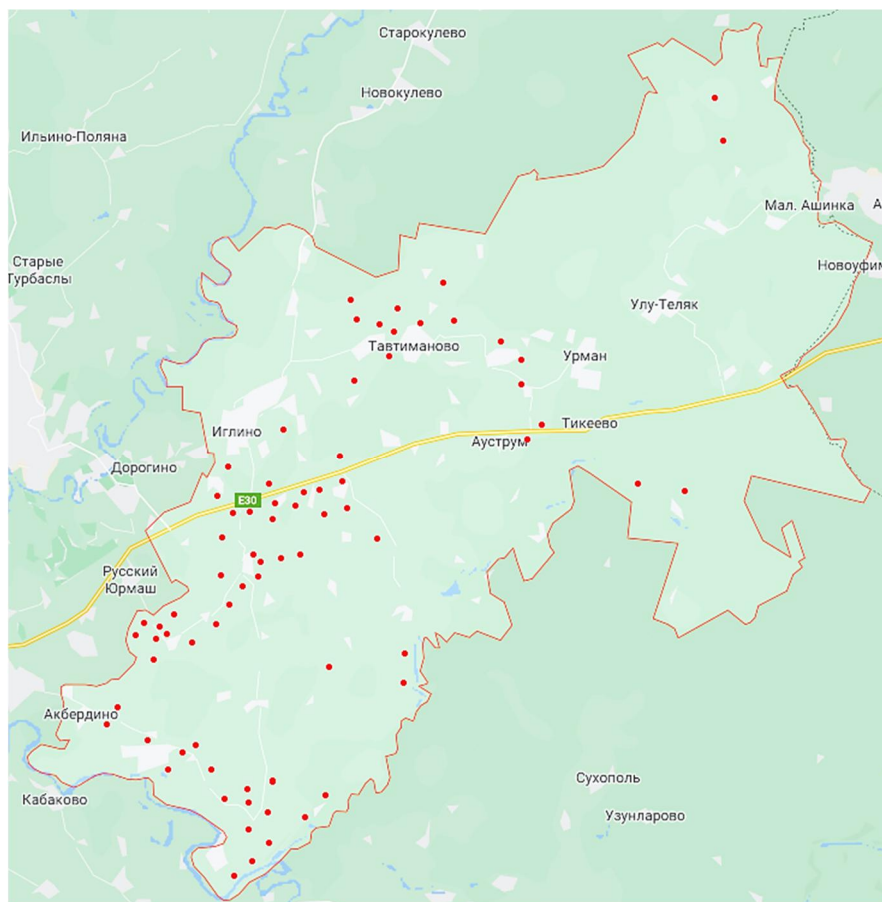


Рис. 1. Места заложения почвенных разрезов на территории Иглинского района Республики Башкортостан

Морфологические свойства. В пределах обследуемой территории темно-серые лесные почвы сформировались на платообразных вершинах, слабо- и пологих, покатых и крутых склонах. Различия в почвенных разновидностях определяются в мощности гумусового-аккумулятивного горизонта, которая варьирует от 19 см в темно-серой лесной среднесмытой до 62 см в темно-серой лесной, в среднем этот показатель по всем разновидностям составляет 44 см. Во всех темно-серых лесных почвах вскипание с поверхности от 10 % НС1 не выявлено. В образцах, в которых почвообразующей породой являются делювиальные карбонатные тяжелые суглинки, легкие глины, глины обнаружено вскипание в горизонтах ВЕL

и ВТ (иллювиальные). Верхние горизонты имеют зернисто-комковатую структуру, в нижних – ореховато-призматическую. По профилю цвет изменяется от темно-серого до светло-бурого, бурого. Сложение профиля уплотненное или слабо уплотненное, гумусные подтеки, лакировка, кротовины встречаются редко.

Агрохимические свойства. Среднемощные почвы характеризуются среднекислой реакцией среды в гумусно-аккумулятивных горизонтах. В глубину она снижается до сильнокислой. В среднем реакция среды составляет 5,0.

По содержанию гумуса почвы относятся к слабогумусным, малогумусным и среднегумусным (от 1,2 до 7,8 %). Вниз по профилю содержание гумуса снижается постепенно, в среднегумусных почвах на глубине 60 см составляет 2,5 %. В среднем содержание гумуса в почвенном профиле составляет 3,8 %.

Содержание подвижного фосфора в почвах в пахотном горизонте варьирует от очень низкого до повышенного (от 17 до 208 мг/кг). В темно-серой лесной остаточно-карбонатной слабощебнистой слабосмытой содержание подвижного фосфора 17 мг/кг, т. е. обеспеченность очень низкая. В среднем содержание подвижного фосфора в почвенном профиле составляет 74,3 мг/кг.

Содержание обменного калия варьирует от 60 до 188 мг/кг, от среднего до повышенного. В среднем содержание обменного калия в почвенном профиле составляет 97,7 мг/кг.

Выводы. В результате почвенного обследования выявлено формирование сложной структуры почвенного покрова с многочисленными разновидностями почв, характеризующимися большим разнообразием и отличительными особенностями свойств, определяющих их плодородие. На морфологические характеристики, мощность, гранулометрический состав, степень гумусированности и эродированности повлияли особенности мезо- и макрорельефа.

Список литературы

1. Киселева, А. А. Оцифровка и корректировка почвенных карт Иглинского района Республики Башкортостан / А. А. Киселева, Н. Г. Курмашева, И. Г. Асылбаев // в сборнике: Почвы Урала и Поволжья: экология и плодородие: материалы междунар. науч.-практ. конф. почвоведов, агрохимиков и земледельцев, посвящ. 90-летию почвоведения на Урале. – Уфа, 2021. – С. 70–77.

2. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований. – М.: Колос. – 1973. – 96 с.

3. Почвы Иглинского района Республики Башкортостан и их использование. – 1995 г. – 117 с.

ЖЕЛЕЗИСТО-МАРГАНЦЕВЫЕ КОНКРЕЦИИ В ПОЧВАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ПЕРЕУВЛАЖНЕНИЯ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДРЕНАЖА

И. В. Ковалев, Н. О. Ковалева

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

Введение. Индикатором интенсивности почвенных процессов, индуцируемых временным переувлажнением и сменой окислительно-восстановительных обстановок, служат железисто-марганцевые конкреции (ортштейны). Познание механизма элементарного почвообразовательного процесса конкрециообразования невозможно без выяснения свойств содержащегося в новообразованиях органического вещества. Высвобождение некоторых органических соединений и биофильных элементов из биогеохимического круговорота осуществляется различными путями, в том числе и путем конкрециообразования. Генезису ортштейнов посвящена обширная литература и обсуждается два типа механизмов ортштейнообразования: 1) хемогенный и 2) прямой или опосредованный биогенный. Предпочтение отдается биогенному пути образования конкреций. Но исследований, содержащих данные о качественном и количественном составе органических компонентов, в частности лигнина [1], а также биофильных элементов (C, N, P, S), в конкреционных новообразованиях при неизменном водном режиме, а также в условиях осушения явно недостаточно.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования послужили почвы Коломенского ополья (Ступинский район, Московская обл.) [1, 2, 3]: 1) светло-серая лесная глубокооуглеенная ($A_p - E - EB - B_1 - B_2 - B_3 - BC - C_{\text{карб.,g}}'''$); 2) светло-серая лесная глееватая ($A_{p, fs, g}' - EB_{fs, g}' - B_{1g}' - B_{2g}'' - B_{3g}''' - BC_g'''$); 3) светло-серая лесная глееватая осушенная ($A_{p, fs, g} - EB_{fs, g}' - B_{1g}' - B_{2g}'' - B_{3g}'' - BC_{g}''$). Все исследованные почвы сформированы на близких или тождественных по гранулометрическому составу породах – крупнопылевато-иловатом покровном суглинке, и расположены на современной пашне. Для определения содержания и химического состава ортштейнов в первой декаде августа отбирали смешанные образцы почвы весом около 2 кг из слоя 0–10 см. Для смешанного образца отбирали мелкозем из 30 точек пробоотбора в шести повторностях. На осушенных светло-серых лесных глееватых почвах отбор проб осуществлялся по линии междренного расстояния. Выделенные из почвы, отмытые дистиллированной водой и высушенные на воздухе конкреции, отделяли от скелетных включений под лупой. Фракционирование ортштейнов осуществлялось через сита диаметром 1, 2 и 3 мм.

Основные методы. Для определения количественного содержания структурных фрагментов лигнина (VSC) использовали метод мягкого

щелочного гидролиза органического вещества оксидом меди в азотной среде с последующим использованием хроматографии тонкого слоя и газового хроматографического разделения. Процедура мягкого окисления позволяет получить простые продукты деградации лигнина, которые сохраняют важнейшие химические свойства структурных единиц исходного полимера [1]. Определение углерода, азота, серы выполнено на элементном CNS-анализаторе (VARIO EL, Elementar GmbH, Hanau). Определение валового содержания железа, марганца, кальция в конкрециях и почве выполнялось по методикам, приведенным в руководстве по химическому анализу почв. Изотопный состав углерода был измерен на масс-спектрометре Thermo-Finnigan Delta V Plus IRMS и элементном анализаторе Thermo Flash 1112. При обработке результатов использована статистика малых выборок.

Результаты и их обсуждение. Общее содержание и формы железисто-марганцевых конкреций в гумусовых горизонтах данных почв отражают степень гидроморфизма последних: их количество минимально в автоморфной почве – 0,2 г на 100 г почвы и максимально в наиболее влажной глееватой почве – 2,1 г на 100 г почвы. При этом в почвах с естественным увлажнением независимо от влажности года и характера использования содержание конкреций остается близким или тождественным на протяжении 30 лет. При нарастании степени гидроморфизма меняется и фракционный состав ортштейнов – увеличивается содержание фракции 3–5 мм – с 2 до 15 %; уменьшается содержание фракции 1–2 мм – с 78 до 47 %. Цвет новообразований меняется от темно-серого до бурого, форма – от округлой до вытянутой овальной.

Аналогичные закономерности наблюдаются и в распределении биогфильных элементов в ортштейнах во все годы наблюдений. Содержание углерода и азота во всех фракциях конкреций выше в гумусовых горизонтах гидроморфных почв по сравнению с автоморфными независимо от обеспеченности года осадками. С увеличением размера фракций ортштейнов уменьшается содержание в них органического углерода и азота во всех исследованных разностях почв во все годы исследований. Поэтому сужается и величина отношения C:N. Накопление углерода и азота в мелких фракциях связано с участием микроорганизмов на начальных стадиях в процессе образования конкреций. Содержание органического вещества в конкрециях в целом в 1,5 раза ниже, чем в мелкоземной гидроморфной и автоморфной почв. Во всех исследованных разностях почв коэффициенты концентрирования углерода и азота меньше 1 (K_c – коэффициент концентрирования – отношение абсолютного содержания элемента в конкреции к его содержанию в горизонте). Подобный факт уменьшения величин K_c для углерода в конкрециях почв можно считать его доказательством подчиненной роли биогенного фактора в формировании конкреций. Биогенный механизм ортштейнообразования можно считать преобладающим в кислой среде при низком содержании Fe в рас-

творе, т. е. в условиях, когда конкуренция со стороны химического механизма синтеза сводится к минимуму.

Во всех исследуемых почвах преимущественная аккумуляция фосфора приходится на долю новообразований: в ортштейнах фосфорсодержащих соединений в 3–4 раза больше, чем в почве (145–205 мг/100 г по сравнению с 51–81 мг/100 г). При этом, в основном, это минеральный фосфор. Обращает на себя внимание факт накопления фосфора в почвах и, особенно, в новообразованиях при заболачивании: 5 мг/100 г в автоморфной почве и 25–33 мг/100 г – в гидроморфных разностях [2]. Отношение C:N:S в этих фракциях составляет 48:3:1, можно заключить, что сера в ортштейнах преимущественно микробиологического происхождения. Это подтверждают и прямые наблюдения численности микроорганизмов [4]. С увеличением степени гидроморфизма в конкрециях уменьшается количество бактерий, как следствие, уменьшается и содержание серы.

Наши данные свидетельствуют о присутствии лигнина в небольших количествах (коэффициент концентрирования значительно ниже 1), но во всех фракциях конкреций как из автоморфной, так и из гидроморфных почв [1]. С увеличением размера новообразований количество лигнина в них уменьшается. По-видимому, отмерший растительный материал, выступающий в роли матрицы для микроорганизмов и центром кристаллизации железа и марганца, с течением времени минерализуется. Молекулы гумусовых кислот Fe-Mn-конкреций имеют в два раза большую ароматичность по сравнению с гумусовыми кислотами почв. Однако, и количество карбоксильных структур в гуминовых кислотах ортштейнов в два раза выше, чем в гумусе почв. Важно подчеркнуть, композиционные соотношения лигниновых фенолов остаются близкими как в почвах, так и в ортштейнах. При этом отношение синрингилов к ванилинам (гваяцилам) имеет значение, близкое к единице, что свойственно тканям березы. Впервые показано, что возраст ортштейнов светло-серых лесных почв, сформированных на покровных бескарбонатных лёссовидных тяжелосуглинистых почвообразующих породах, превышает 1600 тыс. лет. Можно предположить, что гуминовые кислоты в своем молекулярном строении хранят память об иных типах гумификации (лесном). В то же время, изотопный состав углерода разных фракций обнаруживает в них остатки современных видов растений ($26,3\text{--}27,4 \delta^{13}\text{C}$, ‰) и подтверждает роль лигнина в формировании ортштейнов с одной стороны и характеризует приемлемые условия (влажно и тепло) произрастания растений, в том числе и березы, с другой [2].

Осушение, вызывая эволюцию физических и химических свойств и режимов серых лесных глееватых почв, оказало воздействие на трансформацию водного и окислительно-восстановительного режимов [3], что повлияло также на содержание и состав ортштейнов этих почв. Исследование изменений состава конкреционных новообразований осушенных светло-серых глееватых почв проводилось в годы разной обеспеченности

осадками (в динамике) по отношению к первому году действия дренажной системы, т. е. в одних и тех же точках в течение 30 лет.

Осушение усиливает микробиологическую деятельность не только в почвах [4], но и ортштейнах, что подтверждается увеличением количества грибной и бактериальной биомассы в Fe-Mn конкрециях, и содержания в них диэфиров микробного происхождения с 1 до 3 % и диэфиров микробного и растительного происхождения с 2 до 6 % (увеличение площади пиков диэфиров [2], а также увеличением содержания серы на фоне значимого уменьшения количества азота (N, %) и углерода (C, %)), отношения C/N не только по отношению к контролю, но и, что важно, по отношению к первым годам последствия дренажа (отбор образцов осуществлялся в одних и тех же точках во все годы исследования), а также снижением общей массы самих ортштейнов. Интересно отметить, что наибольшие изменения в содержании ортштейнов в динамике по годам начинаются на 5-й год последствия дренажа, затем идет стабилизация их количества. Можно предположить, что в это время условия конкрециообразования адекватны новому гидрологическому режиму осушенных серых лесных почв [3].

Начиная с 2009 г., наблюдается увеличение содержания конкреционных новообразований в связи с выходом дренажных систем из строя в результате заиливания. Отметим, что снижение эффективности работы дренажа (заиливание) адекватно фиксируется по скачкообразному переходу в содержании ортштейнов и по составу биофильных элементов в них. Под влиянием разных видов дренажа в динамике по годам относительно первого года последствия дренажа биокинетические параметры минерализуемого пула органического вещества ортштейнов, такие как микробная биомасса, зависят от влажности года. Однако базальное дыхание и дыхательный коэффициент показывают однозначное уменьшение относительно первого года действия дренажа [4]. Как результат, мы наблюдаем трансформацию и такого, казалось бы, устойчивого соединения, как лигнин, в железисто-марганцевых конкрециях (ортштейнах). По отношению к первым годам последствия дренажа (1989–92 гг.) в ортштейнах произошло значимое уменьшение содержания продуктов окисления лигнина по всем фракциям. Но при этом, отмечается нарастание степени окисленности биополимера в ортштейнах всех фракций. Происходит перераспределение кислот и альдегидов в ортштейнах, и значимо увеличивается величина отношения ванилиновые кислоты к ванилину, сиреневые кислоты к сирингиловым альдегидам [2]. В целом, содержание продуктов окисления лигнина по всем фракциям значимо уменьшилось ($P = 0,99$) [2]. Интересно заметить, что на 14-й год последствия дренажа наблюдается тенденция снижения величин отношения VSC/N в крупных фракциях как отражение процессов накопления метаболического углерода в лигнине. Степень трансформации молекул лигнина в ортштейнах по отношению к исходной растительной ткани (T, %) в мелких фракциях остается неизменной в разные годы наблюдений так же, как и величина отношения лигнин/к азоту. В то же время в крупных фрак-

циях (3–5 мм) значение Т (%) увеличилось более чем в 2 раза по отношению к первым годам последствия дренажа [2].

С помощью метода ^{13}C ЯМР-спектроскопии, также показана разрушительная трансформация молекул гуминовых кислот органоминеральных комплексов ортштейнов под действием дренажа. Итак, в ортштейнах крупных фракций преобладает интенсивная минерализация лигнина, и наблюдается более быстрый распад сложных структур до мономеров. Облегчение изотопного состава органического углерода (с $-26,45$ до $-27,16$ $\delta^{13}\text{C}$, ‰) крупных фракций конкреций в осушенных почвах подтверждает наибольшую трансформацию крупных конкреционных новообразований. Под влиянием осушения в период эффективной работы дренажа (1989–1996 гг.) не только утяжеляется изотопный состав в крупных фракциях, но и в мелких, что говорит о выраженном трансформационном процессе во всех фракциях конкреций. В то же время, как морфологические свойства осушенных почв, так и значения коэффициента заболоченности (Кз) не отражают четко этих изменений. Значения Fe/Mn (Кз) остаются близкими и на 8-й год последствия дренажа. Показано, что высокая корреляция между содержанием органического углерода в ортштейнах светло-серых полугидроморфных почв и морфологическими свойствами, водным режимом и продуктивностью растений позволяет рекомендовать значения содержания углерода в ортштейнах в качестве диагностического критерия степени гидроморфизма почв с естественным увлажнением.

Таким образом, железисто-марганцевые конкреции аккумулируют не только железо и марганец, но и биофильные элементы, а также лигнин, изымая их из биологического круговорота. Расчеты запасов биофильных элементов в ортштейнах почв начальных стадий гидроморфизма позволяют изменить мнение о малой роли конкрециеобразования в накоплении биофильных элементов. Осушение почв с переменным окислительно-восстановительным режимом способствует замыканию биогеохимических циклов, высвобождая элементы из новообразований по мере деградации осушаемых почв.

Исследования выполнены в рамках госзаданий МГУ: №121040800146-3 и №117031410017-4.

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. Органофосфаты в почвах периодического переувлажнения (по данным ^{31}P ЯМР-спектроскопии) / И. В. Ковалев, Н. О. Ковалева // Почвоведение – 2011. – № 1. – С. 24–30.
3. Kovalev, I. V. Drained soils as an analogue of a large-area lysimeter / I. V. Kovalev // Moscow University Soil Science Bulletin. – 2021. – Vol. 76, № 3. – P. 138–147.
4. Оценка биогенности и биоактивности агросерых глееватых неосушенных и осушенных почв / И. В. Ковалев [и др.] // Почвоведение. – 2021. – № 7. – С. 827–837.

ЭВОЛЮЦИЯ ПОЧВ ПОЛЕСИЙ РУССКОЙ РАВНИНЫ В ГОЛОЦЕНЕ

Н. О. Ковалева, И. В. Ковалев

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

Пояс низменных равнин, сложенных водно-ледниковыми и ледниковыми породами и называемых полесьями, протянулся через всю территорию Русской равнины от Польши до Предуралья полосой шириной в 150–250 км. Пояс в целом заключен в пределах орографического коридора между Смоленско-Московской возвышенностью на севере и Среднерусской и Приволжской возвышенностями на юге [1]. В его западной части расположено Припятско-Деснянское полесье, в центральной – Мещера и Верхне-Волжская равнина, в восточной – цепь низин лесного Поволжья, Поветлужья и Вятско-Камского региона. Основой ландшафтного яруса полесий служат полесские низины высотой от 60 до 160 м над уровнем моря. Над полесскими низинами возвышаются ландшафты ополей высотой от 80 до 240 м над уровнем моря.

На территории полесий различают 4 типа разновозрастных ландшафтов: пойменные, террасные, моренно-зандровые и предполесские [2]. Считается, что в строении четвертичной толщи преобладают водноледниковые и ледниковые породы, связанные с древними оледенениями Русской равнины. В эпоху максимального (днепровского) оледенения ледник распространялся на все полесья и оставил в них горизонт валунных суглинков донной морены. При отступании днепровского ледника полесские низины покрывались тальми ледниковыми водами и заполнялись песчаными наносами. С московским оледенением связаны весьма значительные изменения в рельефе полесских низин и формирование вторых надпойменных террас, а также отложения песчаных толщ. Во время валдайского оледенения формировался аллювий первых надпойменных террас рек полесий, а полесские низины унаследовали многочисленные озера и болота. Дочетвертичные меловые карбонатные отложения подстилают четвертичные породы и оказывают влияние на ландшафт в тех участках полесий, где залегают близко от поверхности.

В голоцене эволюция полесских ландшафтов определялась изменениями климата и сопровождалась поднятием-опусканием уровня грунтовых вод вслед за изменением гидрологического режима рек.

Существенное влияние на эволюцию сложных комплексных ландшафтов полесий на протяжении плейстоцена-голоцена оказывал человек, поселения которого приурочены к поймам рек. Все этапы эволюции ландшафтов, включая антропогенный период, «записаны» в архивах песчано-почвенных толщ полесий, расшифровка которых с помощью высо-

котехнологичных методов, например, тонкой биохимии или изотопной геохимии, пока находится лишь в самом начале пути.

Объектами исследования стали дневные и погребенные подзолы Неруссо-Жеренского полесья (археологического комплекса Жерено и Деснянско-Жеренского заказника) в пределах Припятско-Деснянских аллювиально-зандровых низин, стратоземы и фоновые почвы террас Десны (археологический комплекс Кветунь, Соборная гора), Национального парка «Мещера» и геoarхеологического памятника «Дмитровская слобода» у юго-восточного края Мещерской низменности, а также археологического комплекса «Дмитровский Кремль» в Яхромско-Дубнинской ложбине стока ледниковых вод в пределах Мещерского полесья.

Расположенный на низком берегу Десны курганный комплекс неолитической стоянки Жерено приурочен к Неруссо-Жеренскому полесью. Буровой скважиной вскрыт курган некрополя в пойменном ландшафте на берегу озера Большое Жерено, и фоновым разрезом – подзол в сосновом бору Деснянско-Жеренского заказника на первой надпойменной террасе Десны. В зоне серых лесных почв моренно-зандрового ландшафта изучен Кветуньский курганный комплекс вблизи детинца городища Старый Трубчевск (VIII–XII вв.) [13, 14]. Буровой скважиной вскрыт курган некрополя, а также заложен фоновый разрез серой лесной почвы на второй террасе реки Десны в предполесском ландшафте.

В Московской области разрезы и археологические раскопы заложены на вершине и на склоне средневекового крепостного вала Дмитровского Кремля (стратоземы серо-гумусовые), в днище рва у основания вала (темногумусовая глеевая типичная почва), а также на территории археологического комплекса у внутренней части вала (стратозем темногумусовый на погребенном подзоле). Экспедицией Института археологии РАН на территории Дмитровского кремля в 2001–2003 и 2004–2012 гг. исследовано славянское поселение в пределах Дмитровского городища (середина X века) и датирован сохранившийся земляной вал серединой XII — конца XIII веков, что согласуется с летописным упоминанием об основании крепости Юрием Долгоруким [3]. Полевое обследование ландшафтов и почвенного покрова территории музея-заповедника обнаружило, что весь комплекс Дмитровского кремля построен на первой террасе Старой Яхромы, подходившей к стенам крепости до строительства канала имени Москвы. Строительство последнего углубило базис эрозии реки Яхромы и способствовало осушению некогда заболоченных ландшафтов притеррасной поймы вблизи крепостных стен. Изначально ров шириной 15–30 м вдоль крепостного вала с юго-западной стороны детинца был приурочен к притеррасному понижению, что способствовало его естественному заполнению водой. С северной и восточной стороны городище было окружено непроходимыми болотами, и это являлось естественной защитой Кремля. Фоновый разрез представлен дерново-подзолистой супесчаной почвой второй-третьей террасы древнеозерного расширения долины реки Яхромы.

Городище Дмитровская слобода во Владимирской области в районе г. Муром приурочено к среднему течению р. Оки. На территории археологических памятников исследованы разрезы аллювиальных пойменных почв и стратоземов на погребенной почве (разрезы №1, 2) (руководитель комплексной экспедиции – А. Л. Александровский), содержащие материал культурных слоев. Исследованные разрезы заложены в пойме и на 2-й и 1-й террасах Оки, сложенных аллювием микулинского времени (2-я надпойменная терраса) и аллювием мологосексинского возраста (1-я надпойменная терраса).

Методы исследования включали морфологический анализ почв, определение актуальной почвенной кислотности потенциметрически стеклянным электродом, содержание карбонатов волюметрическим методом. Определение углерода, азота, серы выполнено на элементном CNS-анализаторе (VARIO EL, Elementar GmbH, Hanau). Все определения выполнены в трехкратной повторности. Определение группового состава соединений фосфора проводилось по методу Саундерса-Вильямса, при этом фосфор, экстрагируемый из исходного образца 1н H₂SO₄, относили к неорганическому, а фосфор, экстрагируемый 1н H₂SO₄ из образца после прокаливания (при 500° в течение 2 ч) – к общему; органический фосфор выявлялся по разности. Изотопный состав углерода и азота органического вещества дневных и погребенных почв, культурных слоев археологических памятников был измерен на масс-спектрометре Thermo-Finnigan Delta V Plus IRMS, датировки почв выполнены радиоуглеродным методом.

По результатам анализа морфологических свойств, характеристик органического вещества, изотопного состава изученных почв выявлены этапы эволюции почв и ландшафтов полесий в голоцене. При этом этапы педогенеза сопровождаются развитием культур: бронзового, железного и средних веков.

Начало голоценового почвообразования в Неруссо-Деснянском заказнике обнаруживает погребенная почва интерстадиала Бёллинг (возраст 12930±170 лет, Ki-17413), которая вскрыта в ландшафте предполесья. Исследуемая палеопочва носит деформированный криогенезом характер, не имеет пространственной выраженности и выделяется в линзах гумусированного суглинистого материала в толще песчаных ортзандовых прослоек. Она имеет профиль Vca b-BCsa, fe b-Gb. Горизонт Vb содержит повышенное количество гумуса (0,7 %) и общего фосфора (409,7 мг/кг P₂O₅). Почва имеет высокие значения магнитной восприимчивости.

Длительный сначала умеренно холодный и влажный, а затем все более теплый и сухой период стабилизации поверхности, понижения уровня грунтовых вод, ослабления процессов седиментогенеза, активного почвообразования и заселения речных долин человеком диагностируется в атлантический период голоцена – VI-VII тыс. лет назад. Средние значения δ¹³C в периоды бытования и развития культуры эпохи энеолита составляет – 25,8 ‰. Описанная аллювиальная луговая почва в результате последующей активизации паводкового и аллювиального процессов была пе-

рекрыта бурым пролювием (результат овражной эрозии), а также озерными глинами с пониженными величинами изотопного отношения ($-25,9\text{‰}$), фиксирующими усиление увлажнения климата, активизацию эрозионных процессов и паводковых явлений в поймах Оки и Десны на рубеже культур энеолита и бронзы. В подобных условиях повышения уровня грунтовых вод, балки были обводнены, реки усиленно меандрировали.

В Даниловской слободе $\delta^{13}\text{C}$ в погребенных горизонтах конца бронзового века (3500 лет) составляет $-25,5 - -25,2\text{‰}$. В Жерено значения $\delta^{13}\text{C}$ периода начала бронзового века равны $-27,4\text{‰}$ и соответствуют распространению древесной и луговой растительности С-3 типа фотосинтеза. Палинологические спектры, полученные для погребенных под курганами почв неолитической стоянки Большое Жерено, подтверждают существование лесной растительности в районе памятника: в палеолите и, видимо, позднее в состав лесных сообществ входили деревья из родов *Carpinus* (граб), *Larix* (лиственница), *Fagus* (бук) и *Duschekia (Alnaster)* (ольха), а среди кустарников встречалась *Betula nana* (карликовая березка) [2].

Пришедший на смену влажному эпизоду железный век и римское потепление характеризуется более засушливым периодом климатической истории региона ($-25,1\text{‰}$), нежели эпоха бронзы. Из-за повышенной сухости чаще возникали пожары, леса не возобновлялись, на выгоревших пространствах усиливалась плоскостная эрозия почв. Уровень грунтовых вод в ландшафтах Дмитровского, Даниловского и Кветуньского городищ был понижен, окружающие их болота высохли, так как русло рек удалялось от городищ.

Эпоха железного века, судя по изотопным отношениям в пределах $-25,16 - -25,56\text{‰}$ в раскопе Даниловской слободы, была длительным умеренно-сухим периодом расцвета городища вплоть до VII–VIII в. н. э. На водораздельных пространствах по мере их обсыхания сформировались черноземно-луговые почвы в предполесском ландшафте Подесенья (2180 ± 60 лет, Ki-17415) на Брянщине.

Эпоха повышенного увлажнения в начале исторического времени (VII–VIII в. н. э) привела, по-видимому, к значительному подъему уровня воды в реках и отложению аллювия на высоких террасах, что следует из величин $\delta^{13}\text{C}$ $-26,16\text{‰}$ – на третьей террасе реки Ока в горизонте, возраст которого 1200 лет и который перекрывает погребенную под ним почву. Гумидный эпизод стал причиной изменения облика ландшафтов и смены археологических культур в насыпях геоархеологических памятников. Озеро Большое Жерено, по-видимому, подтопило курганный могильник, фиксируется перерыв в существовании некрополя.

В культурных слоях и погребенных горизонтах средневекового возраста изотопные отношения обнаруживают самые сухие климатические условия как для Мещеры ($-24,39 - -25,26\text{‰}$), так и для Подесенья и ($-25,29\text{‰}$), и являются индикатором господства травяных экосистем в первых двух случаях. Это малый климатический оптимум историческо-

го времени и начало активного преобразования человеком окружающих ландшафтов, сопровождавшегося вырубкой деревьев в пределах речных пойм и распашкой территории.

Горизонты почв, сформированные в последующий малый ледниковый период (XVII–XIX вв., 330 ± 80 , $101 \pm 1,5$ лет) имеют значения отношения изотопов, превышающие таковые в современных верхних горизонтах $-26,58$ ‰ – в Подесенье, в разрезе рва Дмитровского Кремля $-25,25$ ‰, в подсыпке вала – $-22,28$ ‰; $-25,46$ ‰ – в почвах Мещеры. Малый ледниковый период, исходя из величин $\delta^{13}\text{C}$, типичных для травяных ассоциаций, характеризуется иссушением климата на всей исследуемой территории и, возможно, это связано с интенсификацией хозяйственной деятельностью человека, а именно с распашкой почв и повсеместной вырубкой лесов в речных долинах. Понижение уровня грунтовых вод и начавшийся оксидогенез способствует формированию ортзандовых, иллювиально-железистых и иллювиально-гумусовых горизонтов в минеральном профиле подзолов, особенно на границе капиллярной каймы грунтовых вод.

Таким образом, ритмы увлажнения-иссушения климата чередовались во времени, сопровождаясь повышением-понижением уровня грунтовой воды. Вслед за динамикой гидрологических режимов исследованных территорий торфяно-глеевые почвы низких пойм эволюционировали в дерново-подзолы и альфегумусовые подзолы моренно-зандровых равнин, либо в черноземно-луговые и темно-серые лесные почвы надпойменных террас. Вероятно, что в эпохи повышенного увлажнения и подъема уровня воды в реках, жизнь городищ становилась невозможной вплоть до полного уничтожения детинцев, и культуры сменяли друг друга.

Список литературы

1. Николаев, В. А. Парагенезис полесий-ополей Центральной России / В. А. Николаев // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. – № 5. – 2013. – С. 45–50.
2. Евстигнеев, О. И. Неруссо-Деснянское полесье: история природопользования / О. И. Евстигнеев. – Брянск, 2009. – 139 с.
3. Гольева А. А. Почвенные исследования средневековых валов Дмитрова, Ярославля и Ростиславля // Археология Подмосковья: материалы научного семинара. Выпуск 5. – М: Институт археологии РАН. 2009. – С. 72–89.

ВЛИЯНИЕ ШТАБЕЛЕЙ ПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВЫ

Н. Н. Костюченко¹, А. А. Волчек²

¹*Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси*

²*УО «Брестский государственный технический университет»,
г. Брест, Беларусь*

В настоящее время актуальной проблемой является оптимизация сельскохозяйственного землепользования и сохранение его экологического состояния. Наряду с негативными процессами, такими как сокращение общей площади сельскохозяйственных угодий, увеличение отрицательного баланса гумуса на пашне, происходит загрязнение почв органическими и неорганическими токсикантами, что приводит к необратимым процессам химической деградации земель, оказывая негативное воздействие на качественные показатели сельскохозяйственной продукции [1].

Поллютанты, содержащиеся в органических отходах животноводческих комплексов, для хранения которых зачастую используют площади пахотных земель, неблагоприятно влияют на агроландшафты. Накапливаясь в почве, они поступают в сельскохозяйственные растения. Наиболее подвижными и небезопасными для организма человека и животных являются соединения азота. Высокая концентрация фосфорных соединений в почве ухудшает питание растений, снижая поступление в них калия, железа, цинка, меди и других элементов, усиливает токсичность почвы. Имеются данные о том, что фосфор повышает восприимчивость растительных клеток к возбудителям инфекции, а именно, к растительным вирусам [2]. Чрезмерное калийное питание также затрудняет поглощение растениями микроэлементов, что приводит к задержке роста, деформации листьев и в итоге – к снижению урожайности и качества сельскохозяйственных культур.

Создание полевых навозохранилищ допускается в тех случаях, когда это экономически целесообразно. При таком способе хранения выбирают высокое сухое место, укладывая навоз на торф или солому слоем 20–30 см [3]. Информации о влиянии такого способа хранения навоза на накопление химических веществ в почве на сегодняшний день недостаточно, что затрудняет разработку приемов экологически устойчивого сельскохозяйственного землепользования. Кроме того, отсутствуют рекомендации по использованию таких участков для выращивания культур после удаления навоза с мест складирования.

Исследования химического состава почвы при хранении на ней подстилочного навоза крупного рогатого скота (КРС) проводились на территории ОАО «Племзавод Мухавец» Брестского района. Размеры штабеля: 127×9×1,5 м. Время хранения навоза – 8–12 месяцев. Уклон местности рассчитан с помощью топографической карты масштаба 1:50000 и со-

ставляет 0,21°. Карты уточнены спутниковым снимком (<https://eos.com>). Почва сельхозугодий – дерново-подзолистая песчаная.

Отбор проб проводили трижды: весной, летом и осенью 2021 года на различном расстоянии от места складирования навоза: 1 м, 5 м, 25 м с пахотного (0–25 см) и подпахотного (25–40 см) горизонтов.

Анализ почвенных образцов осуществляли по общепринятым методикам: массовая доля азота аммония – ГОСТ 26489-85, массовая доля азота нитратов – ГОСТ 26488-85, подвижные формы фосфора и калия – ГОСТ 26207-91.

Данные химического анализа показали, что максимальные концентрации азота (аммонийного, нитратного), подвижных соединений фосфора и калия зафиксированы в весенний период на расстоянии 1 м от штабеля со значительным преобладанием большинства из них в пахотном слое почвы (табл. 1). Так, максимальная концентрация азота аммонийного в пахотном слое почвы составила 6,52 мг/кг, что в 10 раз превышало ориентировочно допустимую концентрацию (0,65 мг/кг) [4]. В подпахотном слое его количество было в 1,4 раза ниже. Содержание азота нитратного в пахотном горизонте находилось на уровне 119,6 мг/кг и не превышало установленную норму (130 мг/кг) [5]. В подпахотном горизонте значение данного показателя было в 5,8 раз меньше и составило 20,6 мг/кг. Запасы фосфора в почвенном слое 0–25 см достигали значения 369,5 мг/кг и оценивались как высокие [6]. На глубине 25–40 см их количество оказалось ниже в 7,8 раза. Содержание калия в пахотном и подпахотном горизонтах было очень высоким [6] – 1510,0 и 777,0 мг/кг соответственно.

Таблица 1

Содержание азота, подвижных соединений фосфора и калия в дерново-подзолистой почве при складировании навоза на поле

Расстояние от штабеля	Глубина отбора, см	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O
		мг/кг			
Весна					
1 м	0–25	6,52	119,6	369,5	1510,0
	25–40	4,58	20,6	47,2	777,0
5 м	0–25	4,89	4,7	173,7	234,0
	25–40	3,34	2,2	53,4	121,5
Лето					
1 м	0–25	нпо	16,6	302,1	792,0
	25–40	нпо	5,2	27,7	605,0
5 м	0–25	нпо	13,8	128,9	191,5
	25–40	нпо	5,0	42,0	139,0
25 м	0–25	нпо	13,1	91,9	160,0
	25–40	нпо	2,8	23,4	38,5
Осень					
1 м	0–25	нпо	7,9	268,1	685,0
	25–40	нпо	нпо	38,8	206,5
5 м	0–25	нпо	20,5	91,6	116,5
	25–40	нпо	нпо	нпо	54,5
25 м	0–25	нпо	24,7	91,2	144,0
	25–40	нпо	нпо	35,0	90,0

Примечание: нпо – ниже предела обнаружения прибора.

В почве, отобранной на расстоянии 5 м от места складирования навоза, концентрации химических веществ оказались значительно ниже, чем в непосредственной близости от него. При этом установлено резкое снижение количества нитратов: в 25,5 раза в пахотном и в 9,4 раза в подпахотном слое; и незначительное – азота аммонийного: в 1,3 раза в пахотном и в 1,4 раза в подпахотном слое. Содержание калия и фосфора по профилю почвы уменьшилось в среднем в 6,5 раза и в 2,1 раза соответственно.

В период с мая по июль наблюдалась тенденция к снижению содержания изучаемых показателей. На расстоянии 1 м от штабеля в пахотном слое почвы количество азота аммонийного оказалось ниже предела обнаружения, азота нитратного – снизилось в 7,2 раза и составило 16,6 мг/кг, фосфора – уменьшилось в 1,2 раза и находилось на уровне 302,1 мг/кг, калия – снизилось в 1,9 раза и оказалось равным 792,0 мг/кг. Несмотря на то, что наблюдалось уменьшение концентраций фосфора и калия в почве в исследуемый период, их значения оставались на уровне высокого и очень высокого содержания. В подпахотном слое почвы в течение мая–июля также произошло уменьшение количества азота, фосфора и калия – в 1,3–3,9 раза. Максимальное снижение значений содержания как в подпахотном, так и в пахотном слоях отмечено для азота нитратного. Установлено также, что нитраты, обладая высокой вымываемостью в песчаных почвах, в подпахотный горизонт поступали в небольшом количестве. Если в пахотном слое почвы в мае их концентрация составила 119,6 мг/кг, то в подпахотном – 20,6 мг/кг (т.е. в 5,8 раза меньше). В июле разница в содержании нитратов между слоями почвы сократилась в 3,2 раза. Возможно, это связано с уклоном местности, а также активным потреблением азота растениями в период их роста и развития.

На расстоянии 5 м от места складирования навоза в течение мая–июля содержание фосфора и калия по профилю почвы продолжало снижаться, а азота нитратного – увеличиваться. Количество нитратов в пахотном горизонте почвы по истечении двух месяцев возросло в 2,9 раза, в подпахотном – в 2,3 раза и составило 13,8 и 5,0 мг/кг соответственно. Уменьшение концентраций фосфора и калия в пахотном слое почвы до 128,9 и 191,5 мг/кг привело к снижению уровня содержания этих соединений от повышенного к среднему.

На расстоянии 25 м от места хранения навоза значения количества азота и калия в пахотном горизонте почвы незначительно отличались от данных, полученных на расстоянии 5 м от штабеля, и находились в следующих пределах: азот аммонийный – ниже предела обнаружения, азот нитратный – 13,1–13,8 мг/кг, калий – 191,5 и 160,0 мг/кг. Содержание фосфора в почве на расстоянии 25 м составляло 91,9 мг/кг и оценивалось как низкое, а в 5 м от штабеля – 128,9 мг/кг и соответствовало среднему уровню. В подпахотном слое концентрация вышеуказанных соединений в 5 м от места складирования оказалась в 1,7–3,6 раз больше, чем в 25 м (за исключением азота аммонийного, значение которого находилось ниже предела обнаружения).

В последующие два месяца – с июля по сентябрь – изменение количества исследуемых показателей происходило аналогично предыдущему периоду, лишь концентрация азота нитратного в подпахотном слое

уменьшилась, в отличие от пахотного, и оказалась ниже предела обнаружения. Данные, полученные на расстоянии 5 м и 25 м от штабеля в пахотном слое, отличались незначительно.

В целом, за исследуемый период времени, в пахотном слое дерново-подзолистой почвы содержание азота нитратного на расстоянии 1 м от места складирования навоза уменьшилось в 15,2 раз и в конце исследований составило 7,9 мг/кг, а в 5 м – возросло в 4,4 раза и оказалось на уровне 20,5 мг/кг. При этом концентрация нитратов находилась в пределах допустимого уровня. Количество фосфора и калия уменьшалось по профилю почвы как с течением времени, так и с увеличением расстояния от штабеля: фосфора – на расстоянии 1 м от штабеля в слое почвы 0–25 см – в 1,4 раза, а на расстоянии 5 м – в 1,9 раза; и калия – на расстоянии 1–5 м – в среднем в 2,1 раза. Снижение концентраций данных соединений в почве на расстоянии 1 м от места складирования навоза не сопровождалось изменением уровня их содержания в пахотном слое и в течение всего периода исследований оценивалось как высокое у фосфора, и очень высокое у калия. В то же время на расстоянии 5 м вместе со снижением концентраций происходило также изменение уровня их содержания: у фосфора от повышенного к низкому, у калия – от повышенного к среднему. В 25 м от штабеля количество фосфора было низким, а калия – средним. Наиболее выраженная и устойчивая разница в значениях между пахотным и подпахотным горизонтами почвы зафиксирована для фосфора: в 7,8 раз весной, в 10,9 раз летом, в 6,9 раз осенью, что согласуется с литературными данными и объясняется медленной миграцией данного элемента из пахотного в нижележащие слои.

Для предотвращения отрицательного воздействия высоких концентраций азота, фосфора, калия на рост и развитие растений не следует засеивать почвенные участки ближе 1 м до места хранения навоза КРС. Участки легких минеральных почв можно включать в сельскохозяйственное производство по истечении 2–3 лет после удаления навоза и проведения контрольных исследований их химического состава.

Список литературы

1. Варламов, А. А. Земельный кадастр: в 6 т. Т 4. Оценка земель / А. А. Варламов. – М.: КолосС, 2006. – 463 с.
2. Экотоксикологическая оценка повышенного содержания фосфора в почвогрунте по тест-реакциям растений на разных стадиях развития / В. А. Терехова [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. – 2009. – № 3. – С.21–26.
3. Шаршунов, В. А. Органические удобрения из отходов животноводства и птицеводства / В. А. Шаршунов. – Минск: Мисанта, 2021. – 370 с.
4. Гигиенический норматив. Ориентировочно допустимая концентрация азота аммонийного в землях (включая почвы) для всех категорий земель. – Введ. 04.01.2014. – Минск: Мин-во здравоохранения РБ, 2014. – 1 с.
5. Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве. Приложение 3. – Введ. 25.04.2004. – Минск: Мин-во здравоохранения РБ, 2004. – 6 с.
6. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: методические указания. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 40 с.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ РАСТЕНИЙ НА ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕПНЫХ ПОЧВ ПРИ АРИДИЗАЦИИ КЛИМАТА

И. Ю. Кудреватых, П. И. Калинин, А. О. Алексеев

*Институт физико-химических и биологических проблем
почвоведения РАН, г. Пушкино, Россия*

Введение. Данные о климатических колебаниях среднегодовой температуры за последние 2000 лет наглядно продемонстрировали, что происходящее сейчас потепление климата по темпам и масштабам изменений не имеет аналогов в предыдущие периоды нашей эры [1]. Почвы степных районов представляют собой довольно консервативные образования. Отмечено, что в течение голоцена климатические изменения не приводили напрямую к смене типов или подтипов почв [2]. За исключением антропогенного воздействия и связанного с ним опустынивания, изменение климата может повлиять на свойства степных почв только через смену растительности. Влияние растений на свойства почвы порождает неоднородность биогеохимических закономерностей и процессов в различных пространственных масштабах. Следовательно, понимание последствий изменения структуры наземной растительности становится важной задачей, которая позволит ответить на вопрос о механизме влияния потепления климата на свойства степных почв.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования были выбраны настоящие, пустынные и опустыненные степи (16 участков) на водосборах с минимальным антропогенным воздействием. Тип почвы изучаемой территории изменялся с севера на юг от Endosalic Kastanozems и Endosalic Calcisols до Luvic Calcisols. Среднегодовое количество осадков (MAP) уменьшается с севера на юг и колеблется от 160 до 450 мм, а среднегодовая температура (MAT), наоборот, увеличивается, изменяясь от 5 до 10°C [3]. Индекс засушливости климата де Мортонна (IDM) для изучаемой территории составил 10–25.

Методика отбора проб растений и почвы показана на рисунке 1. В полученных пробах растений ($n = 478$) и почвы ($n = 149$) измеряли концентрацию Ca, K, Al, S, Mg, P, Cl, Fe, Ti, Zn, Mn, Cr, Sr, Ba и Rb методом рентгено-флуоресцентного анализа с помощью настольного WD-XRF кристалл-дифракционного сканирующего спектрометра «СПЕКТРОСКАН МАКС – GV» (Россия). В почве дополнительно определяли гранулометрический состав, pH, содержание карбонатов (CO_3Ca), почвенный органический углерод ($\text{C}_{\text{орг}}$), содержание катионов и анионов стандартными методами [4].

С помощью метода Монте-Карло был проведен расчет поступления химических элементов с растениями в верхние слои почв, который состоял

из 3 блоков. Блок 1. Расчет извлечения элементов корневыми системами растений из почвы и атмосферы ассимилирующими органами с последующим накоплением их в ежегодно продуцируемом органическом веществе; Блок 2. Расчет возврата элементов на поверхность почвы и в почву в виде мертвых растительных остатков; Блок 3. Расчет высвобождения элементов в процессе разложения растительных остатков.

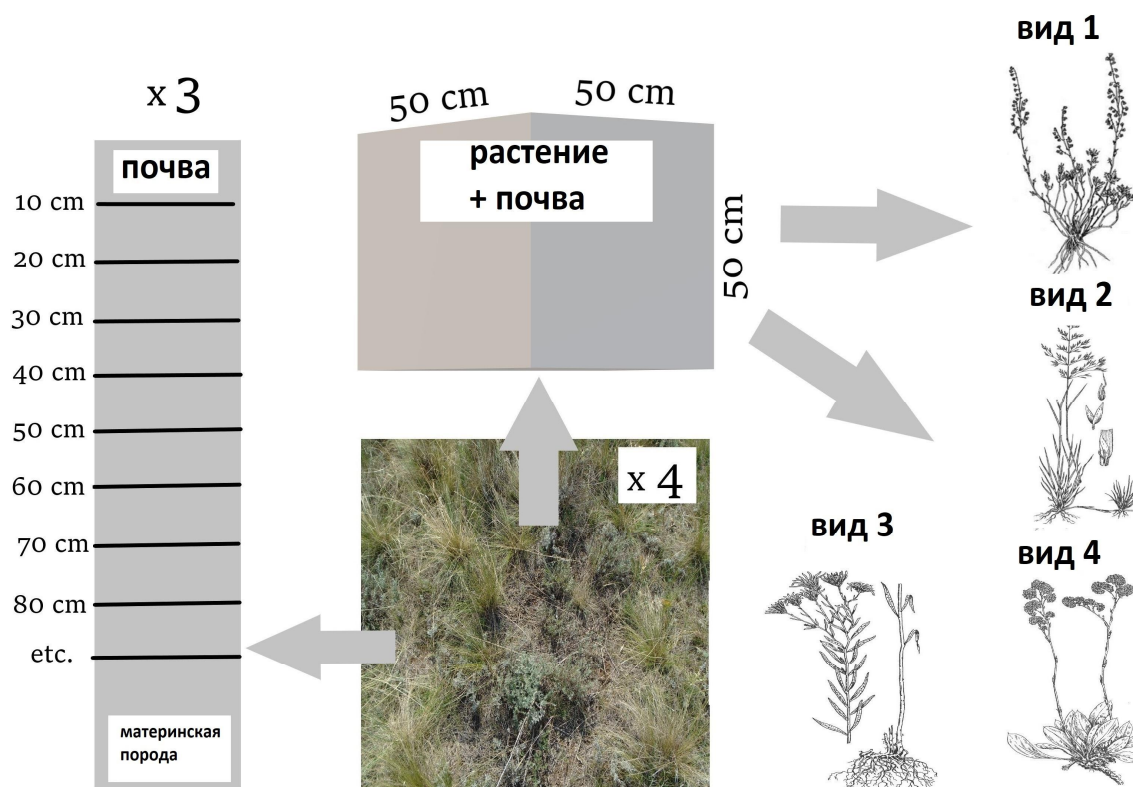


Рис. 1. Схема отбора растительных и почвенных проб

Для выявления качественного перехода поступления элементов с растительностью в верхние слои почв в зависимости от климатических параметров исследованные участки делили на группы с разной частотой изменения климатического параметра, а достоверность различия каждой группы оценивали однофакторным дисперсионным (ANOVA) и апостериорным (критерий Тьюки) анализами.

Результаты. Растения. На изученной территории было выявлено 6 семейств, к которым принадлежало большинство изученных растений. Выявлено, что в северных настоящих степях в биомассе преобладают растения семейства Poaceae. При переходе от северных степей к разнотравным отмечается увеличение биомассы растений семейств Compositae, Caryophyllaceae, Umbelliferae и Asteraceae. Южнее при переходе в более сухие пустынные степи в биомассе преобладали растения семейств Asteraceae и Amaranthaceae.

Химический состав изученных растений варьировал в зависимости от принадлежности к семейству и составной части. Выявлено, что в корнях Poaceae наиболее высокое содержание Mn, Fe, Al, Ti, Ba и Zn, в то время как в верхней части содержание этих элементов близко со значени-

ями растений других изученных семейств. В растениях сухих степей (семейства Cruciferae, Asteraceae и Plumbaginaceae) выше содержание (особенно в корнях) Ca, Sr, Br, S, K и P. Характерной особенностью химического состава растений семейства Asteraceae является высокое содержание как в верхней, так и в нижней части Rb.

Расчет поступления химических элементов с растениями в верхние слои почв методом Монте-Карло показал, что значения этого показателя для всех изученных элементов были выше в настоящих степях по сравнению с таковым в сухих и засушливых. Для настоящих степей с вероятностью 50–75 % рассчитанные значения для Zn, Fe, Mn, Ca, K, Al, S, Mg, P, Sr, Br, Ba, Rb и Ti составили 1,0–5,3, 88–290, 12–59, 420–1363, 850–2150, 139–781, 232–490, 200–400, 80–370, 5,5–10, 2,4–2,8, 2,0–6,9, 1,4–3,3 и 21–39 соответственно. Для сухих степей, имеющих близкое к нормальному распределение, с вероятностью 75 % рассчитанные значения Zn, Fe, Mn, Ca, K, Al, S, Mg, P, Sr, Br, Ba, Rb и Ti соответствуют диапазону 2,7–5,3, 245–290, 32,0–59,3, 1055–1363, 1453–2170, 491–781, 421–595, 287–400, 187–370, 7,9–10, 2,4–2,8, 4,4–6,9, 1,9–3,3 и 29,2–39,4 соответственно.

С помощью однофакторного дисперсионного и апостериорного анализов были получены закономерности вариации каждого климатического параметра, при котором наблюдались достоверные различия между группами в поступлении химических элементов с растениями в верхние слои почв. Выявлено, что при увеличении МАТ (аридизация) происходит увеличение поступления P, S, Rb, K и Ca с растениями в верхние слои почв и «шаг» 2 градуса лучше всего (достоверные различия) отражает различия между группами. Со снижением MAP коррелирует увеличение поступлением P, Rb, K и Ca с растениями в верхние слои почвы, при этом достоверные различия между исследованными группами выявлены при «шаге» в 100 мм. Однако лучше качественный переход в поступлении элементов с растениями в почву отражает IDM, при увеличении его значения на каждые 5 единиц выявлено качественное увеличение поступления в почву с растениями Br, Ca, K, Mg, P, Sr, Mn и S.

Почва. При исследовании было выявлено, что в профиле почв настоящих степей содержание глины достигало 44 %, а в сухих и засушливых степях этот показатель снижается в 2 раза. В каштановых почвах содержание $C_{орг}$ в среднем в 3 раза выше, чем таковое в бурых полупустынных. Исследования pH почв выявило, что в изученных типах степей почва имела слабощелочную реакцию и среда значительно не различался между изученными типами степей. Распределение $CaCO_3$ в профиле почв показало увеличение на глубине 40–80 см для всех изученных участков, но наиболее высокие величины этого показателя характерны для настоящих степей. В гумусо-аккумулятивных горизонтах его содержание значительно ниже и не значительно различается в разных типах степей. В верхних горизонтах почв выявлены не значительные различия в содержании катионов и анионов между почвами разного вида степей, что подтвердило отсутствие засоления в верхних горизонтах изученных почв.

Изучено распределение в профиле почв химических элементов, на которые может влиять химический состав растений, изменяющийся под воздействием климатических параметров. Показано, что Ca, Mg, Sr и S в профиле изученных почв распределяются по элювиальному типу (максимум в нижних горизонтах), а K, P, Mn и Rb – по аккумулятивному типу распределения (максимум в верхних горизонтах). Миграция Ca, Mg, Sr, S в почвах степей, по большей части, связана с поведением солей. В связи с тем, что соли являются легкорастворимыми соединениями, миграция этих элементов подвержена значительным вариациям в верхней части профиля. При увеличении среднего уровня MAP эти элементы выщелачиваются в нижнюю часть профиля, где накапливаются на испарительном барьере. При уменьшении среднего уровня MAP и кратковременном промачивании, растворы, обогащенные этими элементами, подтягиваются в верхние горизонты почв и осаждаются на испарительном барьере, уменьшая тем самым глубину карбонатного и солевых горизонтов. Из-за этого рециклинга достаточно трудно установить влияние биогенной мобилизации в накоплении Ca, Mg и Sr, так как этот процесс менее масштабный по сравнению с испарительной концентрацией. Сера ведет себя схожим образом, однако она залегает глубже солей и карбонатов в современных почвах. Поэтому ее аккумуляция в верхних 10 см почвы может быть связана с ее биогенной мобилизацией в корнях местной растительности, а также накоплению с опадом.

К элементам аккумулятивного типа накопления относятся K, P, Mn и Rb. Накопление K в верхних горизонтах может быть связано с накоплением иллита и калиевых полевых шпатов при выветривании. K важный биофильный элемент, поэтому увеличение его содержания в верхних 20 см также может способствовать его активной мобилизации местной растительностью. Не смотря на щелочные условия, в более влажные периоды в прикорневой зоне идет химическое выветривание силикатов и формирование доступного растению калия, который закрепляется в корневых системах и не выносится в растворах вниз по профилю. Как правило, Mn содержится в почвах виде оксидов и гидроксидов. В каштановых и бурых полупустынных почвах редко формируются железо-марганцевые конкреции, однако марганцевые примазки характерны для гумусовых горизонтов и для лёсса в целом. Кроме того, растения могут усваивать доступный Mn и подтягивать в верхние горизонты почв. Накопление Rb в верхних горизонтах может быть связано с его фиксацией в глинистых минералах после разрушения первичных силикатов. Другим возможным механизмом является накопление в результате остаточной концентрации в устойчивом к выветриванию калиево-полевых шпатов, мусковите и иллите, тогда как другие минералы (например, биотит) разрушаются. Отмеченное накопление Rb растениями может происходить из-за процесса осолонцевания, когда илистая фракция мигрирует вниз по профилю. В этом случае в верхних 10 см идет уменьшение глины и снижение сорбционного потенциала, что дает возможность для закрепления его местной растительностью. Фосфор

является одним из главных биофильных элементов, поэтому стоит ожидать его аккумуляции в верхних горизонтах. Но второй пик на глубине 30–80 см связан с солями. Минеральные соединения фосфора содержатся в почвах в виде солей кальция и магния и накапливаются в карбонатных горизонтах. Поэтому распределение фосфора в каштановых почвах в значительной степени схоже с распределением Са.

Таким образом, при аридизации в степной зоне происходит смена растительных семейств в ряду злаковая → злаково-разнотравная → злаково-полынная → полынно-злаковая → полынно-маревая ассоциация. В этом ряду уменьшается биомасса и биопродуктивность степных ландшафтов, но происходит увеличение накопление химических элементов, связанных с солями: Са, Mg, Na, S, Sr. Можно говорить, что аридизация климата приводит не только к уменьшению продуктивности ландшафтов и развития таких деградационных процессов, как эрозия и опустынивание, но и к смене их биогеохимических свойств. Аккумуляция аридными видами узкого спектра химических элементов (Са, К, S, Cl) ассоциирующихся с солями, ведет к дальнейшей деградации почвенного покрова и снижению его устойчивости. Снижение уровня атмосферных осадков приводит к засолению средней части почвенного профиля, а биогенная миграция катионов и анионов солей увеличивает еще выше их накопление в гумусовых горизонтах. Мобилизация таких элементов приводит к развитию ряда деградационных процессов, например, засоления и осолонцевания.

Список литературы

1. Consistent multidecadal variability in global temperature reconstructions and simulations over the Common Era / R. Neukom [et al.]. – Nat Geosci. – 2019. – Is.12. – P. 643–649.
2. Climate Dynamics and the History of Soil Formation in the Steppe Zone of Eastern Europe in the Holocene / A. V. Borisov [et al.] // Paleontological Journal. – 2020. – Vol. 54. – Iss. 8. – P. 862–871.
3. Climatic Research Unit, University of East Anglia (2022) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ir1.uea.ac.uk/cru/data>. – Дата доступа: 23.04.2022.
4. Van Reeuwijk L. P. ISRIC Technical Paper 9: Procedures for Soil Analysis / L. P. Van Reeuwijk. – ISRIC, FAO. – Wageningen, 1995. – 119 p.

ДИНАМИКА ПОТРЕБЛЕНИЯ И ВЫНОС ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ

**О. Г. Кулеш, Е. Г. Мезенцева, О. В. Симанков,
А. А. Грачева, С. М. Зенькова**

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

Количество питательных элементов, которое необходимо для нормального роста и развития растений, обычно определяют по их содержанию в урожае. Однако интенсивность протекающих в растениях биохимических и ростовых процессов, а следовательно, и нуждаемость в элементах питания различны на отдельных этапах онтогенеза. Знание потребностей растений в конкретных элементах минерального питания по периодам вегетации и их удовлетворение путем дифференцированного (дробного) внесения с минеральными удобрениями может оптимизировать процесс питания растений и повысить их продуктивность.

Исследования проводились с целью определения динамики потребления азота, фосфора и калия в процессе вегетации и выноса данных элементов яровой пшеницей сорта Сударыня проводили в 2018–2020 гг. на опытном поле РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в ОАО «Гастелловское» Минского района на высокоокультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя следующая: pH_{KCl} – 5,9–6,1, содержание гумуса – 2,3–2,6 %, Нусв. – 20–24 мг/кг, подвижные соединения фосфатов – 630–720, калия – 210–280 мг/кг почвы.

Опыт был заложен в 4-кратном повторении, общая площадь делянки – 24 м². Схема опыта, дозы удобрений (мочевина, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий) и кратность их внесения представлены в таблице 1.

Метеорологические условия в годы исследований значительно различались. Условия 2018 г. в период от посева до наступления фазы флаголиста у яровой пшеницы характеризовались повышенными температурами воздуха (15,8–17,8° С), сопровождавшимися значительным недостатком влаги. В дальнейшем температурный режим оставался благоприятным, условия увлажнения несколько улучшились, но дефицит запасов влаги в почве отмечался практически до фазы молочной спелости яровой пшеницы.

2019 год в начальный период вегетации яровой пшеницы характеризовался благоприятными условиями. В то же время, в критический период по отношению к влаге у яровой пшеницы (1-й узел – колошение), наблюдались засушливые условия. 2020 год отличался лучшей влагообеспеченностью, чем предыдущие годы, при пониженном температурном фоне

в начальный период роста растений яровой пшеницы. От посева до первого узла средние температуры воздуха составили всего 8,2 °С.

Динамика потребления элементов питания обусловлена изменениями в нарастании биомассы и содержании элементов питания в растениях. В опыте в среднем за три года потребление азота и фосфора растениями яровой пшеницы в целом увеличивалось к созреванию и таким образом в большей степени было связано с нарастанием биомассы (табл. 1). Максимальное накопление калия отмечалось в фазе флаг-листа, что в первую очередь связано с высокой концентрацией элемента в растениях в начальный период роста и значительным ее снижением в дальнейшем.

Таблица 1

Динамика потребления в течении вегетации и вынос основных элементов питания яровой пшеницей, среднее за 2018–2020 гг.

Вариант	Потребление и общий вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/т	Урожайность, ц/га
	1-й узел	флаг-лист	колошение	молочная спелость	полная спелость		
Азот							
Без удобрений	26,1	36,0	53,9	75,4	85,3	18,2	44,2
P ₃₀ K ₉₀ – фон	28,6	48,3	64,9	82,4	95,1	19,1	45,9
Фон + N ₆₀	36,9	53,6	78,0	100,3	107,7	19,2	52,4
Фон + N ₉₀	44,9	62,6	89,2	129,1	124,8	21,1	54,3
Фон + N ₁₂₀	53,2	77,6	113,4	138,6	131,0	22,6	54,3
Фон + N ₁₅₀	41,1	81,9	95,4	123,9	138,1	23,4	52,8
Фон + N ₉₀₊₃₀₊₃₀ *	49,2	95,2	105,2	140,2	154,4	26,2	55,8
НСР ₀₅	5,8	15,1	18,7	20,3	19,8	1,3	1,1
Фосфор							
Без удобрений	8,1	16,7	27,7	34,3	33,0	10,9	44,2
P ₃₀ K ₉₀ – фон	9,3	24,3	35,2	54,4	51,3	10,7	45,9
Фон + N ₆₀	11,2	26,8	40,4	62,3	57,4	10,3	52,4
Фон + N ₉₀	13,7	29,8	43,2	72,5	59,2	10,0	54,3
Фон + N ₁₂₀	15,6	31,6	49,3	71,0	63,9	10,5	54,3
Фон + N ₁₅₀	12,5	33,5	41,4	68,6	61,9	11,4	52,8
Фон + N ₉₀₊₃₀₊₃₀ *	14,4	33,1	45,5	69,4	64,0	10,9	55,8
НСР ₀₅	1,8	4,3	7,9	9,4	9,2	F _ф <F ₀₅	1,1
Калий							
Без удобрений	42,9	99,4	92,2	90,5	82,7	18,5	44,2
P ₃₀ K ₉₀ – фон	43,7	122,5	116,7	111,4	90,1	19,6	45,9
Фон + N ₆₀	49,1	135,0	144,8	123,5	95,9	17,5	52,4
Фон + N ₉₀	52,3	158,0	158,1	143,3	112,2	20,7	54,3
Фон + N ₁₂₀	53,2	186,9	184,0	157,1	116,4	20,8	54,3
Фон + N ₁₅₀	57,6	193,2	151,6	136,4	129,9	22,3	52,8
Фон+N ₉₀₊₃₀₊₃₀ *	52,5	194,1	164,5	141,5	141,3	24,1	55,8
НСР ₀₅	9,5	33,2	27,7	26,7	20,3	1,6	1,1

* МикроСтим-Медь, Марганец (1,0 + 1,0 л/га) + Экосил (0,1 + 0,1 л/га).

Таким образом, в фазы интенсивного роста (от первого узла до колосения) растения пшеницы больше всего накапливали калия, его доля

в сумме $N+P_2O_5+K_2O$ составляла 50–63 %, в то время как азота – 26–39 %, фосфора – 11–15 %. К полной спелости соотношение изменилось и на 39 % калия приходилось 42 % азота. Доля фосфора к этому моменту увеличивается до 20 %.

Как в относительном, так и в абсолютном выражении меньше всего растения яровой пшеницы потребляют фосфора, в фазе первого узла данный показатель составил всего 8,1–15,6 кг/га, но к уборке увеличился в 4–6 раз до 33,0–64,0 кг/га.

При достаточно высоком содержании азота в растения пшеницы в фазе 1-го узла накопление соответствующего элемента к этому времени в среднем за три года составило 26,1–53,2 кг/га. Дальнейшее потребление азота шло не такими темпами как фосфора, увеличение в опыте данного показателя к уборке в 2,7–3,4 раза обусловило в результате формирование выноса элемента на уровне 85,3–154,4 кг/га. Вынос калия в удобренных вариантах составлял 90,1–141,3 кг/га, или 62–74 % от максимального его потребления, отмеченного в фазе флагового листа.

Важным регулируемым фактором, влияющим на накопление основных элементов питания, является внесение минеральных удобрений. В опыте наибольшее влияние на данный показатель оказало внесение азотных удобрений, что в первую очередь связано с повышенным нарастанием биомассы в вариантах с применением азота.

При возрастании дозы азота до 120 кг/га д. в. величина потребления и выноса, как правило, возрастала. Применение разово 150 кг/га д. в. азота или не приводило к существенному повышению показателя, или даже его снижало. В то же время дробное внесение той же дозы азота ($N_{90+30+30}$) оказывало благоприятное влияние на накопление элементов питания, можно отметить, что вынос в данном варианте характеризовался наибольшими величинами.

Максимальное увеличение потребления от внесения азотных удобрений в зависимости от фазы роста и развития растений пшеницы составило: азота – 62–97 %, фосфора – 25–68 %, калия – 32–58 %.

Внесение совместно фосфорных и калийных удобрений, в условиях высокой обеспеченности почвы соответствующими элементами, не оказывало существенного влияния на накопление и вынос основных элементов питания яровой пшеницей при устойчивой тенденции повышения данных показателей.

Важным нерегулируемым фактором, влияющим на изменение величины поглощения и выноса, являются гидротермические условия, складывающиеся на протяжении вегетационного периода.

Так коэффициент вариации потребления элементов питания до фазы молочной спелости в среднем за три года в зависимости от систем удобрения составил для азота 24–32 %, для фосфора – 18–23 %, калия – 11–24 %, в то же время этот показатель, рассчитанный на основании данных, полученных по годам исследования и отражающий изменчивость потреб-

ления в зависимости от гидротермических условий, составил для азота 24–50 %, фосфора – 26–61 %, калия – 23–48 %.

При этом необходимо отметить, что изменчивость величины выноса по годам была значительно ниже (коэффициент вариации для азота составил 4 %, фосфора – 10 %, калия – 17 %), чем по вариантам опыта в среднем за три года (соответственно 21, 20 и 20 %).

Негативное влияние на потребление элементов питания в опыте оказывал в первую очередь дефицит влаги и тепла. Так засушливые условия от посева до колошения в 2018 г. и в период от 1-го узла до колошения в 2019 г. привели к приостановлению или даже снижению потребления элементов питания посевами яровой пшеницы (табл. 2).

Таблица 2

Динамика потребления и вынос основных элементов питания яровой пшеницей в среднем по опыту в зависимости от года исследования

Год	Потребление и общий вынос, кг/га					Накопление элемента питания в зерне, % от общего выноса
	1-й узел	флаг-лист	колошение	молочная спелость	полная спелость	
Азот						
2018	22,3	27,4	64,3	110,0	115,1	80,2
2019	61,7	83,4	79,7	86,8	123,5	85,3
2020	36,0	84,3	113,1	141,7	119,9	78,0
Фосфор						
2018	9,4	20,3	19,1	50,4	51,3	87,1
2019	16,7	30,5	34,9	52,2	60,3	92,6
2020	10,3	34,4	67,6	89,2	62,8	81,7
Калий						
2018	54,3	115,4	86,7	98,3	91,0	19,5
2019	107,4	180,4	140,9	134,9	109,0	27,7
2020	46,1	171,0	206,1	159,2	129,2	18,0

В 2020 г. существенный недостаток тепла, который отмечался от посева до фазы 1-го узла, тормозил рост растений, что отразилось на величине потребления основных элементов питания.

Можно отметить, что в 2018 и 2019 гг., когда неблагоприятные погодные условия отмечались продолжительное время (прохождение двух и более фенофаз у пшеницы) период потребления азота и фосфора был более продолжительным. В результате максимальное потребление в эти годы отмечено в фазе полной спелости яровой пшеницы, в то время как в 2020 году оно приходилось на молочную спелость.

Количество поглощенных элементов питания на определенных этапах развития растений в конечном итоге обуславливает величину урожая культуры, о чем свидетельствует выявленная в опыте криволинейная корреляционная зависимость между данными величинами.

Наибольшая сопряженность между урожайностью зерна и количеством накопленного калия установлена в фазе молочной спелости (R^2 0,90), далее в убывающем порядке тесная связь отмечена в фазах колошения (R^2 0,82) и флаг-листа (R^2 0,67).

Для величины накопления фосфора наиболее тесная полиномиальная корреляционная зависимость наблюдалась в фазе колошения (R^2 0,91), при высоких показателях во флаг-лист 0,84 и молочную спелость 0,73.

Потребление азота в наибольшей степени коррелирует с продуктивностью в фазе флаг-листа (R^2 0,83) и колошения (R^2 0,81) при более низком показателе в 1-й узел (R^2 0,52). В отличие от потребления фосфора и калия количество азота в растениях в фазе молочной спелости мало сопряжено с показателем урожайности (R^2 0,33), что связано, вероятно, с тем, что в этот период формируются показатели качества зерна, на которые расходуется поглощенный азот.

Об эффективности расходования азота, фосфора и калия на образование урожая можно судить на основании определения доли элементов питания, затраченной на формирование продуктивной части урожая. Результаты исследований указывают на то, что на формирование зерна тратится в зависимости от года 81,7–92,6 % фосфора, 78,0–85,3 % азота и 18,0–27,7 % калия (табл. 2).

Для характеристики потребности растений в питательных элементах используют также величину удельного выноса.

Удельный вынос азота и калия в опыте был сопоставим по величине и, как правило, увеличивался с ростом урожайности. Так в варианте без удобрений данный показатель составил для азота 18,2 кг/т, для калия – 18,5 кг/т, в варианте с применением $N_{90+30+30}$ – 26,2 и 24,1 кг/т соответственно (табл. 1).

Удельный вынос фосфора мало изменялся в зависимости от применяемых систем удобрения и соответственно урожайности и составил 10,0–11,4 кг на 1 т основной и соответствующее количество побочной продукции.

Таким образом, потребление питательных элементов растениями яровой пшеницы на протяжении вегетации на высококультурной почве зависит от метеорологических условий и уровня азотного питания. Величина потребления элементов питания во многом определяет уровень урожайности культуры, сопряженность данных показателей в убывающем порядке по исследуемым фенофазам следующая: колошение (R^2 0,81–0,91) > флаг-лист (R^2 0,67–0,84) > молочная спелость (R^2 0,33–0,90).

**ПОДХОДЫ К КЛАССИФИКАЦИИ И ДИАГНОСТИКЕ
АНТРОПОГЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ ПОЧВ ЛИСИНСКОГО
УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СОЗДАНИЯ
РЕГИОНАЛЬНОГО РЕЕСТРА ПОЧВ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

М. А. Лазарева

*Центральный музей почвоведения им. В. В. Докучаева,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Введение. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России (ЕГРПР) предполагает формирование региональных реестров почвенных ресурсов (РГРПР). «Тем самым, ЕГРПР следует закрепленному Конституцией РФ общему принципу регулирования земельных отношений в системе законодательства нашей страны, которые согласно статье 72 Конституции РФ, относятся к предмету совместного ведения Российской Федерации и субъектов РФ ...» [1].

Важно, чтобы РГРПР представлял актуальные почвенные данные, включая антропогенно-измененные почвы (АИП) и характеристики импакт-факторов антропогенного воздействия на почвы и почвенный покров. Современные исследования показывают, что эти воздействия приводят к формированию новых антропогенных почв и форм организации почвенного покрова, которые не имеют аналогов в нативных природных условиях [2, 3, 4].

Целью исследования послужила разработка подходов к классификации и диагностике АИП Лисинского учебно-опытного лесхоза для целей создания регионального реестра почв Ленинградской области на базе цифровой почвенной карты лесхоза, масштаба 1:50000.

Задачи состояли в том, чтобы провести анализ различных классификационных систем, определить дешифровочные признаки АИП Лисинского учебно-опытного лесхоза применительно к масштабу ЦПК, и провести полевую диагностику АИП.

Объекты и методы. Объектами исследования являлись АИП Лисинского учебно-опытного лесхоза.

В целях исследования использовались следующие методы: сравнительно-географический, метод дешифрирования космических снимков, морфологический метод исследования, метод классификации.

Результаты и обсуждения. Проведен анализ различных классификационных систем: классификация и диагностика почв России (2004 г.), классификация и диагностика почв СССР (1977 г.), программа к почвенной карте РСФСР масштаба 1:2500000 (1972 г.). Разработаны подходы к классификации и диагностике АИП Лисинского учебно-опытного лесхо-

за. Классификация и диагностика АИП лесхоза будет строиться на основании следующих положений:

1. *Единство факторов, процессов и свойств почв.* При диагностике таксономических единиц учитываются действующие в настоящее время факторы, условия и процессы почвообразования.

Данный подход учитывает особенности почв, связанные с условиями их формирования, и позволит избежать ошибок при их диагностике.

2. *Историчность (преемственность).* За основу новой классификации берется легенда к почвенной карте РСФСР масштаба 1: 2 500 000 (1972 г.), как документа, синтезировавшего все накопленные к 1980 г. сведения о почвах страны. На базе данной легенды был создан Единый государственный реестр почвенных ресурсов России (ЕГРПР).

В ЕГРПР отражены 21 тип естественных почв, встречаемых на территории Ленинградской области, и вода, как непочвенное образование (НПО). Среди естественных почв реестра, например, можно выделить: подзолистые, торфяно-подзолистые, дерново-подзолистые, дерново-подзолистые глеевые, подзолы, подзолы глеевые, буротаежные, дерново-карбонатные, торфяные болотные, торфяно-глеевые, пойменные почвы. В ЕГРПР нет указаний на АИП (характер пахотных горизонтов, техногенные трансформации почв и пр.).

Таким образом, будет разработана классификация, содержащая сведения об АИП Лисинского учебно-опытного лесхоза с сохранением традиционной номенклатуры, и которая послужит ценным дополнением к ЕГРПР на региональном уровне.

3. *Генетичность.* Предполагает разделение почв на основе строения их профиля на генетические горизонты, отражающие в своих свойствах процессы их формирующие.

Благодаря данному принципу учитываются профильные и горизонтные характеристики АИП, почвы отделяются от техногенных поверхностных образований (ТПО), как объектов иной классификации.

4. *Иерархичность.* Выражается в последовательном соподчинении таксономических категорий (тип–подтип–род–вид).

5. *Открытость.* В классификационную систему можно будет вносить новые, ранее неизвестные почвы без нарушения целостности системы, что особенно актуально для АИП, в связи с быстрой антропогенной эволюцией почвенного покрова.

6. *Воспроизводимость.* Предполагает однозначную идентификацию почв с учетом их свойств и процессов, а также факторов и условий почвообразования.

В региональный реестр предлагается ввести турбированные, стратифицированные, культурные, окультуренные, осушенные почвы.

Индексы и определения основных почвенных горизонтов, выделенных на территории Ленинградской области:

О – горизонты, содержащие не менее, чем на 70 % (по объему) органического вещества;

A1 – верхние минеральные горизонты, наиболее темноокрашенные в профиле, содержат хорошо гумифицированный органический материал;
A2 – наиболее светлые в профиле минеральные горизонты, обедненные илом и полуторными окислами;

B – минеральные горизонты, лежащие под горизонтами *O*, *A1*, *A2*;

G – минеральные глеевые горизонты, имеющие на большей части площади свежего среза (70 %) сизые, ржавые, серо-сизые тона окраски;

G1 – глеевые горизонты, окрашенные в сизые тона;

G2 – глеевые горизонты пестро окрашенные в сизые и ржавые тона;

C – почвообразующая порода;

D – подстилающая порода.

Малые индексы, дополнительные к индексам основных почвенных горизонтов, которые можно встретить у почв территории Лисинского учебноопытного Лесхоза:

m – минеральные горизонты, сформированные процессами изменения исходной массы на месте;

g – горизонты, имеющие морфологические признаки оглеения, недостаточные для отнесения к горизонту *G*;

h – иллювиально-гумусовые горизонты;

f – иллювиально-железистые горизонты;

t – горизонты с признаками привноса тонкодисперсного силикатного материала в виде пленок по трещинам, порам, граням структурных отдельностей;

[] – погребенные горизонты.

Для разделения почв, имеющих существенные изменения в морфологии, связанной с деятельностью человека, предлагается ввести следующие индексы:

p – пахотные горизонты;

tr – турбированные горизонты;

r – стратифицированные горизонты;

ur – урбостратифицированные горизонты.

Определены дешифровочные признаки АИП Лисинского учебноопытного лесхоза и проведена полевая диагностика почв. Даны авторские названия почв, применительно к программе почвенной карты РСФСР масштаба 1:2 500 000 [5].

Контурсы «Торфяные болотные культурные»

Ареалы торфоземов приурочены к местам торфоразработок. Распространены в юго-западной и северо-восточной частях лесхоза. Формируются при осушении и агрогенной трансформации торфяных почв в центральных частях верховых и низинных торфяных болот на водораздельных равнинах, песчаных, речных, древнепойменных террасах, в обширных низменностях.

Контурсы всегда имеют правильную геометрическую форму, прекрасно дешифрируются по темно-бурому с красным оттенком цвету и ячеистому или линейному рисунку, характерному исключительно для торфоразработок.

Имеют профиль: A1p-C

Наличие темно-коричневого гомогенного освоенного торфяного горизонта, мощностью более 50 см, измененного под влиянием обработки почв и четко отличающегося от нижележащей толщи.

Контурсы «Глееземы торфянистые и торфяные болотные окисленные»

Распространены по всей территории Лесхоза. Формируются на участках с проведением осушительной мелиорации, под хвойным, хвойно-мелколиственным, мелколиственным лесом, в понижениях местности, ложбинах, в краевых частях болот, на озерно-ледниковых песчано-супесчаных и суглинисто-глинистых отложениях.

Имеют коричневато-зеленоватый рисунок, испещренный сетью дренажных канав, неправильную округлую форму контуров.

Имеют профиль: O-G2-Cg

1. Наличие оторфованного горизонта, состоящего из органического материала слабой степени разложивности, формирующегося в условиях регулярного переувлажнения, мощностью до 30 см (торфянистые почвы) 30–50 см (торфяные почвы).

2. Наличие сизого глеевого горизонта с ржавыми и охристыми пятнами окисления.

Контурсы «Подзолистые турбированные»

Распространены в юго- и северо-западной, северо-восточной части учебно-опытного лесхоза, занимают территорию Лисинской дачи.

Формируются на вырубках, под изреженными еловыми лесами, на равнинных участках, сложенных моренными суглинистыми отложениями. На космоснимке имеют светло-зеленый цвет и полосчатый рисунок с ровными границами.

Имеют профиль: [O-A2]tr-A2/Vt-Vt-C

1. Наличие бурого или коричневато-бурого, ореховато-призматического, суглинистого, обогащенного илом и полуторфами оксидами срединного горизонта.

2. Нарушенная верхняя часть профиля, состоящая из фрагментов грубого органического вещества, осветленного горизонтов.

Контурсы «Дерново-подзолистые культурные»

Контурсы встречаются в юго-восточной части участка. Наиболее крупные ареалы выделены на территории п. Лисино-Корпус, Малиновской и Машинской дач. Формируются в условиях пашни под разнотравно-злаковой растительностью на моренных суглинистых, озерно-ледниковых суглинисто-глинистых отложениях. Являются результатом агрогенного преобразования дерново-подзолистых почв. Контурсы выделяются по нескольким параметрам:

1. Светло-серый или светло-зеленый цвет сельскохозяйственного угодья, используемого под пашню, среди темно-зеленого цвета хвойного леса

2. Отсутствие дренажной сети или единичные осушительные каналы по тальвегам.

3. Крупные контурсы, правильная форма контура с ровными границами.

Имеют профиль: A1p-Bt-C

1. Наличие бурого или коричневатого-бурого, ореховато-призматического, суглинистого, обогащенного илом и полуторными оксидами срединного горизонта.

2. Наличие серого гомогенного пахотного горизонта с ровной нижней границей.

Контуры «Дерново-подзолистые окисленно-глеевые культурные»

Формируются в условиях пашни под разнотравно-злаковой растительностью, на равнинах, в плоских низинах, на моренных, озерно-ледниковых суглинисто-глинистых отложениях. Являются результатом агрогенного преобразования дерново-подзолистых глеевых почв.

Контуры выделяются по следующим параметрам:

1. Ярко-зеленый, светло-зеленый или коричневатого-серый цвет сельскохозяйственного угодья, используемого в большинстве случаев под пропашные культуры.

2. Обязательное наличие хорошо видимой регулярной дренажной сети.

3. Крупные контуры, четкие прямолинейные границы с/х угодья.

Имеют профиль: A1p-Btg-G2-Cg

1. Наличие бурого или коричневатого-бурого, ореховато-призматического, суглинистого, обогащенного илом и полуторными оксидами срединного горизонта.

2. Наличие сизого глеевого горизонта с ржавыми и охристыми пятнами окисления и признаками оглеения в верхней части профиля.

3. Наличие серого гомогенного пахотного горизонта с ровной нижней границей.

Контуры «Комбинация непочвенных образований и дерново-подзолистых культурных»

Комбинации формируются в поселках и садоводствах, где ареалы дерново-подзолистых культурных почв (почвы приусадебных участков) чередуются с ареалами непочвенных образований (дорогами, территориями под строениями).

Выделяются на основании контрастного мелкоточечного рисунка, информации о тяжелом гранулометрическом составе почвообразующей породы (карта четвертичных отложений).

Заключение. Проведен анализ различных классификационных систем и разработаны подходы к классификации и диагностике АИП Лисинского учебно-опытного лесхоза для целей создания регионального реестра почв Ленинградской области. Классификация и диагностика АИП лесхоза будет строиться на основании: единства факторов, процессов и свойств почв, историчности (преемственности), генетичности, иерархичности, открытости, воспроизводимости. В соответствии с программой к почвенной карте РСФСР масштаба 1:2 500 000 определены названия АИП регионального реестра и проведена полевая диагностика почв. Определены дешифровочные признаки АИП Лисинского учебно-опытного лесхоза применительно к масштабу ЦПК 1:50000.

Список литературы

1. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. – 768 с.
2. Апарин, Б. Ф. Красная книга почв Ленинградской области / Б. Ф. Апарин, Г. А. Касаткина, Н. Н. Матинян, Е. Ю. Сухачева. – С-Пб.: Аэроплан, 2007. – 320 с.
3. Апарин, Б. Ф. Почвенное разнообразие Ленинградской области / Б. Ф. Апарин, Е. Ю. Сухачева, М. А. Лазарева. – СПб: ФГУП «Издательство «Наука», 2021. – 183 с.
4. Принципы и методы создания цифровой среднемасштабной почвенной карты / Е. Ю. Сухачева [и др.] // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. – 2019. – Т. 64, № 1. – С. 100–113
5. Программа почвенной карты СССР масштаба 1:2 500 000 / В. М. Фридланд [и др.]. – М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 1972. – 158 с.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОХИМИИ

В. В. Лапа

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

Цифровые технологии – это новое направление, которое быстро находит применение во многих сферах производственной деятельности. Актуально это направление и в сельскохозяйственном производстве, в частности, в агрохимическом обслуживании растениеводческой отрасли. Это очень важное направление, т. к. почва, ее плодородие и применение удобрений – основные слагаемые урожайности сельскохозяйственных культур и гарантия продовольственной безопасности и продовольственной независимости нашей страны.

Первыми в разработке цифровых технологий в сфере агрохимического обслуживания сельского хозяйства в Республике Беларусь были ученые Института почвоведения и агрохимии, которые в 1980 г. разработали методику формирования банка данных агрохимических свойств почв Беларуси, а ученые Белорусского проектно-технологического института автоматизированных систем управления разработали соответствующее программное обеспечение для ЭВМ ЕС-1022. Позже учеными Института системных исследований в АПК программное обеспечение банка данных агрохимических свойств почв было адаптировано к персональным ЭВМ. В банк данных была включена вся информация, получаемая в результате проведения крупномасштабного агрохимического обследования почв, включающая: адресную часть с точной привязкой каждого элементарного участка (область, район, хозяйство, номера производственных участков, полей и непосредственно самого элементарного участка) в закодированном виде приводится характеристика почвы: тип, подстиляющая и почвообразующая породы, степень увлажнения. Далее представлялись данные о мелиоративном состоянии почв, измерения глубины пахотного слоя почвы и результаты агрохимических анализов по каждому элементарному участку первоначально по четырем показателям (кислотность почвы, содержание гумуса, подвижных форм фосфора, калия), а в настоящее время – по 13 показателям: дополнительно определяются содержание кальция, магния, серы, бора, цинка, марганца, цезия-137 и стронция-90. Всего за один год обследования на компьютер заносилась информация в десятки миллионов знаков. Для того чтобы исключить ошибки при введении такого огромного количества информации, была разработана специальная программа контроля, после прохождения которой информация заносилась в базу данных.

Для того чтобы перейти на цифровые технологии и создание банка данных агрохимических свойств почв Республики Беларусь, был внесен ряд изменений и дополнений в «Методику крупномасштабного агрохимического обследования почв»: разработана система кодирования почвенно-агрохимической информации, увязка площадей земель в хозяйствах на планово-картографической основе с экспликацией земель, формы выходных документов по учету результатов крупномасштабного агрохимического обследования почв. Не допускалось расхождение между обследуемой площадью земель с утвержденной экспликацией.

По итогам каждого года крупномасштабного агрохимического обследования почв хозяйствам из банка данных агрохимических свойств почв выдавались сводные материалы по агрохимической характеристике почв, сопоставление их с данными предыдущего обследования по каждому из анализируемых показателей, а также агрохимические паспорта полей в разрезе элементарных участков. Кроме того, для визуального восприятия хозяйствам выдавались совмещенные картограммы по кислотности почв и содержанию гумуса, фосфора и калия. В настоящее время картограммы по отдельным показателям изготавливаются по заказам хозяйств специалистами областных проектно-изыскательских станций по химизации сельского хозяйства.

Банк данных агрохимических свойств почв Республики Беларусь явился основным звеном автоматизированной системы управления плодородием почв (АСУ-плодородием почв), включающей решение следующего ряда задач:

- учет результатов крупномасштабного агрохимического обследования почв;
- распределение фондов минеральных удобрений по областям, районам и хозяйствам;
- разработка проектно-сметной документации на известкование кислых почв;
- разработка планов применения удобрений под сельскохозяйственные культуры по полям и отдельно удобряемым участкам;
- определение эффективности применения удобрений под сельскохозяйственные культуры.

После распада Советского Союза и перехода на рыночные отношения в сфере народного хозяйства отпала необходимость решения задач по распределению фондов минеральных удобрений и определения эффективности их использования. Но три задачи в системе АСУ-плодородием почв работают и в настоящее время. Это учет результатов агрохимического обследования почв, разработка проектно-сметной документации на известкование кислых почв и разработка планов применения удобрений под сельскохозяйственные культуры по полям и отдельно удобряемым участкам.

Банк данных агрохимических свойств почв в настоящее время на уровне «элементарный участок – поле – хозяйство – район – область»

формируется и ежегодно актуализируется в областных проектно-изыскательских станциях по химизации сельского хозяйства. На уровне «район – область – республика» локализован в Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, где данные крупномасштабного агрохимического обследования почв обобщаются, публикуются и представляются для использования соответствующим органам управления.

Задача по разработке проектно-сметной документации на известкование кислых почв решается на основании информации банка данных агрохимических свойств почв.

Для разработки планов применения удобрений под сельскохозяйственные культуры по полям и отдельно удобряемым участкам кроме информации из банка данных привлекается один дополнительный входной документ, который заполняет агроном хозяйства. В нем указываются возделываемая культура, планируемая урожайность в целом по хозяйству и номера элементарных участков, на которых она будет возделываться. В ходе решения задачи плановая урожайность дифференцируется по полям с учетом возможности ее получения с использованием показателей кадастровой оценки почв. Дозы минеральных удобрений определяются балансовым методом с использованием коэффициентов возмещения выноса элементов питания и дифференцируются в зависимости от содержания фосфора и калия в почвах. На почвах с оптимальным содержанием этих элементов (200–300 мг/кг почвы) дозы фосфорных и калийных удобрений рассчитываются с учетом полной компенсации выноса их с планируемой урожайностью, на почвах с содержанием фосфора и калия меньше 200 мг/кг почвы дозы соответствующих удобрений на 20–40 % превышают вынос этих элементов с планируемой урожайностью, чтобы обеспечить постепенное повышение их запасов до оптимальных значений. На почвах, где содержание фосфора и калия больше 300 мг/кг почвы дозы удобрений только частично, компенсируют вынос с планируемой урожайностью, чтобы в большей степени использовать достигнутый потенциал плодородия почв и при более низких затратах на применение удобрений. Дозы азотных удобрений дифференцируются в зависимости от типа и гранулометрического состава, состояния плодородия почв, уровня планируемой урожайности сельскохозяйственных культур. По результатам разработки планов применения удобрений хозяйствам вручается итоговый документ на бумажном носителе, который является основным рабочим документом агронома на период весеннего сева и сева озимых зерновых культур, и по уходу за посевами.

Банк данных агрохимических свойств почв и комплекс задач по агрохимическому обеспечению сельского хозяйства – первая работа, выполненная впервые в Республике Беларусь на основе цифровых технологий и реализованная в практической деятельности хозяйств и подразделений Агрохимической службы.

Внедрение АСУ-плодородием почв в систему агрохимического обслуживания сельского хозяйства проводилось под эгидой Министерства

сельского хозяйства Республики Беларусь и явилось крупным научным достижением в агрохимической науке. В Советском Союзе, а позже ни в одной постсоветской республике не было подобной работы, реально работающей до настоящего времени. Залогом эффективности создания системы АСУ-плодородием почв явились высокий научный уровень работы и тех передовых научных идей, которые были в ней реализованы, четкая работа областных проектно-изыскательских станций по химизации сельского хозяйства, и, конечно, определяющая роль Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, которое координировало разработку и в подчинении которого был Республиканский головной информационно-вычислительный центр (РГИВЦ), непосредственно осуществляющий формирование банка данных агрохимических свойств почв Республики Беларусь и решение перечисленных выше задач с выдачей результатов на все уровни управления.

Данная система успешно функционирует в настоящее время, а ее значимость еще более возросла в связи с развитием новых технологий, совершенствованием компьютерной техники, программных комплексов. Поэтому в ближайшей перспективе необходимо планировать дальнейшее расширение автоматизированной системы управления плодородием почв на основе разработки новых задач с использованием экономического анализа аграрных технологий.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ЗЕМЛЯХ

Т. В. Ласько, Г. З. Гуцева

*Институт радиобиологии,
г. Гомель, Беларусь*

Современное земледелие решает проблему повышения продуктивности агробиоценозов путем оптимизации применения традиционных и нетрадиционных видов органических и минеральных удобрений в комплексе с другими агротехническими приемами [1].

Научно обоснованная система удобрения должна обеспечивать высокую урожайность сельскохозяйственных культур с оптимальными показателями качества продукции, сохранение или повышение плодородия почвы при соответствии нормативам экологической безопасности и охраны окружающей среды [2].

Накоплен материал о преимуществах новых форм медленнодействующих удобрений по сравнению с традиционными формами. Установлено, что такие формы:

- позволяют повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 10–20 % с одновременным улучшением качества продукции;
- на 25 %–40 % снижают потери элементов питания растений в зависимости от формы удобрений;
- уменьшают загрязнение водных и питьевых ресурсов нитратными соединениями азота, хлор-, серосодержащими и органическими соединениями;
- позволяют наиболее равномерно распределять по площади поля питательные элементы и избегать переуплотнения почвы. [3].

Ежегодная потребность в комплексных минеральных удобрениях составляет 698,7 тыс. т д. в. (1391 тыс. т в физическом весе) под основные культуры и многолетние травы. Из годовой потребности в азоте (766,6 тыс. т) в форме КАС необходимо иметь 210 тыс. т (27,4 %), в форме карбамида – 303 (39,5 %) и карбамида с гуматами – 120 тыс. т (15,6 %), в форме сульфата аммония – 40 тыс. т (5,2 %). При этом предлагается за счет уменьшения карбамида расширить долю азота в комплексных удобрениях до 142 тыс. т д. в. Основное количество фосфора (197 тыс. т д. в., или 62 %) также должно быть представлено в форме комплексных удобрений. В ассортименте калийных удобрений доля калия в комплексных формах будет составлять более 40 % (360 тыс. т д. в.) [4].

Исследования с различными формами минеральных удобрений при возделывании зерновых культур (озимая тритикале, яровой ячмень) и многолетней бобово-злаковой травосмеси (тимофеевка луговая, овсяница лу-

говая, кострец безостый – по 6 кг/га, клевер гибридный и клевер луговой – по 4 кг/га) проводились в течение трех лет на торфяной на среднемощных торфах почве (глубина залежи до 2,0 м), подстилаемой песком связным.

Агрохимические показатели почвы следующие: зольность 23,0 %; pH_{KCl} – 5,1; P_2O_5 – 315 мг/кг; K_2O – 417 мг/кг; CaO – 3417 мг/кг; MgO – 409 мг/кг почвы.

Плотность загрязнения ^{137}Cs – 104 кБк/м² (2,8 Ки/км²), ^{90}Sr – 37,3 кБк/м² (1,1 Ки/км²).

Используемые в полевых экспериментах препараты (Экогум АФ и МикроСтим-Медь, Марганец) внесены в реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. Применение этих препаратов может обеспечить снижение доз азотных и фосфорных удобрений на 15–20 %.

Внесение комплексных удобрений в сочетании с внекорневой подкормкой биопрепаратами способствовало получению урожайности зерна озимой тритикале до 45,2 ц/га, ярового ячменя – до 37,9 ц/га. Урожайность зерна озимой тритикале и ячменя при использовании стандартных удобрений в сочетании с биопрепаратами ниже на 7,4 ц/га в сравнении с комплексными. Биопрепараты дают возможность повысить урожайность зерна до 6 ц/га (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность зерновых культур 2016-2018 гг.

Варианты	Урожайность, ц/га				Прибавка, ц/га
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Средняя за 3 года	
Озимая тритикале					
Контроль	25,5	21,4	23,4	23,3	–
$N_{35}P_{80}K_{160} + N_{45}$ (стандартные)	38,1	32,7	35,2	35,3	12,0
Стандартные + Экогум АФ	–	–	36,1	36,1	12,8
Стандартные + МикроСтим-Сu, Мп	–	–	36,8	36,8	13,5
$N-P-K = 7-16-32 + N_{45}$ (комплексные)	40,8	36,8	38,7	38,8	15,5
Комплексные + Экогум АФ	43,7	39,2	41,6	41,4	18,1
Комплексные + МикроСтим-Сu, Мп	45,2	41,4	44,1	43,6	20,3
НСР ₀₅	2,8	3,8	3,4	3,3	
Яровой ячмень					
Контроль	17,8	12,8	18,3	16,3	–
$N_{80}P_{80}K_{100}$ (стандартные)	27,3	21,0	25,6	24,6	8,3
Стандартные + Экогум АФ	–	23,2	27,2	25,2	8,9
Стандартные + МикроСтим-Сu, Мп	–	24,9	28,4	26,7	10,4
$N-P-K = 16-16-20$ (комплексные)	29,2	23,6	30,5	27,8	11,5
Комплексные + Экогум АФ	33,9	25,8	34,1	31,3	15,0
Комплексные + МикроСтим-Сu, Мп	36,2	28,1	37,9	34,1	17,8
НСР ₀₅	3,1	2,1	3,5	2,9	

При внесении комплексных удобрений в дозе $N-P-K = 7-16-32 = (35-80-160)$ средняя урожайность сена бобово-злаковой травосмеси за три го-

да составила 79,2 ц/га, что выше на 7,6 ц/га при использовании стандартных удобрений в эквивалентных дозах (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность сена бобово-злаковой травосмеси за три года

Варианты	Урожайность, ц/га				Прибавка, ц/га
	2016 за 1 укос	2017 за 2 укоса	2018 за 2 укоса	Средняя за 2 года*	
Контроль	21,6	54,3	49,7	52,0	-
N ₃₅ P ₈₀ K ₁₆₀ (стандартные)	34,8	73,7	69,4	71,6	19,6
N-P-K = 7-16-32 (комплексные)	37,3	81,8	76,4	79,2	27,2
Комплексные + Cu+Mn+Zn	39,4	86,1	81,5	83,8	31,8
НСР ₀₅	3,5,	4,3	5,3	4,8	

* средняя урожайность за 2017–2018 гг. (по 2-м укосам).

Использование комплексных удобрений в сочетании с микроэлементами повысило урожайность сена на 4,6 ц/га по отношению к варианту без микроэлементов.

Внесение комплексных удобрений в сочетании с МикроСтим-Медь, Марганец и Экогум АФ дало возможность снизить поступление ¹³⁷Cs в зерно до 2,9 раз в сравнении с контролем. Использование комплексных удобрений без добавок снизило поступление ¹³⁷Cs в 1,9 раза. Преимущество комплексных удобрений перед стандартными выражается в снижении Кп (коэффициент перехода) ¹³⁷Cs в 1,3 раза. Параметры накопления ¹³⁷Cs зерном озимой тритикале в 1,5 раза выше Кп ¹³⁷Cs для ярового ячменя.

Применение минеральных удобрений способствовало снижению поступления ⁹⁰Sr в зерно, но в меньшей степени, чем поступления ¹³⁷Cs. Параметры перехода ⁹⁰Sr при внесении комплексных удобрений с биопрепаратами снижаются до 1,8 раза по отношению к контролю. В 1,4 раза снижается Кп ⁹⁰Sr при внесении биопрепаратов.

При внесении стандартных удобрений с применением биопрепаратов в сравнении с эквивалентными дозами комплексных удобрений разница в накоплении радионуклидов ⁹⁰Sr зерном составила 4–8 %. Накопление ⁹⁰Sr зерном ярового ячменя происходило в 1,5 раза интенсивнее, чем зерном озимой тритикале.

При внесении комплексных удобрений в сочетании с микроэлементами под многолетнюю травосмесь до 2 раз снижается поступление ¹³⁷Cs в сено по отношению к контролю и в 1,2 раза в сравнении с внесением стандартных удобрений в эквивалентных дозах.

Параметры перехода ¹³⁷Cs в последующие годы жизни трав ниже в 1,7 раза, чем в первый год. Параметры перехода ⁹⁰Sr для сена в контрольном варианте в 1,4 выше, чем в варианте с комплексными удобрениями в сочетании с микроэлементами.

Параметры перехода ⁹⁰Sr выше во второй год жизни трав по сравнению с первым годом, что связано с увеличением в травостое бобовых трав с 30 до 52 %.

С внесением препаратов МикроСтим- Медь, Марганец и Экогум АФ на фоне полных доз комплексных удобрений под зерновые культуры прослеживается тенденция увеличения количества содержание жира на 0,05 %, переваримого протеина – на 0,8–1,6 % и кормовых единиц в зерне – на 0,02. Полученные показатели соответствует нормативам.

Лучшие показатели зоотехнического качества сена бобово-злаковой травосмеси отмечены при внесении комплексных удобрений с микроэлементами НРК с Cu, Mn, Zn (содержание переваримого протеина 18,9 %, сырой клетчатки 31,6 %, жира 3,31 %, кормовых единиц 0,56).

При внесении минеральных удобрений с микроэлементами под исследуемые культуры, увеличивается на 5–8 % содержание калия и фосфора, на 20 % меди, цинка и марганца в зерновых культурах и сене многолетних трав.

Основные показатели соответствуют нормативам, только на 18 % превышает содержание марганца в зерне тритикале и цинка на 15 % в зерне ячменя и тритикале. Это связано с высоким содержанием данных элементов в торфяной почве (Mn – 420–510 мг/кг, Zn – 13,4–21 мг/кг почвы).

При внесении комплексных удобрений в сочетании с биопрепаратами под озимую тритикале на торфяных почвах, где в результате снижения затрат на горючее при однократном внесении удобрений и увеличении урожайности за счет сбалансированного питания растений, рентабельность увеличивается на 9 % по сравнению со стандартными удобрениями и составляет 42 %, для ярового ячменя уровень рентабельности – 21 %. От применения комплексных удобрений под травосмесь рентабельность возрастает на 7 % по отношению к стандартным удобрениям. При возделывании бобово-злаковой травосмеси рентабельность от внесения комплексных удобрений с микроэлементами составляет 39 % [5].

Результаты исследований позволят оптимизировать систему применения удобрений при возделывании многолетних трав и зерновых культур для получения высоких урожаев с минимальным накоплением радионуклидов, учитывая экономическую эффективность производства зерна и кормов.

Список литературы

1. Шлапунов, В. Н. Резервы кормового поля / В. Н. Шлапунов [и др.] // Кормопроизводство: технологии, экономика, почвосбережение: сборник материалов Международ. науч.-практ. конф., Жодино, 25–26 июня 2009 г. / НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ «Минфина», 2009. – С. 3–6.
2. Эффективность новых видов поликомпонентных минеральных удобрений при возделывании бобово-злаковой смеси / О. Б. Дормешкин [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2015. – №1 (98). – С. 23–25.
3. Карпеня, Г. М. Новые формы удобрений в Беларуси / Г. М. Карпеня // Наше сельское хозяйство. – 2013. – №11 (67). – С. 41–45.
4. Пироговская, Г. В. Медленно действующие удобрения / Г. В. Пироговская // НИИ почвоведения и агрохимии, – Минск, 2000. – 287 с.
5. Ласько, Т. В. Рекомендации по применению новых форм минеральных удобрений на загрязненных радионуклидами торфяных почвах при возделывании сельскохозяйственных культур / Т. В. Ласько. – Гомель: Институт радиологии, 2018. – 24 с.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ СТРУКТУР ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА АБШЕРОНА

Ф. А. Манафова, Г. Г. Асланова

*Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан*

Абшерон расположен на западном берегу Каспийского моря и является юго-восточной оконечностью Большого Кавказского хребта. Ширина его в средней части 28 км, а длина с востока на запад 62 км. Он имеет отметки от –24 до 300–350 м над уровнем моря. Площадь составляет около 388 тыс. га.

Своей восточной частью Абшерон глубоко вдается в Каспийское море и с трех сторон – севера, востока и юга омывается его водами. Абшерон вытянут в широтном направлении и в том же направлении испытывает постепенное снижение и изменение своего простираения в начале на юго-восточное, а затем на южное, заканчиваясь клювообразно меридиально вытянутой Шаховой косой.

На западе границы Абшерона проведены условно по меридиану мысов Киязинского шоссе (на севере) и Сангачала (на юге). Абшерон – природно-геоморфологический район охватывает полуостров и прилегающие территории Гобустана. Продукты извержения грязевых вулканов распространены, в основном, в юго-западной части полуострова. Составляют они из глинистой массы, включающей обломки горных пород мелового, палеогенового и неогенового возрастов. По характеру морфогенетических типов рельефа, особенностям процесса рельефообразования и структурным особенностям рельефа Абшерон выделяют как самостоятельный геоморфологический район. Орографические элементы Абшерона, отклоняются от «общекавказского» направления и характеризуются субмеридиональным направлением. Абшерон в основном характеризуется прямым тектоническим рельефом, молодостью и слабо денудированностью рельефа. По морфологическим особенностям рельефа в пределах Абшерона выделяются пять участков: западный, юго-западный, центральный, восточный и северо-западный.

Западный Абшерон представляет собой низкогорье и характеризуется относительно древним приподнятым и интенсивно расчлененным рельефом. Современный рельеф переработан позднейшими эрозионно-денудационными процессами. Глубина расчленения поверхности достигает 200–300 м. Грязевые вулканы развиты слабо. Юго-западный Абшерон характеризуется инверсионным низкогорным рельефом. На размытых сводах антиклиналей широко развиты грязевые вулканы. Центральный район Абшерона – холмисто-грядовая террасированная равнина. Поверхность слабо расчленена. Широко развиты вулканы. Большую роль в процессе

рельефообразования сыграли средне-позднечетвертичные трансгрессии Каспия и аридно-денудационные процессы.

Восточный Абшерон занимает часть полуострова к востоку. Характеризуется слегка всхолмленным, слабо расчлененным рельефом. На обширной площади развиты эоловые формы рельефа. В западной части, на небольших котловинах развиты суффозионно-дефляционные процессы. Грязевые вулканы почти отсутствуют. Северо-западный Абшерон занимает абразионно-аккумулятивную равнину в низовьях р. Сумгаитчай. Вдоль побережья развиты эоловые формы (дюны и бугристые пески), а в восточной части – солончаковые понижения. Для Абшерона характерен климат умеренно теплых полупустынь и сухих степей с сухим летом. Он отличается скудным и слабым увлажнением при годовом количестве осадков, которое определяет возможное испарение полуострова не более, чем на одну треть.

В ходе полевых почвенных и камерально-лабораторных исследований, которые проводились на Абшероне, впервые разработаны научные основы изучения структур почвенного покрова с учетом рельефа и геолого-геоморфологического строения, основанные на современных компьютерных технологиях. Методом пластики рельефа были выделены несколько типов структур почвенного покрова объекта исследования и выявлено почвенный состав этих структур: 1) Древовидный тип предгорной части Абшерона. Этот тип структуры занимает самую высокую точку Абшерона, начиная с мыса Киялинской косы, пос. Шурабад. Структура не симметричная, сильно разветвленная, откуда и исходит ее название. Эта структура вмещает следующие почвы: серо-коричневые обыкновенные, серо-бурые солончаковато-солонцеватые, серо-бурые неполноразвитые и песчано-глинистые соленосные-наносы в комплексе с неполноразвитыми почвами; 2) Радиально-округлый тип предгорной части. Эту структуру составляют следующие почвы: серо-бурые солонцеватые, серо-бурые неполноразвитые, серо-бурые солончаковато-солонцеватые, а также песчано-глинистые наносы с дефляционных поверхностей. Потоки этой структуры устремлены вниз по склону, приобретая вид древовидности; 3) Древовидно-концентрический тип. Сильно расчленен и запутан. Отличается разнообразным почвенным составом. Здесь присутствуют серо-коричневые обыкновенные, слабосолонцеватые, почвогрунты сильно расчлененных склонов, серо-коричневые светлые слабосолонцеватые, серо-бурые, высокогипсоносные, серо-бурые неполноразвитые, на современных элювиально-делювиальных отложениях склонах; 4) Луковично-собирающий тип расположен в западной части Абшерона в районе Челилдаг. Он имеет эллиптическую форму потоки устремлены к центру луковичи. Почвы в основном здесь серо-коричневые обыкновенные, серо-коричневые светлые разной степени мощности, засоления и солонцеватости; серо-бурые неполноразвитые; 5) Древовидный тип вулканического происхождения (Гобустан-Абшеронского прогиба) занимает часть территории Алятской гряды, часть Гобустана, г. Турагай. Структура,

как видно по рисунку, раздроблена. Она нарушена многочисленными гразевыми вулканами. Это тектонически нарушенная структура; 6) Радиально-центростремительный тип расположен в районе озера Шорчала, почвы этого типа подвержены сильной эрозии, слабо или сильно засолены. Этот тип СПП вмещает следующие почвы: серо-бурые солончаковато-солонцеватые, серо-бурые глубинно-засоленные, серо-бурые гипсоносные, солончаки; 7) Луковично рассеивающий тип. Начальная точка, т. е. репеллер потока этой структуры находится в зоне поселка Сарай, устремляясь вниз к своему аттрактору, образует луковичную форму и охватывает территории Гюздека, Пута, Локбатан, Гобу. Почвы здесь серо-бурые солончаковатые слаборазвитые, серо-бурые солончаковато-солонцеватые, частично денуди-рованные; 8) Древовидно-радиальный тип бакинского яруса. Поток этой структуры начинается от поселка Джорат, разветвляясь полукругом поток охватывает город Баку, и расположенные близлежащие техногенные земли. Почвы здесь серо-бурые слаборазвитые орошаемые, разновидности серо-бурых орошаемых почв; 9) Радиально-центробежные типы. Структура сильно разветвлена.

Распространенные здесь почвы представлены разностями серо-бурых орошаемых почв, серо-бурых солонцевато-орошаемых, серо-бурых неполно-развитых орошаемых, серо-бурых солончаковато-солонцеватых орошаемых. Эти почвы распространены, в основном, в восточной части Абшерона и образуют комплекс с неполноразвитыми разностями серо-бурых почв. Для системного анализа формирования структуры почвенного покрова на Абшероне, чтобы оценить качество СПП, которое определяет его естественное плодородие, в первую очередь необходимо рассмотреть и проанализировать природно-климатические факторы, которые определяют СПП. Важное место в почвенных исследованиях занимает экологогенетический анализ, под которым подразумевается «углубленный разбор соотношений между почвами и факторами среды – растительностью, почвообразующими породами, климатом, рельефом с учетом установленных типов закономерных связей и количественных отношений в системе растение–среда».

Структура почв образуется в результате длительных и активных почвообразовательных процессов, протекающих в тех или иных условиях. С развитием почвы развивается и изменяется ее структура. Биологические причины разрушения структуры связаны с процессами минерализации почвенного гумуса – главного клеящего вещества при ее образовании. Также с уменьшением насыщенности кальцием структура почвы ухудшается, коллоидные вещества становятся неустойчивыми, легко распадаются и под действием атмосферных осадков и орошения вымываются вглубь, образуя на небольшой глубине очень плотный иллювиальный горизонт. Восстановление и сохранение структуры в условиях сельскохозяйственного использования почв осуществляется агротехническими методами. Принимая во внимание роль микробных сообществ в круговороте вещества и энергии в почве, нами впервые для различных почвенных

разностей СПП Абшерона в рамках исследований их эколого-биологических особенностей, изучена численность некоторых групп микроорганизмов в почве (табл.). Изучена численность трех групп микроорганизмов:

1. Гетеротрофных (органотрофных) – использующих органические соединения в почве в качестве источника углерода и энергии;

2. Целлюлозоразлагающих. Целлюлоза – главная составная часть клеточных стенок растений. Поэтому микроорганизмы, разрушающие клетчатку, играют исключительно важную роль в круговороте углерода. При этом разложение клетчатки происходит и в аэробных, и в анаэробных условиях, при щелочной и кислой реакции среды, низкой и высокой влажности, разной температуре, что в основном характерно для различных почвенных разностей СПП Абшеронского полуострова. Разложение этой группой клетчатки осуществляется с участием фермента целлюлозы.

Образовавшиеся соединения микроорганизмы используют в качестве источника углерода и энергетического материала.

Таблица

Сравнительная оценка микробиологической активности почвенных разностей СПП Абшерона

Наименование СПП	Средний балл бонитета	Содержание гумуса, %	Численность микроорганизмов*		
			сапрофиты, млн кл/г почвы	целлюлозоразлагающие, тыс./1 г почвы	аммонифицирующие, млн г почвы
Луковично-собирающий	85	0,39–1,79	5,1–5,7·10 ⁷	88,3–90,3	1,6–2,9·10 ⁵
Радиально-округлый	76	0,20–1,14	4,5–4,7·10 ⁷	85,3–87,9	1,4–2,7·10 ⁵
Древовидно-концентрический	69	0,95–1,73	2,4–2,7·10 ⁷	76,3–78,1	1,2–2,5·10 ⁵
Древовидный вулканического происхождения	68	0,70–1,48	2,5–2,7·10 ⁷	77,5–79,2	1,5–1,6·10 ⁵
Древовидный	65	0,38–1,73	3,0–3,8·10 ⁷	71,3–75,7	1,0–2,8·10 ⁵
Радиально-центростремительный	54	0,31–1,07	1,2–1,6·10 ⁶	69,6–70,5	0,6–0,9·10 ⁴
Радиально-центробежный	54	0,27–1,09	1,1–1,4·10 ⁶	69,7–70,3	0,8–0,9·10 ⁴
Древовидно-дихотомический	44	0,23–1,27	2,1–2,2·10 ⁶	65,2–68,3	0,5–0,6·10 ³
Луковично-рассеивающий	42	0,40–0,74	2,5–2,7·10 ⁶	66,2–69,8	1,5–2,4·10 ⁵
Древовидно-радиальный	41	0,27–1,09	3,5–4,0·10 ⁷	65,3–66,1	1,2–1,8·10 ⁵
Древовидно-равнинной части	31	0,21–1,90	1,5–1,7·10 ⁵	44,3–45,1	0,3–0,4·10 ³

Примечание: * в слое почвы 0–15 см.

3. Аммонифицирующих. Эта группа микроорганизмов участвует в круговороте азота – минерализации органических форм азота, которые становятся доступными для растительных сообществ. Анализ полученных данных свидетельствуют о широком варьировании численности различных групп микроорганизмов в почвенных разностях в зависимости от типа СПП. Наиболее высокая численность жизнеспособных гетеротрофных микроорганизмов, а также целлюлозоразлагающих и аммонифицирующих обнаружена в радиально-округлой, луковично-собирающей, и древовидной вулканического происхождения и древовидной СПП. Численность всех исследуемых микроорганизмов в почвенных разностях вышеуказанных СПП была наиболее высокой. Это в основном тип серо-коричневых почв. Наиболее низкой численностью микроорганизмов характеризовались почвенные разности СПП древовидной равнинной части Абшерона: серо-бурые типы почв и дюнные пески. Анализ показывает, что широкое варьирование микробиологической активности определяется физико-химическими параметрами самих почвенных разностей, в том числе степени засоления, содержанием гумуса, емкостью поглощения и т. д. Как правило, почвы незасоленные, с высоким содержанием гумуса, высокой степени емкости поглощения отличаются сравнительно высокими активностями всех изученных нами групп микроорганизмов. Высокая численность микроорганизмов и их активность в серо-коричневых и серо-бурых подтипах почв различных типах СПП является показателем их высокой биологической активности и способностью их поддерживать круговорот органических и минеральных компонентов в этих почвенных разностях.

Список литературы

1. Степанов, И. Н. Пространство и время в науке о почвах / И. Н. Степанов. – М.: Наука, 2003. – 176 с.
2. Мамедов, Г. Ш. Почвенно-экологические особенности структуры почвенного покрова Абшерона / Г. Ш. Мамедов, В. Г. Гасанов, Ф. А. Манафова; «Известия» НАНА, отдел биологических наук. – Баку: Элм, 2007. – № 5–6. – С. 58–67.
3. Манафова, Ф. А. Изменение параметров строения структуры почвенного покрова Абшеронского полуострова в зависимости от антропогенного воздействия: материалы Всерос. науч. конф. Закономерности измен. почв при антропог. возд., регул. сост. и функц. почвенного покрова. – М., 2011. – С. 157–163.
4. Исмаилов Н. М., Наджафова С. И., Удовиченко Т. стойчивость различных типов почв вдоль СМЭТ к нефтяному загрязнению и микробиологический фактор в их самоочищении: материалы конф. «Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям». – М., 2002. – С. 261–262.
5. Влияние различных экологических факторов природной среды на структуры почвенного покрова Абшерона агрохимии СОРАН, 10–14 сент. – Новосибирск, 2018. – С. 304–309.

РОЛЬ КРЕМНИЯ В ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СИСТЕМЫ «ПОЧВА – РАСТЕНИЕ»

В. В. Матыченков

*Институт фундаментальных проблем биологии,
г. Пущино, Россия*

Введение. Кремний (Si) – самый распространенный после кислорода элемент земной коры. Кларк по А. П. Виноградову равен 29,5; массовое содержание в земной коре – 23,8 %. Кислородсодержащие соединения Si – кварц и силикаты – составляют 87 % литосферы.

Большая часть работ, посвященных исследованиям кремния в почве, относится к изучению различных почвенных минералов, что является логичным, поскольку соединения Si в почве представлены преимущественно диоксидом кремния и алюмосиликатами. Растворение твердых соединений кремния приводит к образованию монокремниевой кислоты – H_4SiO_4 или $Si(OH)_4$, которая по структуре представляет собой тетраэдр с атомом кремния в центре. В почвенном растворе постоянно присутствуют растворимые формы Si – моно- и поликремниевые кислоты, кремний-органические соединения, обладающие высокой химической и биологической активностью [1]. Анализ литературных и полученных нами данных позволил предложить классификацию соединений кремния в почве, в которой особое внимание уделено биогеохимически активным формам кремния (рис.).

Концентрация растворимых соединений кремния, а также соединений, способных обеспечивать поступление кремния в почвенный раствор, является важной характеристикой кремниевого состояния почв. Поскольку центральное место в цикле и балансе кремния в системе почва–растение занимает монокремниевая кислота, то содержание именно данного соединения должно быть в основе такой оценки. Необходимо также учитывать состояние почвы-момента и почвы-памяти. Содержание монокремниевой кислоты в данный момент, определяемое в водной вытяжке из свежей почвы, названо **актуальным Si**. Кроме этой формы, в почве находятся соединения Si твердых фаз, которые со временем могут переходить в раствор. Этот кремний предложено называть **потенциальным Si** и определять в кислой (0,1 н HCl) вытяжке из почвы.

Нами было показано, что существует тесная взаимосвязь между содержанием актуального и потенциального Si. Для оценки уровня дефицита доступного для растений Si в почвах необходимо иметь информацию об обеих формах кремния, однако на практике более удобно пользоваться одним параметром. Таким комплексным параметром может быть содержание **активного Si**. Была предложена следующая формула определения активного кремния в почве:



Рис. Классификация кремниевых соединений в почве.

Активный Si = 10 x Актуальный Si + Потенциальный Si. Анализ данных о содержании различных форм Si в почвах позволил предложить следующую градацию почв по дефициту доступного для растений Si (табл.).

Таблица

Градация почв по дефициту доступного для растений кремния.

Уровень дефицита Si в почве	Формы кремния, Si мг/кг		
	Актуальный Si	Потенциальный Si	Активный Si
Нет дефицита	>40	>600	>1000
Низкий уровень дефицита	20–40	300–600	500–1000
Дефицит	10–20	100–300	200–500
Высокий уровень дефицита	0–10	0–100	0–200

Отсутствие дефицита Si характерно для почв с высоким уровнем плодородия (пойменные, вулканические, некультивируемые черноземы). Кремниевые удобрения или почвенные мелиоранты на этих почвах могут быть использованы для оптимизации фосфорного и азотного питания растений.

Низкий уровень дефицита Si характерен для некультивируемых почв с высоким и средним уровнем плодородия (серая лесная, бурая лесная, серая почвы). К почвам, имеющим низкий уровень дефицита кремния, относятся также черноземы и другие почвы с высоким уровнем плодородия, но интенсивно используемые в сельском хозяйстве. Кремниевые удобрения и мелиоранты на этих почвах позволяют увеличить обеспеченность растений Si и повысить эффективность применяемых минеральных и органических удобрений, а также средств защиты растений.

Дефицит Si характерен для деградированных сельскохозяйственных угодий, почв с низким уровнем плодородия (дерново-подзолистые почвы). Кремниевые удобрения и мелиоранты обеспечат снижение скорости деградации и эрозии сельскохозяйственных почв, а также необходимый уровень кремниевого питания растений.

Высокий уровень дефицита Si характерен для сильно деградированных почв, песчаных почв. Недостаток активных форм Si существенно снижает урожайность сельскохозяйственных культур и эффективность вносимых агрохимикатов.

Si является неотъемлемым компонентом растений. Его содержание в золе составляет от 0,16 до 8,4 % и выше [2]. Установлено, что растения поглощают кремний в форме монокремниевой кислоты в виде гидрата $\text{Si}(\text{OH})_4$. В растении монокремниевая кислота аккумулируется и полимеризуется в эпидермальных тканях (коре, листьях, корнях), а также трансформируется в различные виды фитоцитов [3].

Заключение. Оценки объемов и интенсивности кремниевого цикла в природных и антропогенных системах позволяют сделать вывод, что во многих случаях нехватка доступного для растений кремния является лимитирующим фактором продуктивности экосистемы и ее экологической устойчивости.

Список литературы

1. Подвижные кремниевые соединения в системе почва-растение и методы их определения / И. В. Матыченков [и др.] / Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. – 2016. – №. 3.
2. Epstein, E. Silicon / E. Epstein // Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1999. – Vol. 50. – P. 641–664.
3. Mann S. Synthesis of inorganic materials with complex form / S. Mann., G. A. Ozin. // Nature. – 1996. – Vol. 382. – P. 52–57.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ОЦЕНКУ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

**О. В. Матыченкова¹, Т. Н. Азарёнок¹, С. В. Дыдышко¹,
Е. Д. Ананько¹, С. В. Шульгина²**

¹*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

²*ВАК Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь*

Агроклиматические условия являются важным фактором роста и развития сельскохозяйственных культур и их продуктивности, оказывающим влияние на экономику сельскохозяйственных организаций, а их учет при оценке земель позволяет сопоставить показатели плодородия почв в пределах всей территории республики.

Систематизация и анализ данных материалов II тура землеоценочных работ (2009–2016 гг.) позволили установить, что отрицательное влияние агроклиматических условий на оценку плодородия почв увеличилось (по сравнению с I туром кадастровой оценки) в Гомельской, Могилевской и Брестской областях и уменьшилось в Минской и Гродненской. Все это отразилось и на оценке плодородия почв. По сравнению с первым туром кадастровой оценки балл плодородия почв увеличился в Витебской (на 1,7 балла), Гродненской (на 1 балл) и Минской (на 0,5 балла), уменьшился – в Гомельской (на 1,8 балла), Могилевской (на 0,2 балла) и Брестской (на 0,1 балла) областях. С использованием поправочных коэффициентов на агроклиматические условия для областей и каждого административного района, проведенный расчет позволил установить, что снижение плодородия почв пахотных земель (в баллах) за счет агроклиматических условий по Беларуси в среднем составило 8,2 балла: максимальное в Витебской (14,3) и Могилевской (13,0 балла), минимальное – в Брестской (2,8) и Гродненской (4,5 балла) областях. Причем это снижение в 8,2 балла является максимальным среди всех других факторов, учитываемых при оценке земель в Беларуси. Благоприятные климатические условия для возделывания сельскохозяйственных культур сложились в западных районах Брестской и Гродненской областей, где снижение плодородия почв за счет агроклиматических характеристик по отдельным районам не превышает 2,0–2,5 баллов (поправочный коэффициент 0,99–0,93).

Минимальное влияние агроклиматических условий на снижение плодородия почв пахотных земель (менее 1,0 балла) в Брестском (на 0,2 балла, поправочный коэффициент 0,995) и Малоритском (на 0,7 балла, поправочный коэффициент 0,971) районах. Менее благоприятные условия – в северных и северо-восточных районах Витебской и Могилевской областей, где снижение плодородия почв за счет агроклиматических условий достигает 15–18 баллов (поправочный коэффициент 0,55–0,66).

Наибольшее снижение произошло в Дубровенском (на 18,6 баллов, поправочный коэффициент 0,640), Городокском (на 18,2 балла, поправочный коэффициент 0,552) и Кричевском (на 18,0 баллов, поправочный коэффициент 0,648) районах. В целом по республике снижение плодородия почв за счет агроклиматических характеристик по всем административным районам отражено на картограмме. Таким образом, агроклиматические условия оказывают влияние на плодородие почв пахотных земель в Беларуси.

Таким образом, в среднем по республике за счет климатических условий плодородие почв снижается на 8,2 балла, изменяясь по областям от 14,3 в Витебской до 2,8 балла в Брестской, а по районам от 18,6 в Дубровенском до 0,2 балла в Брестском [1, 2].

Проведена группировка районов республики по снижению балла плодородия почв на неблагоприятные климатические условия (заморозки и засушливые явления) и составлены картосхемы.

Наибольшему влиянию заморозков подвергаются посевы в северных районах республики. Максимальное снижение балла на заморозки наблюдается в Лиозненском, Дубровенском и Городокском районах Витебской области на 15,2, 16,4 и 17,6 баллов соответственно, а общее снижение по климату в целом составляет 17,1, 18,6 и 18,2 балла соответственно, т. е. балл снижается в основном за счет заморозков (рис. 1, табл. 1).

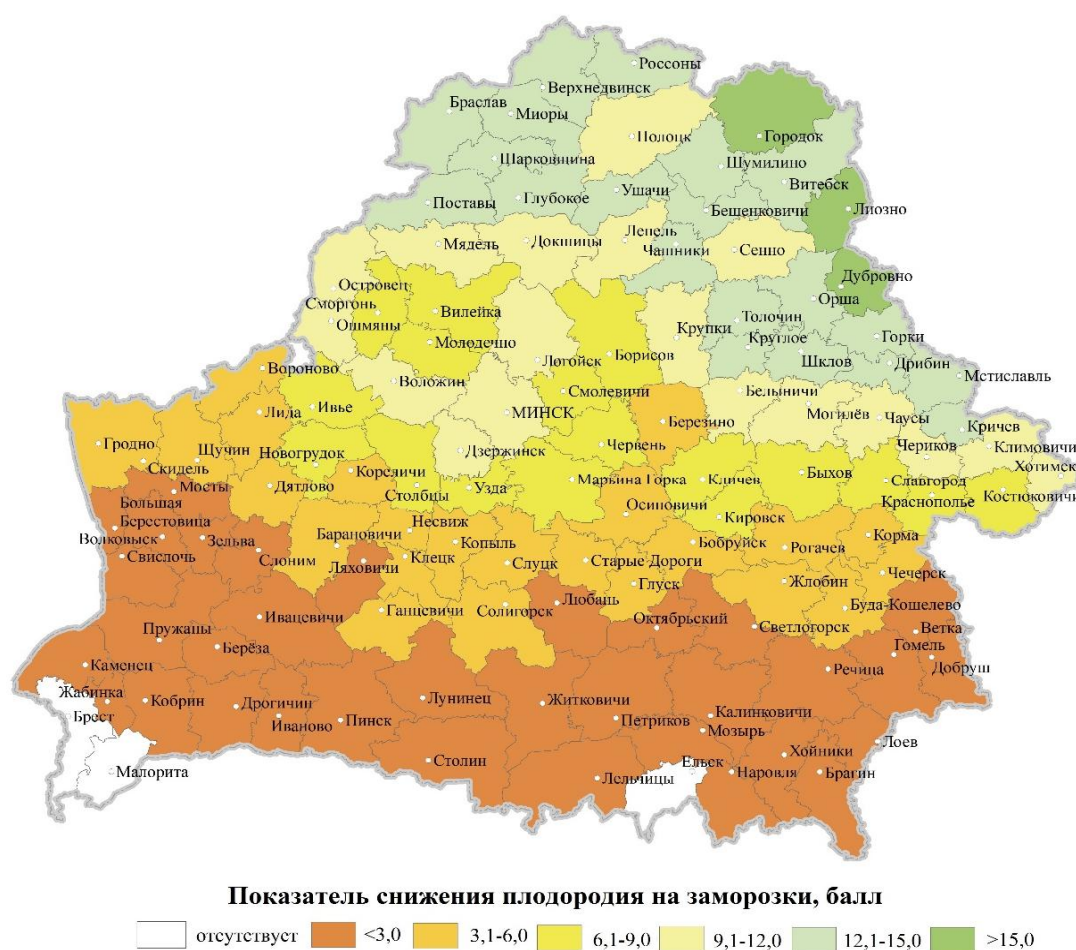


Рис. 1. Распределение районов по снижению плодородия почв на заморозки, балл

В 3-х районах (Брестский, Малоритский, Ельский) не наблюдается снижение балла за счет заморозков, причем в Брестском районе плодородие даже возрастает на 0,4 балла. 34 района характеризуются снижением плодородия на 0,1–3,0 балла, 23 района – на 3,1–6,0 балла, 17 районов – на 6,1–9,0 балла, 18 районов – на 9,1–12,0 балла, 20 районов – на 12,1–15,0 балла и 3 района – более 15,0 баллов. В целом по республике снижение на заморозки варьирует от 0,2 до 17,6 баллов.

Таблица 1

Группировка районов по снижению плодородия почв на заморозки

Балл снижения	Количество районов	Районы
отсутствует	3	Брестский, Малоритский, Ельский
<3,0	34	Березовский, Дрогичинский, Жабинковский, Ивановский, Ивацевичский, Каменецкий, Кобринский, Лунинецкий, Ляховичский, Пинский, Пружанский, Столинский, Брагинский, Ветковский, Гомельский, Добрушский, Житковичский, Калинковичский, Лельчицкий, Лоевский, Мозырский, Наровлянский, Октябрьский, Петриковский, Речицкий, Светлогорский, Хойникский, Берестовицкий, Волковысский, Зельвенский, Мостовский, Свислочский, Слонимский, Любанский
3,1–6,0	23	Барановичский, Ганцевичский, Буда-Кошелёвский, Жлобинский, Кормянский, Рогачевский, Чечерский, Вороновский, Гродненский, Дятловский, Кореличский, Лидский, Щучинский, Березинский, Клецкий, Копыльский, Несвижский, Слуцкий, Солигорский, Стародорожский, Бобруйский, Глусский, Осиповичский
6,1–9,0	17	Ивьевский, Новогрудский, Сморгонский, Борисовский, Вилейский, Молодечненский, Пуховичский, Смолевичский, Столбцовский, Узденский, Червенский, Быховский, Кировский, Кличевский, Костюковичский, Краснопольский, Славгородский
9,1–12,0	18	Докшицкий, Лепельский, Полоцкий, Сенненский, Островецкий, Ошмянский, Воложинский, Держинский, Крупский, Логойский, Минский, Мядельский, Бельничский, Климовичский, Могилевский, Хотимский, Чаусский, Чериковский
12,1–15,0	20	Шкловский, Бешенковичский, Браславский, Верхнедвинский, Витебский, Глубокский, Миорский, Оршанский, Поставский, Россонский, Толочинский, Ушачский, Чашникский, Шарковщинский, Шумилинский, Горецкий, Дрибинский, Кричевский, Круглянский, Мстиславский
>15,0	3	Городокский, Дубровенский, Лиозненский

Потепление климата в пределах республики ведет к увеличению опасных метеорологических явлений – засух. Если раньше засушливые периоды в Беларуси наблюдались в четырех годах из 10 и охватывали до четверти территории, то за последние 27 лет только в 1998, 2000 и 2004 гг. не отмечено засушливых явлений. Наибольшее число засух

(92 %), начиная с 1968 года, имело место в мае-июне. Наиболее подвержены засухе южные регионы Беларуси [3].

Засушливым явлениям подвержены в основном южные регионы республики, максимальное снижение достигает 2,3 балла в Брагинском и Хойникском районах Гомельской области (рис. 2, табл. 2).



Рис. 2. Распределение районов по снижению плодородия почв за счет засушливых явлений, балл

Таблица 2

Группировка районов по снижению плодородия почв за счет засушливых явлений

Балл снижения	Количество районов	Районы
<0,40	15	Березовский, Дрогичинский, Ивановский, Ивацевичский, Кобринский, Столинский, Гомельский, Добрушский, Октябрьский, Берестовицкий, Волковысский, Березинский, Быховский, Кировский, Чаусский
0,41–0,80	11	Брестский, Жабинковский, Малоритский, Сенненский, Буда-Кошелевский, Мозырьский, Светлогорский, Любанский, Бельничский, Кличевский, Могилевский
0,81–1,20	8	Ельский, Житковичский, Жлобинский, Калинковичский, Лельчицкий, Наровлянский, Петриковский, Рогачевский,
1,21–1,60	2	Лоевский, Речицкий
>1,60	2	Брагинский, Хойникский

Снижение плодородия почв за счет засушливых явлений отмечается в 38 районах: 15 районов характеризуются снижением плодородия на 0,01–0,40 балла, 11 районов – на 0,41–0,80 балла, 8 районов – на 0,81–1,21 балла, 2 района – на 1,21–1,60 балла и 2 района более 2,00 балла. В целом по республике снижение за счет засушливых явлений варьирует от 0,1 до 2,3 баллов.

Таким образом, показатели кадастровой оценки земель способствуют решению задач в области агропочвоведения, агрономии, экологии, для целей научного обеспечения принятия решений в сфере рационального землепользования и эффективного возделывания сельскохозяйственных культур.

Список литературы

1. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика / Г. М. Мороз [и др.]; под ред. Г. М. Мороза и В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 208 с.
2. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств. Содержание и технология работ. ТКП-2018 (033520) / Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. – Минск, 2018. – 105 с.
3. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь / В. Мельник [и др.]. – Минск–Женева, 2017. – 83 с.

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ПРОСА НА ПОЧВАХ РАЗЛИЧНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА БЕЛАРУСИ

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

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

Изменения климата, произошедшие на территории республики за последние 30 лет, в том числе участвовавшие засухи в летний период, перераспределение количества и интенсивности осадков в холодный период побуждают использовать в сельскохозяйственном производстве засухоустойчивые культуры, которые обеспечивают высокую продуктивность, способны хорошо отрастать после скашивания, толерантны к сроку сева. На территории республики возделываются такие засухоустойчивые культуры как просо, пайза, сорго-суданковый гибрид, амарант, эспарцет, сахарное сорго. В рамках реализации Стратегии адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата в 2020–2025 гг. исследования продуктивности проса на почвах разного гранулометрического состава для целей рационального размещения посевов и получения высоких урожаев являются актуальными.

Просо – культура с высокой засухоустойчивостью универсального использования, дает продовольственное зерно, зернофураж, зеленую массу с высоким кормовым качеством. Оно используется как источник получения ценного продукта – пшена (просяной крупы). Пшено обладает хорошими вкусовыми качествами и высокими пищевыми достоинствами, содержит 12–14,7 % белка, в составе которого выявлены все незаменимые аминокислоты. По содержанию жира (3,5 %) уступает только овсяной крупе и кукурузе. В не переработанном виде просо широко используется как высокоценный концентрированный корм. Оно обладает высокой устойчивой урожайностью, что обусловлено его биологическими особенностями. Положительным качеством проса является большая по сравнению с другими зерновыми культурами устойчивость к болезням и вредителям. По содержанию фосфора, микроэлементов и витаминов превосходит луговые травы и кукурузу [1]. Просо имеет растянутый период сроков сева: от начала мая при возделывании на зерно до конца второй декады июля для получения зеленой массы. Может выступать как страховочная культура для пересева погибших или уплотнения изреженных посевов зерновых и кормовых культур. Это теплолюбивая культура, не требовательна к предшественнику, однако не любит возделывания в монокультуре и после яровых зерновых [2].

Согласно рекомендациям по возделыванию проса и требованиям отраслевых регламентов почва должна обладать следующими агрохимическими показателями: рН = 5,5–7,0, содержание гумуса – не менее 1,6 %, доступного фосфора и обменного калия – не менее 150 мг/кг почвы. Лучшими предшественниками для проса являются многолетние бобовые травы (люцерна, клевер, эспарцет), зернобобовые (горох, люпин) и пропашные культуры (картофель, сахарная свекла). Это связано с тем, что для проса важно наличие чистого почвенного участка, так как до фазы кушения растения развиваются очень медленно и легко заглушаются сорняками. Хорошими предшественниками могут выступать озимые зерновые культуры, лен и гречиха. Нежелательно размещать просо после кукурузы и перед ней, так как эти культуры поражаются стеблевым мотыльком. По фитосанитарным условиям возврат на тот же участок проса допускается через 5–6 лет [3, 4].

За последние четыре года площадь посевов проса в республике постепенно уменьшается. В 2018 г. она составляла 12 044 га, или 0,23 %, а в 2021 г. снизилась до 8 292 га, или 0,16 %. На рисунке 1 показан удельный вес посевов проса по районам республики в 2021 г.

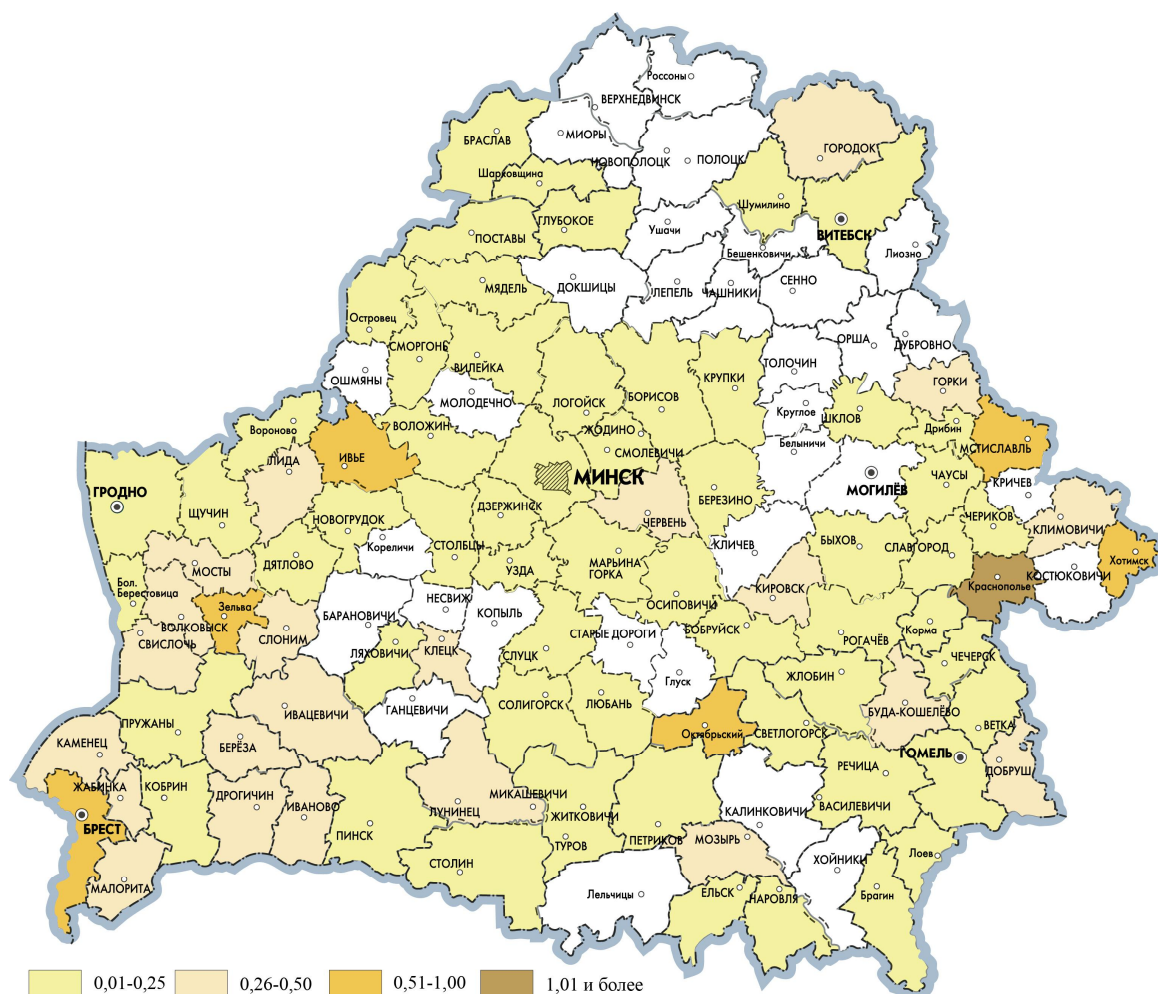


Рис. 1. Удельный вес проса в общей площади посевных площадей в 2021 г., %

Посевы проса больше всего распространены в Брестской, Гродненской и Могилевской областях. Здесь они занимают от 0,25 до 0,21 % площади пахотных земель. В Витебской области под просо выделено всего 0,05 % пашни. В Минской области просо занимает 0,09 % площади пахотных земель. В разрезе районов посевная площадь проса колеблется от 0,01 до 1,41 %. В 2021 г. наибольшими посевами проса отметился Краснопольский район Могилевской области – 1,41 %.

Средняя урожайность проса на зерно в 2014–2020 гг. в сельскохозяйственных организациях по республике составила 16,3 ц/га. Изменяясь от 14,3 ц/га в 2014 до 16,3 ц/га в 2021 г. Наиболее продуктивной как по урожайности, так и по валовому сбору оказалась Гродненская область. Средняя урожайность проса здесь составила 26,3 ц/га. Максимальные урожай были получены в Зельвенском и Гродненском районах – 46,2 и 45,3 ц/га соответственно. Минимальная урожайность проса, на уровне 4,1–4,6 ц/га отмечалась в пяти районах (Браславском, Кормянском, Быховском, Чаусском, Чериковском) [5].

Анализ данных урожайности проса на зерно по сведениям государственных сортоиспытательных участков (ГСУ) и станций показывает, что на дерново-подзолистых супесчаных почвах, преобладающих в пахотных землях ГСУ, в среднем получено 36,5 ц/га зерна. Минимальная урожайность наблюдалась в Каменецком ГСУ и Лепельской СС – 17,4 и 26,0 ц/га соответственно. Максимальная продуктивность зерна проса была получена на Октябрьской сортоиспытательной станции – 48,4 ц/га. При возделывании проса на зеленую массу получено в среднем 86,5 ц/га. Максимальные урожаи были получены на Октябрьской и Горецкой сортоиспытательных станциях – 142,2 и 101,1 ц/га соответственно.

Исследования продуктивности проса в производственных посевах ОАО «Дербин» Октябрьского района на почвах разной типовой принадлежности, гранулометрического состава и степени увлажнения, а также систематизация и анализ литературных источников показывает, что наиболее высокие урожаи зерна получены на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (38,1 ц/га к. ед.) (рис. 2).

На деградированной торфяно-минеральной почве урожайность зерна составила 28,7 ц/га к. ед. Минимальный урожай наблюдался на деградированной минеральной остаточно-торфяной песчаной почве – 18,7 ц/га к. ед.

При выращивании проса на зеленую массу высокие урожаи были получены на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. На деградированной минеральной остаточно-торфяной почве было получено 68,7 ц/га к. ед. зеленой массы. Наименее продуктивными оказались дерново-подзолистые разной степени увлажнения песчаные почвы.

На основании полученных данных проведен корреляционный анализ связи продуктивности проса с метеорологическими условиями их возделывания. Имеется сильная обратная связь между суммой активных тем-

ператур и продуктивностью культур ($r = -0,63 - -0,91$), слабая связь установлена между продуктивностью зеленой массы и количеством осадков за вегетационный период ($r = 0,12$) (табл.).

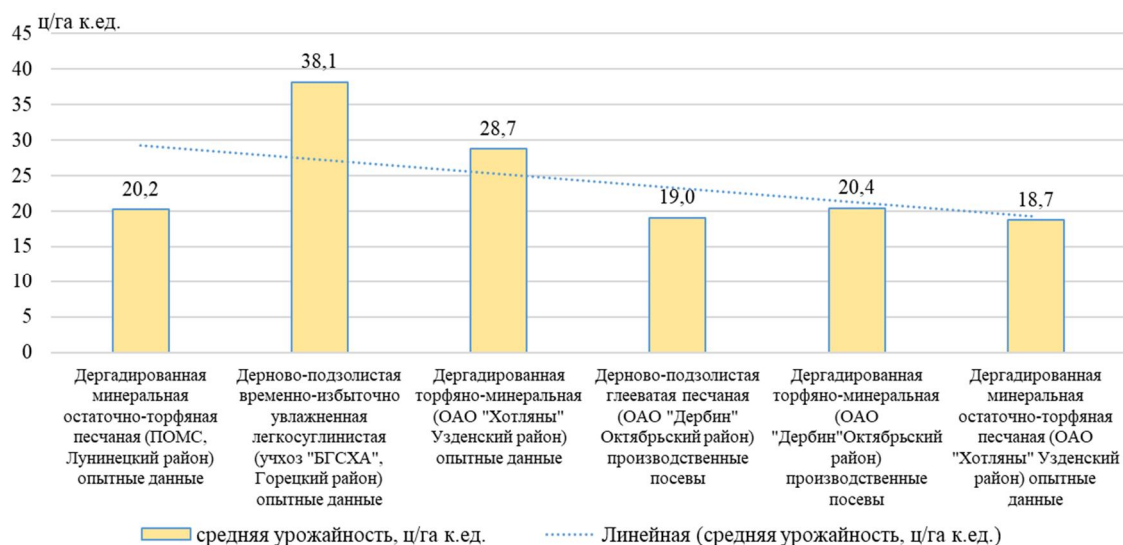


Рис. 2. Продуктивность проса (на зерно) в опытных и производственных посевах

Таблица

Коэффициенты корреляции (r) между продуктивностью проса и метеорологическими условиями вегетационного периода

Культура	Сумма активных температур воздуха выше 10 °С	Сумма осадков за период с температурой выше 10 °С	Гидротермический коэффициент (ГТК)	Биоклиматический потенциал (БКП)	Продолжительность периода вегетационного развития зерновых культур, дней	Условия увлажнения во 2-й и 3-й декадах июня (среднедекадное количество осадков)	Условия увлажнения во 2-й и 3-й декадах июня (среднедекадная температура, °С)
Просо на зерно	-0,91	-0,69	0,70	-0,66	-0,79	0,89	-0,83
Просо на зеленую массу	-0,63	0,12	0,83	-0,56	-0,61	0,72	-0,67

Сильная прямая связь продуктивности проса наблюдается в зависимости от условий увлажнения во 2-й и 3-й декадах июня, когда чаще всего наблюдаются засушливые явления (ГТК во 2-й и 3-й декадах июня ($r = 0,89-0,72$), ГТК ($r = 0,70-0,83$)).

Таким образом проведенные исследования показывают, что в условиях Республики Беларусь просо является эффективной культурой, позволяющей получать высокие урожаи как зерна, так и зеленой массы. Наибольшей продуктивностью обладают дерново-подзолистые легкосуглинистые автоморфные и слабоглееватые почвы. Минимальные урожаи получены на дерново-подзолистых глееватые и глеевых песчаных почвах. Установлено, что продуктивность проса зависит от агрометеорологических условий (сумма активных температур ($r = -0,63 - -0,91$), ГТК ($r = 0,70 - 0,83$), и особенно от ГТК во 2-й и 3-й декадах июня ($r = 0,72 - 0,89$)).

Список литературы

1. Мардилович, М. И. Оценка сортов проса по продуктивности и белковости на дерново-подзолистых супесчаных почвах центральной зоны Республики Беларусь / М. И. Мардилович; материалы Междунар науч. практ конф. (Жодино, 13–15 июля 2006 г.). – С. 352–356.
2. Достижение устойчивой продуктивности кормовых культур на деградированных торфяно-песчаных почвенных комплексах полесья (рекомендации) / НПЦ НАН Беларуси по земледелию, Институт мелиорации. – Минск, 2007. – 20 с.
3. Рекомендации по возделыванию проса на продовольственные цели на дерново-подзолистых супесчаных почвах в условиях радиоактивного загрязнения / И. М. Богдевич [и др.]; Национальная академия наук Беларуси, Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2011. – 31 с.
4. Возделывание просовидных культур в Республике Беларусь: монография / О. С. Корзун [и др.]. – Гродно: ГГАУ, 2011. – 189 с.
5. Сельское хозяйство Республики Беларусь 2014–2020 гг.: статистический сборник – Минск, 2021. – 197 с. [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь; ред. И. В. Медведева [и др.]. – Дата доступа: 15.03.2022 г.

ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОГО РАПСА НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ С ОЧЕНЬ ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ПОДВИЖНЫХ ФОСФАТОВ

Е. Г. Мезенцева, О. Г. Кулеш, О. В. Симанков, А. А. Грачёва

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

Возделывание рапса, как наиболее приспособленной для почвенно-климатических условий нашей страны маслично-белковой культуры, способствует решению проблемы обеспечения страны растительным маслом и кормовым белком. Ежегодно посевные площади рапса занимают 400–500 тыс. гектаров, из них озимого – 85–95 % от общей. Потенциальная урожайность районированных сортов и гибридов достигает 50–65 ц/га маслосемян. Однако средняя урожайность культуры в Беларуси в производственных условиях остаётся невысокой – на уровне 18–19 ц/га [1]. Это обусловлено не только низкой зимостойкостью озимого рапса в отдельные годы, но и несовершенной технологией его возделывания, в том числе и системой удобрения.

В Беларуси около четверти площадей дерново-подзолистых почв характеризуются избыточным содержанием подвижных соединений фосфора [2]. Так как стабильно высокие урожаи хорошего качества можно получать только при сбалансированном минеральном питании, когда условия питательного режима почвы уравновешены и оптимизированы, возникает необходимость установления его оптимального уровня на почвах с очень высоким содержанием подвижных соединений фосфора.

Исследования с озимым рапсом Мерседес F1 проводили в вегетационные периоды 2018–2019 и 2019–2020 гг. на дерново-подзолистой суглинистой почве со следующей усреднённой агрохимической характеристикой пахотного слоя: рН_{KCl} 6,1, содержание гумуса – 2,6 %, подвижные соединения фосфатов – 474 и калия – 285 мг/кг почвы.

В опыте предусматривалось применение сульфата аммония и хлористого калия в основное внесение, карбамида – в основное внесение и подкормки согласно схеме опыта (первая – при возобновлении весенней вегетации растений (ВВВ), вторая – в фазу стеблевания культуры). В качестве некорневой подкормки в фазу бутонизации культуры применяли микроудобрение МикроСтим-Марганец, Бор (му) и регулятор роста растений Экосил (РР). Солоmistый навоз был внесен под предшественник – яровую пшеницу.

Уровень урожайности – функция многих факторов. Установлено, что определяющим фактором формирования продуктивности озимого рапса, возделываемого на дерново-подзолистой суглинистой почве с очень высоким содержанием фосфатов и высоким – калия, явились гидротермические

условия годоопытов, которые характеризовались как экстремальные для культуры. Неравномерное выпадение осадков и резкие температурные отклонения к среднемноголетнему показателю оказало неоднозначное влияние на рост и развитие растений, поглощение ими основных элементов питания и формирование структуры урожайности семян озимого рапса.

Результаты расчёта долевого участия факторов в формировании урожайности маслосемян показали, что в 2019 г. основная часть продукции была получена за счёт почвенного плодородия (40 %) и применения азотных удобрений в виде подкормок (40–43 %). В 2020 г. продуктивность рапса на 82 % формировалась за счёт естественного плодородия, оставшаяся часть (18 %) приходилась на минеральные удобрения (табл.).

Таблица

Влияние систем применения удобрений на урожайность маслосемян озимого рапса (11 % вл.)

Варианты опыта	Урожайность, ц/га			Прибавка от азота, ц/га		Оплата 1 кг азота, кг	
	2019 г.	2020 г.	ср.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
Без удобрений	9,7	30,5	20,1	–	–	–	–
N₃₀K₉₀ – Фон 1	12,4	33,5	23,0	–	–	–	–
Фон 1 + N ₉₀ *	16,7	36,4	26,6	4,3	2,9	4,7	3,3
Фон 1 + N ₁₂₀ *	20,0	34,5	27,3	7,6	1,0	6,3	0,9
Фон 1 + N ₉₀ + N ₃₀	23,0	37,2	30,0	10,6	3,7	8,8	3,1
Фон 1 + N ₉₀ + N ₃₀ + му + РР	24,5	37,4	31,0	–	–	–	–
N₃₀P₃₀K₉₀ – Фон 2	14,4	34,0	24,2	–	–	–	–
Фон 2 + N ₉₀	19,2	36,0	27,6	4,8	2,0	5,3	2,3
Фон 2 + N ₁₂₀	22,5	35,1	28,8	8,1	1,1	6,8	1,0
Фон 2 + N ₉₀ + N ₃₀	24,4	37,1	30,8	10,0	3,1	8,3	2,6
Фон 2 + N ₉₀ + N ₃₀ + му + РР	25,0	37,9	31,5	–	–	–	–
НСР ₀₅	1,6	1,9	1,2	–			

Максимальная разница в урожайности между годами исследований – 20,8 ц/га характерна для неудобренного варианта. Применение макро- и микроудобрений, некорневых подкормок посевов нивелировали колебания урожайности культуры: в вариантах с фоновым применением минеральных удобрений различия составили 19,6–21,1 ц/га, дополнительных азотных подкормок – 12,7–14,2, внекорневых подкормок микроудобрением и регулятором роста – 12,9 ц/га.

В 2019 г. урожайность маслосемян в зависимости от системы удобрения варьировала от 12,4 до 25,0 ц/га при 9,7 ц/га за счёт почвенного плодородия. Наиболее значимое влияние на повышение урожайности семян культуры оказали азотные удобрения. Их применение на фоне N₃₀K₉₀ увеличивало урожайность рапса на 4,3–10,6 ц/га (35–85 %), на фоне N₃₀P₃₀K₉₀ – на 4,8–10,0 ц/га (33–69 %) при окупаемости 1 кг удобрения 4,8–10,6 кг семян (табл.).

В зависимости от минерального фона за счёт однократного применения N_{90} дополнительно получено 33–35 % урожая маслосемян, N_{120} – 56–61 %. Подкормка посевов озимого рапса в фазу стеблевания азотным удобрением в дозе N_{30} обусловила получение достоверной прибавки урожайности семян по отношению к фону на уровне 27–38 %. Отмечена преимущественная эффективность применения дробного внесения ($N_{90(BBB)} + N_{30(стеблевание)}$) перед однократным внесением этой же дозы азота ($N_{120(BBB)}$) – дополнительный сбор семян от данного агроприёма составил 1,9–3,0 ц/га маслосемян (8–15 %). При этом 1 кг действующего вещества азота при дробном внесении удобрения окупался 8,3–8,8 кг маслосемян против 6,3–6,8 кг при применении этой же суммарной дозы удобрения в один приём.

В условиях 2020 г. урожайность маслосемян озимого рапса по опыту варьировала от 33,5 до 37,2 ц/га при 30,5 ц/га за счёт плодородия почвы. Наиболее значимое влияние на повышение урожайности семян культуры оказало фоновое внесение минеральных удобрений, а также – применение азотных удобрений. Однако, при недостатке влаги на фоне пониженных температур во время первой подкормки (BBB) эффективность последних реализовалась не в полной мере. В зависимости от минерального фона за счёт однократного применения $N_{90(BBB)}$ дополнительно получено 6–9 % маслосемян, N_{120} – 3 %. Так, при однократной азотной подкормке в дозе N_{90} на фонах с применением полного минерального удобрения и с исключением фосфорных удобрений дополнительно получено 3,4 и 2,9 ц/га семян при окупаемости 1 кг удобрения 3,3 и 3,8 кг урожая соответственно. Увеличение дозы азота до $N_{120(BBB)}$ в условиях засухи ингибировало развитие растений – прибавка по отношению к минеральным фонам недостоверна (1,0–1,1 ц/га). Подкормка посевов озимого рапса азотным удобрением в дозе N_{30} в фазу стеблевания обусловила получение прибавки урожайности семян по отношению к минеральным фонам на уровне 3,1–3,7 ц/га (9–13 %), к дозе N_{90} – 0,8–1,1 ц/га (2–3 %).

В среднем за 2 года исследований урожайность маслосемян в зависимости от системы удобрения составила 23,0–31,5 ц/га. Применение азотных удобрений на фоне $N_{30}K_{90}$ увеличивало урожайность на 3,6–7,0 ц/га (16–31 %) при окупаемости 1 кг удобрения 3,6–5,9 кг семян, на фоне $N_{30}P_{30}K_{90}$ – на 3,4–6,6 ц/га (14–27 %) при окупаемости 1 кг удобрения 3,8–5,5 кг семян.

В зависимости от фона за счёт однократного применения N_{90} дополнительно получено 14–16 % урожая маслосемян, N_{120} – 19 %. Подкормка посевов в фазу стеблевания азотным удобрением в дозе N_{30} обусловила получение дополнительной прибавки урожайности семян по отношению к N_{90} на уровне 11–12 %. Отмечена преимущественная эффективность применения дробного внесения ($N_{90(BBB)} + N_{30(стеблевание)}$) перед однократным внесением этой же дозы азота ($N_{120(BBB)}$) – дополнительный сбор семян от данного агроприёма составил 2,0–2,7 ц/га (7–10 %). При этом окупаемость 1 кг действующего вещества азота маслосеменами при дробном

внесении удобрения составила 5,5–5,9 кг против 3,6–3,9 кг при применении этой же суммарной дозы удобрения в один приём.

Урожайность семян рапса на уровне 30,0–31,5 ц/га сформировалась в вариантах с дробным применением азотных удобрений как отдельно, так и в комплексе с микроудобрениями и регулятором роста на обоих минеральных фонах (N₉₀₊₃₀ + МикроСтим-Марганец, Бор + Экосил).

Из всего комплекса химических показателей качества семян рапса наиболее значимыми являются содержание в них жира и протеина, а также жирнокислотный состав. Исследователи отмечают, что в семенах масличных культур белки и жиры находятся в динамическом равновесии. Причем увеличение количества масла снижает содержание белков и наоборот [3]. В наших исследованиях возрастающие дозы азота снижали содержание в семенах жира на 0,1–0,8 % при увеличении содержания белка на 0,6–2,5 %. Содержание жира в маслосеменах не зависело от погодных условий – в среднем за 2 года исследований этот показатель варьировал в пределах 49,1–50,0 % с максимальными значениями на фоновых вариантах и тенденцией снижения при более высоком уровне минерального питания.

Низкая эффективность азотных удобрений в условиях 2020 г. обусловила снижение содержания в семенах протеина в среднем по опыту на 2,4 % по отношению к показателям предыдущего года исследований. При этом достоверное увеличение содержания белка отмечалось при дробном внесении азотных удобрений. В среднем за 2 года исследований наибольшее содержание белка отмечалось при комплексном применении N₃₀₊₉₀₊₃₀P₃₀K₉₀ отдельно и в сочетании с регулятором роста и микроудобрением – 17,8–21,7 %. При этом получены максимальные выходы масла (13,1–13,5 ц/га) и протеина (4,8–6,0 ц/га).

Рапсовое масло широко применяется в пищевой промышленности, по вкусовым качествам приравнивается к оливковому. Оно способно более долгое время сохранять свои полезные и потребительские свойства, по сравнению, например, с соевым. Семена, используемые на пищевое масло, должны иметь следующие показатели: отсутствие или не более 5 % эруковой кислоты, содержание линоленовой не более 4–10 %, линолевой – 18–25 %, олеиновой – 55–70 %, стеариновой и пальмитиновой – 5–15 % [4].

Результаты анализа жирнокислотного состава масла показали, что содержание вредной эруковой кислоты в семенах озимого рапса при всех изучаемых уровнях минерального питания было незначительным (0,07–0,13 %). Содержание линоленовой кислоты находилось в пределах 7,67–8,03 % и так же не превышало допустимого уровня (4–10 %). Наибольший же процент приходился на полезные кислоты – олеиновую и линолевую (63,5–64,10 и 17,57–18,10 % соответственно), что указывает на высокое пищевое качество масла. Существенных различий в жирнокислотном составе маслосемян озимого рапса в зависимости от применяемых систем удобрения и гидротермических условий вегетационных периодов не выявлено.

Рапс с содержанием эруковой кислоты в масле не более 3 %, а глюкозинолатов в обезжиренном остатке (шроте) – не более 2 % может использоваться в пищу без ограничений, а шрот – на корм скоту в соответствии с зоотехническими нормами. Химический анализ семян рапса показал, что содержание глюкозинолатов варьировало от 1,39 до 1,70 % и не превышало допустимого уровня (2,00 %).

Применение возрастающих доз азотных удобрений по отношению к фону снижало содержание глюкозинолатов на 0,10–0,30 % на фоне $N_{30}K_{90}$, и на 0,08–0,25 % – на фоне полного внесения удобрения ($N_{30}P_{30}K_{90}$). При системах удобрения, включающих применение $N_{30+90+30}K_{90}$ и $N_{30+90+30}P_{30}K_{90}$ в сочетании с микроудобрениями и регулятором роста растений, содержание глюкозинолатов, по сравнению с фоновыми значениями, снизилось на 0,11 и 0,12 % соответственно.

Таким образом, комплексное применение двукратных азотных подкормок (N_{90+30}) в сочетании с микроудобрением (МикроСтим-Марганец, Бор) и регулятором роста (Экосил) как на фоне полного применения удобрений ($N_{30}P_{30}K_{90}$), так и с исключением фосфора из системы удобрения ($N_{30}K_{90}$) повышало устойчивость растений к неблагоприятным погодным условиям, обеспечило получение 31,0–31,5 ц/га маслосемян пищевого назначения с содержанием 49,2 % жира и 18,0–21,7 % белка.

Расчёт экономической эффективности возделывания озимого рапса на дерново-подзолистой суглинистой почве с высоким содержанием фосфатов показал целесообразность возделывание озимого рапса с исключением фосфорных удобрений – при более низких затратах на закупку и внесение минеральных удобрений условно чистый доход при таких системах удобрения достигает 267,8–296,1 долл./га, рентабельность – 236–240 % при максимальной по опыту прибыли на единицу затрат (3,4 долл./га).

Список литературы

1. Сельское, лесное и рыбное хозяйство Беларуси. Статистический сборник [Электронный ресурс] / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika>. – Дата доступа 20.03.2019 г.
2. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И. М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И. М. Богдевича: Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 275 с.
3. Кефели, В. И. Физиология растений с основами микробиологии: учебное пособие / В. И. Кефели, О. Д. Сидоренко. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 186–188.
4. Зерфус, В. М. Продуктивность и биохимический состав ярового рапса и сурепицы / В. М. Зерфус, Г. Я. Козлова // Технические культуры. – 1990. – №5. – С. 27–28

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЦЧР

О. А. Митрохина

*Курский федеральный аграрный научный центр,
г. Курск, Россия*

Микроэлементами называют химические элементы, необходимые для нормальной жизнедеятельности растений и животных, и используемые живыми организмами в микроколичествах. Но несмотря на то, что микроэlementы необходимы живым организмам в мельчайших дозах, биологическая роль их велика. Ряд ученых называют их «элементами жизни», как бы подчеркивая, что при отсутствии указанных элементов жизнь растений и животных становится невозможной. Недостаток микроэlementов в почве является причиной снижения и нарушения протекания многих процессов, ответственных за развитие организма. В конечном итоге растения не полностью реализуют свой потенциал и формируют низкий и не всегда качественный урожай, а иногда и погибают [1].

Микроэlementы не могут быть заменены другими веществами, и их недостаток необходимо восполнять с учетом формы, в которой они будут находиться в почве. Растения используют микроэlementы только в водорастворимой форме (подвижной), неподвижная форма может быть использована растением после протекания сложных биохимических процессов с участием гуминовых кислот почвы. В большинстве случаев эти процессы проходят очень медленно, а при обильном орошении грунта значительная часть образующихся подвижных форм микроэlementов вымывается [2].

Роль микроэlementов в повышении качества и количества урожая заключается в следующем: необходимое количество микроэlementов дает возможность растениям синтезировать полный спектр ферментов, которые позволят более интенсивно использовать энергию, воду и питание и, соответственно, получить высокий урожай. Микроэlementы повышают иммунитет растений, усиливают активность тканей [3].

Многие микроэlementы являются активными катализаторами, ускоряющими целый ряд биохимических реакций. Иногда только композиции микроэlementов могут восстановить нормальное развитие растений. Микроэlementы оказывают большое влияние на биокolloиды и влияют на направленность биохимических процессов.

Марганец регулирует соотношение двух- и трехвалентного железа в клетке. Кроме того, он активизирует многочисленные ферменты в процессах фосфоролирования. Известно более 35 ферментов, активируемых марганцем. Большинство из них катализируют реакции окисления-

восстановления, декарбоксилирования, гидролиза. Марганец также участвует в белковом обмене через регулирование активности ДНК- и РНК-полимераз [4–5].

При дефиците марганца в питательной среде отмечено значительное снижение интенсивности фотосинтеза.

В растениях цинк не участвует в окислительно-восстановительных реакциях, поскольку не меняет степень окисления. Он входит в состав более 30 ферментов, в т. ч. фосфатазы, карбоангидразы, РНК-полимераза и др. Кроме того, цинк активирует такие ферменты, как альдолаза, гексокиназа, триозофосфатдегидрогеназа. В этой связи понятно значение цинка для процессов дыхания и фотосинтеза [6].

Цинк играет важную роль при образовании фитогормона ауксина. Это связано с тем, что цинк, повышая активность триптофансинтетазы, влияет на образование аминокислоты триптофана – предшественника ауксина. Цинк влияет на белковый синтез. Обнаружены белки, содержащие цинк и участвующие в репликации ДНК и транскрипции.

Медь занимает особое место в жизни растений. Она играет значительную роль в некоторых физиологических процессах – фотосинтезе, дыхании, перераспределении углеводов, восстановлении и фиксации азота, метаболизме протеинов и клеточных стенок [7].

Анализ результатов отечественных и зарубежных специалистов по исследованию эффективности применения микроэлементов в сельском хозяйстве указывает на то, что недостаток в почве усваиваемых форм микроэлементов ведет к снижению урожая сельскохозяйственных культур и к ухудшению его качества.

Цель наших исследований выявить уровень содержания подвижных форм микроэлементов в почвах изучаемой нами территории, и установить их влияние на урожайность основных сельскохозяйственных культур.

Материал и методика исследования. Исследования выполняются на базе лаборатории агрохимии и геоинформационных систем Курского ФАНЦ с использованием материалов многолетнего многофакторного полевого опыта ВНИИЗ и ЗПЭ. Источником информации также являются данные почвенно-агрохимического обследования территорий районов Курской области за периоды 1960–2018 гг., выполненных агрохимслужбой по различным турам.

Для агрохимической характеристики почвы использовались следующие методики: подвижная медь (ГОСТ 50683-94), подвижный марганец (ГОСТ Р50682-94), подвижный цинк (ГОСТ 50686-94).

В работе используются корреляционно-регрессионный и дисперсионный методы анализа данных, математическое моделирование и статистическая обработка данных с использованием программного обеспечения Microsoft-Office (MS Excel).

Наши исследования указывают на то, что на территории Курской области наблюдается снижение в почвах подвижных форм таких микроэлементов как медь и цинк, уровень марганца незначительно растет (рис. 1).

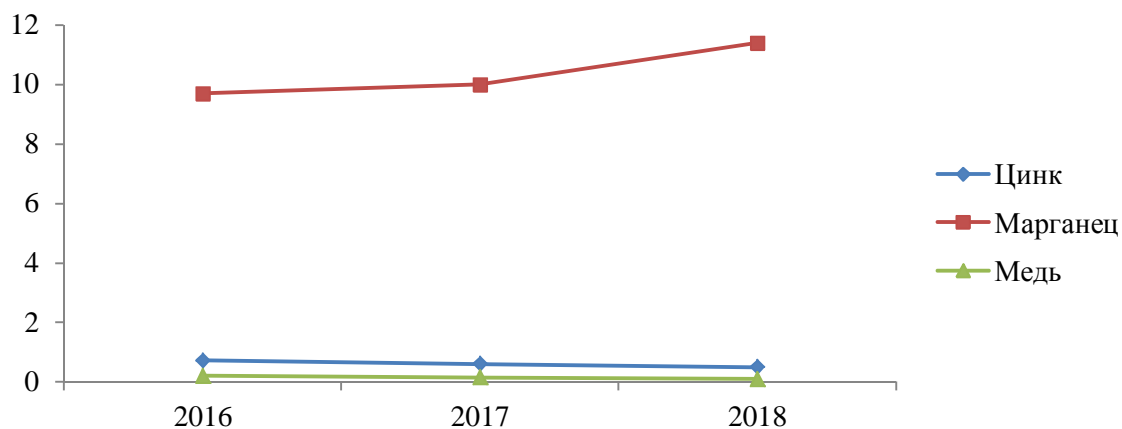


Рис.1. Динамика микроэлементов в почвах Курской области, мг/кг

Проведенные исследования динамики урожайности основных сельскохозяйственных культур (озимая пшеница, сахарная свекла) в изучаемой области свидетельствует о росте урожайности изучаемых сельскохозяйственных культур. Возможно, это связано с внедрением новых перспективных сортов и технологий выращивания, а также с благоприятными погодными условиями, сложившимися на территории Курской области за изучаемый нами временной период (рис. 2).

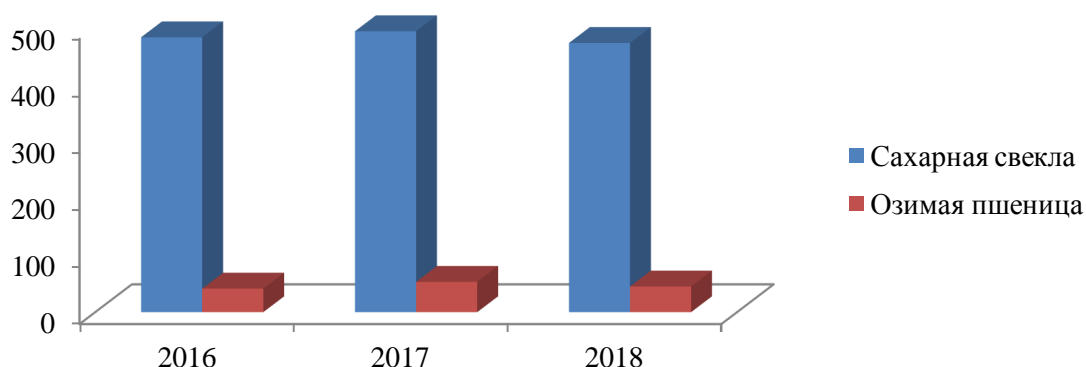


Рис.2. Динамика урожайности сельскохозяйственных культур в Курской области, ц/га

Количественная мера зависимости между содержанием микроэлементов почвах и урожайностью изучаемых сельскохозяйственных культур может быть выражена посредством расчета уравнений регрессии.

По усредненным величинам содержания микроэлементов в почве области и количественной величине урожайности отдельных сельскохозяйственных культур получены регрессионные уравнения взаимосвязи данных показателей.

$$У \text{ оз. пшеницы} = 32,02 + 17,39Zn$$

$$R^2 = 66,17$$

$$У \text{ сахарной свеклы} = 20,94 + 45,73Zn$$

$$R^2 = 72,52$$

На территории Курской области выявлена тесная зависимость урожайности таких культур как озимой пшеницы, сахарной свеклы, от содержания подвижного цинка в почве. Увеличение уровня микроэлемента в почве способствует росту урожайности изучаемых сельскохозяйственных культур.

Таким образом, за изучаемый нами период на территории Курской области наблюдается снижение содержания подвижных форм цинка и меди в почвах, уровень содержания марганца незначительно увеличивается. Урожайность таких культур как озимая пшеница и сахарная свекла растет. Вероятно, это связано с внедрением новых перспективных сортов и технологий выращивания, а также с благоприятными погодными условиями, сложившимися на территории Курской области за изучаемый нами временной период.

Результаты регрессионного анализа данных указывают, на то, что микроэлементы оказывают влияние на урожайность сельскохозяйственных культур на данной территории.

Список литературы

1. Микроэлементы в сельском хозяйстве: монография / С. Ю. Булыгин [и др.]. – Днепропетровск: Сич, 2007. – 100 с.
2. Значение макро и микроэлементов в жизни растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrodom.com/advice/znachenie-makro-i-mikroelementov-v-zhizni-rasteniy>. – Дата доступа: 17.04.2022.
3. Митрохина, О. А. Оценка содержания и баланса основных микроэлементов в пахотных почвах ЦЧР / О. А. Митрохина // Агротехнический вестник. – 2020. – № 5. – С. 58–64.
4. Митрохина, О. А. Некорневые обработки посевов озимой пшеницы микроэлементами в различные фазы развития / О. А. Митрохина // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 30–32.
5. Дериглазова, Г. М., Особенности возделывания ярового ячменя на склоновых землях Центрального Черноземья: монография / Г. М. Дериглазова, А. Я. Айдиев. – Курск: Курский НИИ АПП, 2013. – 233 с.
6. Пейве, Я. В. Микроэлементы в сельском хозяйстве Нечерноземной полосы СССР / Я. В. Пейве. – М.: АН СССР, 1954. – 108 с.
7. Kabata-Pendias, A. Trace Elements in Soils and Plants / A. Kabata-Pendias. – 4th ed. – Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2011. – 534 p.

ПОТЕНЦИАЛ ТРЕХКОМПОНЕНТНОЙ МИКРОБНОЙ КОМПОЗИЦИИ В КАЧЕСТВЕ БИОФУНГИЦИДА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЭРОЗИОННЫХ АГРОЛАНДШАФТАХ

Н. А. Михайловская¹, Д. В. Войтка², А. В. Юхновец¹, Т. Б. Барашенко¹

¹Институт почвоведения и агрохимии, Минск, Беларусь

²Институт защиты растений, аг. Прилуки, Беларусь,

Введение. Современным и актуальным направлением биологизации сельскохозяйственного производства является создание многокомпонентных микробных препаратов, включающих штаммы микроорганизмов с различной целевой активностью для обеспечения полифункционального положительного действия на растения. Микробная композиция (МК), включающая штаммы азотфиксирующей (*Azospirillum brasilense*), калий-мобилизующей (*Bacillus circulans*) бактерий и гриба-антагониста (*Trichoderma longibrachiatum*), сочетает свойства биоудобрения и регулятора роста. Наличие широкого спектра приспособительных механизмов у составляющих микробную композицию агентов, позволяет прогнозировать ее разностороннее положительное влияние на растения в разных почвенно-экологических условиях. Положительное действие бактериальных компонентов композиции *A. brasilense* и *B. circulans* на растения обусловлено гормональным эффектом, эффективным использованием элементов питания из атмосферы, почвы и удобрений, влиянием на иммунитет растений. Грибной компонент *T. longibrachiatum* проявляет высокую антагонистическую активность в качестве моноинокулянта [1, 2].

Актуальным является изучение эффективности микробной композиции на зерновых культурах, которые поражаются корневыми инфекциями, в особенности на почвах, подверженных водно-эрозионным процессам. Такие почвы характеризуются неудовлетворительными агрофизическими, агрохимическими и биологическими свойствами вследствие смыва и потерь элементов минерального питания, органического вещества и ассоциированных с ним микробной биомассой и экстрацеллюлярными почвенными ферментами, что приводит к снижению продукционной способности эродированных почв и ухудшению качества продукции [3–5].

Цель исследований – изучение влияния микробной композиции на поражаемость болезнями зерновых культур на дерново-подзолистых почвах в разной степени подверженных эрозионной деградации.

Объект исследований – трехкомпонентная микробная композиция *Azospirillum brasilense* + *Bacillus circulans* + *Trichoderma longibrachiatum*. Потенциальные возможности МК *A. brasilense* + *B. circulans* + *T. longibrachiatum* по влиянию на фитопатологическое состояние посевов зерновых культур изучены в двух длительных полевых опытах на дерново-

подзолистой легкосуглинистой почве на лессовидных суглинках (стационар «Стоковые площадки», Минский район) и на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на моренных суглинках (стационар «Браслав», Браславский район, Витебская область), в разной степени подверженной водной и ветровой эрозии. МК применяли на посевах яровых культур (ячмень Стратус и пшеница Василиса) и посевах озимых культур (рожь Пламя и тритикале Динаро). Способ применения композиции – обработка посевов весной в фазе кущения. Концентрация *A. brasilense* ($1,0\text{--}2,0 \times 10^9$ КОЕ/мл) + *B. circulans* ($1,0\text{--}2,0 \times 10^9$ КОЕ/мл) + *T. longibrachiatum* (КОЕ/мл – $1,1 \times 10^9$) – 5,0%; соотношение компонентов в композициях 1:1 (А + В) и 1:1:1 (А + В + Т).

Мониторинг развития корневой гнили в посевах зерновых проводили 2–3 раза в течение вегетации. В ходе опытов проведен учет распространенности (Р, %) и развития (R, %) болезней для оценки фитопатологической ситуации и для вычисления биологической эффективности (БА) [6].

Результаты исследований. Данные по влиянию МК на развитие корневой гнили зерновых культур представлены в фазу максимального развития болезни растений. Обработка яровых зерновых культур микробной композицией *A. brasilense* + *B. circulans* + *T. longibrachiatum* способствовала улучшению фитопатологического состояния посевов и стимуляции роста растений. Положительное влияние отмечено на протяжении всей вегетации культур.

Обработка посевов ячменя ярового на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на лессовидных суглинках трехкомпонентной микробной композицией обеспечивала снижение распространенности корневой гнили на 3,2, 3,0 и 3,2 раза (стадия восковой спелости), развития болезни – в 2,9, 2,8 и 2,6 раза на незэродированной, слабо- и среднеэродированной почвах соответственно. Биологическая эффективность МК составила 69,5 %, 64,9 % и 61,4 % по элементам склона (табл. 1).

Таблица 1

Влияние микробной композиции на развитие корневой гнили яровых зерновых культур

Вариант	Ячмень яровой, 2017 г. (стадия 87)			Пшеница яровая, 2018 г. (стадия 75)			
	Р, %	R, %	БЭ	Р, %	R, %	БЭ	
1	Контроль	76,0	20,3	–	53,8	13,5	–
	МК	24,0	7,0	69,5	17,6	4,4	67,4
2	Контроль	81,0	20,8	–	–	–	–
	МК	27,0	7,3	64,9	–	–	–
3	Контроль	84,0	22,8	–	65,9	16,5	–
	МК	26,0	8,8	61,4	23,3	5,8	64,8
4	Контроль	–	–	–	80,8	20,2	–
	МК	–	–	–	21,4	5,4	73,3

1 – незэродированная, 2 – слабоэродированная, 3 – среднеэродированная,
4 – сильноэродированная почва

Эффективность трехкомпонентной микробной композиции в качестве биологического фунгицида изучена на посевах пшеницы яровой на незэро-

дированной, средне- и сильноэродированной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на моренных суглинках. Применение МК на пшенице обеспечило снижение распространенности корневой гнили в 3,1, 2,8 и 3,8 раза (стадия восковой спелости), развития болезни – в 3,1, 2,8 и 3,7 раза по катене; биологическая эффективность *A. brasilense* + *B. circulans* + *T. longibrachiatum* составила 67,4 %, 64,8 % и 73,3 % на неэродированной, средне- и сильноэродированной почвах соответственно.

Представлял интерес в изучении эффективности микробной композиции на озимых зерновых культурах, которые могут поражаться корневыми инфекциями в осенний, зимний и ранневесенний периоды вегетации. Установлено, что применение микробной композиции на посевах ржи озимой на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах на лессовидных суглинках, в разной степени подверженных эрозионным процессам, также обеспечило эффективный биологический контроль корневых фитопатогенов в течение вегетации. Обработка ржи озимой трехкомпонентной микробной композицией способствовала снижению развития корневой гнили в стадии молочной спелости в 2,6; 2,1 и 2,0 раза в сравнении с контролем на неэродированной, слабо- и среднеэродированной почвах соответственно. В вариантах, обработанных *A. brasilense* + *B. circulans* + *T. longibrachiatum*, распространенность болезни была ниже контроля на 45,0 % (неэродированная почва), на 42,4 % (слабоэродированная) и на 42,9 % (среднеэродированная почва), биологическая эффективность составила 61,2 %, 52,5 % и 50,2 % соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Влияния микробной композиции на развитие корневой гнили озимых зерновых культур

Вариант		Рожь озимая			Тритикале озимая					
		2018 г. (стадия 75)			2019 г. (стадия 61–65)			2020 г. (стадия 49–51)		
		Р, %	R, %	БЭ	Р, %	R, %	БЭ	Р, %	R, %	БЭ
1	Контроль	73,3	18,3	–	35,0	18,1	–	30,0	12,5	–
	МБК	28,3	7,1	61,2	13,8	4,7	74,0	10,0	3,1	75,2
2	Контроль	80,9	20,2	–	43,8	21,9	–	38,8	15,6	–
	МБК	38,5	9,6	52,5	18,3	7,0	68,0	13,8	4,1	73,7
3	Контроль	85,3	21,3	–	42,5	21,9	–	32,5	12,5	–
	МБК	42,4	10,6	50,2	22,5	8,1	63,0	11,1	3,8	69,6

1 – неэродированная; 2 – слабоэродированная; 3 – среднеэродированная почва

Экспериментальные данные свидетельствуют о высоком потенциале микробной композиции *A. brasilense* + *B. circulans* + *T. longibrachiatum* на разных этапах развития тритикале озимой. Учет пораженности растений тритикале корневой гнилью в 2019 г. показал, что обработка посевов МК снижала проявление болезни на 21,2 %, 25,5 % и на 20,0 % (стадия цветения) на неэродированной, слабо- и среднеэродированной почвах; развитие болезни в 3,9, 3,1 и 2,7 раза соответственно. Биологическая эффективность МК по элементам склона составила 63,0 – 74,0 %.

Результаты исследований 2020 г. подтверждают эффективность *A. brasilense* + *B. circulans* + *T. longibrachiatum* в качестве биологического фунгицида для тритикале озимой. Максимальное развитие болезни отмечалось в стадии начала колошения. Обработка посевов снижала распространенность корневой гнили тритикале озимой в этой стадии на 20,0–21,4 %, развитие болезни – в 3,3–4,0 раза по почвенно-эрозионной катене. Биологическая эффективность действия МБК составила 75,2 % на неэродированной, 73,7 % на слабоэродированной и 69,6 % на среднеэродированной почве.

Выводы:

1. Экспериментальные данные свидетельствуют о высоком потенциале микробной композиции *A. brasilense* + *B. circulans* + *T. longibrachiatum* в качестве биологического фунгицида на разных этапах развития яровых зерновых культур при возделывании в эрозионных агроландшафтах. Биологическая эффективность композиции на ячмене в фазу максимального развития болезни составила 61,4 – 69,5 %, на пшенице – 64,8 – 73,3 %.

2. Трехкомпонентная микробная композиция *A. brasilense* + *B. Circulans* + *T. longibrachiatum* (МК) – эффективный биофунгицид, обеспечивающий снижение патологического процесса и эффективный биологический контроль корневых фитопатогенов в течение периода вегетации озимых зерновых культур при возделывании на эродированных дерново-подзолистых почвах; биологическая эффективность МК на посевах ржи 50,2–61,2 %, тритикале – 63,0–75,2 %.

Список литературы

1. Михайловская, Н. А. Бинарная композиция *A. brasilense* + *B. circulans* и ее эффективность для инокуляции посевов озимой пшеницы на эродированных дерново-подзолистых суглинистых почвах / Н. А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. 2017. – № 1(58). – С. 187–199.
2. Михайловская, Н. А. Влияние моно- и бинарных инокулянтов на урожайность и фитопатологическое состояние посевов зерновых культур на дерново-подзолистых легкосуглинистых эродированных почвах / Н. А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 1(64). – С. 220–232.
3. Черныш, А. Ф. Экологически безопасное использование земель холмисто-моренных ландшафтов Белорусского Поозерья / А. Ф. Черныш, Ю. П. Качков, И. И. Касьяненко // Природные ресурсы. – 2003. – № 2. – С. 21–36.
4. Косинова, Л. Ю. Влияние эрозии на микробные сообщества черноземов Западной Сибири / Л. Ю. Косинова, Н. И. Гантимурова, А. А. Танасиенко // Почвоведение. – 1993. – № 8. – С. 72–80.
5. Михайловская, Н.А. Ферментативная активность эродированных дерново-подзолистых почв на мощных моренных суглинках / Н.А. Михайловская [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2(51). – С. 123–133.
6. Методические указания по проведению регистрационных испытаний биопрепаратов для защиты растений от вредителей и болезней: методические указания РУП «Институт защиты растений» / Л. И. Прищеп, Н. И. Микульская, Д. В. Войтка. – Несвиж: МОУП «Несвижская укрупненная типография им. С. Будного», 2008. – 56 с.

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ЭНЗИМАТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ

Н. А. Михайловская, Е. Г. Мезенцева,
Т. В. Погирницкая, С. В. Дюсова

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

Для сохранения и поддержания плодородия почв необходима диагностика направленности изменения плодородия при разной интенсивности антропогенной нагрузки по удобрениям, которые оказывают влияние на агрохимические, агрофизические и биологические свойства почв и являются значимым фактором регулирования плодородия почв. Для ранней диагностики изменения плодородия наиболее подходящим критерием является ферментативная активность почв, так как основу микробного метаболизма составляет работа ферментов [1–3].

Выбор энзиматических показателей для диагностики обусловлен их тесной корреляцией с органическим веществом почвы [4]. Важным аргументом в их пользу является то, что реакция активности ферментов на антропогенную нагрузку регистрируется на 1–2 года раньше, по сравнению с изменением содержания органического вещества [5]. Это дает возможность использовать биохимические показатели для ранней диагностики негативных экологических тенденций [2].

Ферментативная активность включает активность внеклеточных и внутриклеточных ферментов. Внутриклеточные ферменты, как известно, ассоциированы с живыми клетками микроорганизмов. Внеклеточные ферменты выделяются живыми клетками или поступают в почву после их отмирания, эти ферменты адсорбируются минеральными и органическими компонентами почвы [6], накапливаются в ней и составляют ферментный запас.

Каталитические свойства почвы в основном обусловлены действием внеклеточных ферментов микробного происхождения [4]. Внеклеточные ферменты стабилизированы за счет прочных связей с минеральными и органическими компонентами почвы, устойчивы к протеолизу, защищены от инактивации, длительно сохраняют активность и способны функционировать при неблагоприятных экологических условиях.

Цель исследований – установить влияние длительного применения удобрений на активность ключевых биохимических процессов в циклах основных биогенных элементов углерода и азота в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и применить показатели ферментативной активности для диагностики трендов изменения плодородия.

Объекты и методы исследований. Биохимические исследования проведены в длительном стационарном опыте на дерново-подзолистой

легкосуглинистой почве («Щомыслица», Минский р-н). Опыт развернут в пространстве в трех полях. Схема опыта предусматривает внесение трех доз азота на разных уровнях фосфорно-калийного питания – за счет почвенных запасов (N_{18-54}), в расчете на дефицитный ($N_{18-54}P_{30}K_{66}$) и поддерживающий баланс фосфора и калия в почве ($N_{18-54}P_{60}K_{132}$). Органические удобрения вносят общим фоном – 8 т/га севооборотной площади.

Ферментативная диагностика почвы проведена по гидролитическим (инвертаза и уреазы) и окислительным (полифенолоксидаза и пероксидаза) ферментам. Для определения активности инвертазы применяли колориметрический метод Т. А. Щербаковой с использованием сахарозы в качестве ферментного субстрата; для определения количества редуцирующих сахаров, образующихся в результате ферментативной реакции, использована динитросалициловая кислота. Уреазную активность почвы определяли по методу Т. А. Щербаковой, ферментным субстратом служила мочевина [7]. Для определения активности почвенных оксидаз, полифенолоксидазы и пероксидазы, использован колориметрический метод Л. А. Карягиной, Н. А. Михайловской с применением гидрохинона в качестве ферментного субстрата, активность ферментов устанавливали по количеству бензохинона, образовавшегося в результате ферментативной реакции. Образцы почвы для исследований отобрали весной.

Результаты и их обсуждение. В почвах содержатся представители всех шести известных современной энзимологии классов ферментов, однако наиболее значимую роль играют 2 класса – гидролитические и окислительные ферменты, выполняющие критические функции – минерализацию и гумификацию органических веществ [8].

Гидролитические ферменты, связанные с разложением основных биогенных элементов углерода и азота, наиболее значимы. Так как преобладающие формы органического углерода в почвах – поли- и олигосахариды [9], то их минерализация является наиболее масштабным деструкционным процессом [2]. Поэтому интенсивность минерализации в цикле С целесообразно оценивать по гидролитическому разложению поли- и олигосахаридов с учетом того, что наиболее объективную оценку интенсивности процесса дает определение активности ферментов завершающих стадий гидролиза, когда в почву поступают его конечные продукты – моносахариды [8]. Выбор инвертазной активности как диагностического показателя обусловлен ее критической ролью в высвобождении низкомолекулярных сахаров, глюкозы и фруктозы.

В почвах наиболее широко распространены амидные формы органического азота [9]. В цикле азота универсальным деградационным процессом является аммонификация. На завершающих стадиях аммонификации, обеспечивающих образование аммония, действуют амидогидролазы, к которым относятся уреазы. Активность минерализации в цикле N целесообразно определять по активности уреаз, играющих основную роль в высвобождении неорганического азота.

Второй по значимости деструкционный процесс в цикле углерода – разложение лигнинов [1]. Наряду с белками, лигнины являются основными поставщиками структурных единиц для гумификации [8]. Одновременно с минерализацией лигнинов растительных остатков протекают биохимические процессы гумификации [1, 3, 11]. По современным представлениям катализаторами гумификации разлагающегося органического вещества считаются микробные оксидазы – фенолоксидазы и пероксидазы, а их активность служит показателем интенсивности процессов гумификации [1, 3, 8, 10]. Основанием для предложения пероксидаз и полифенолоксидаз в качестве диагностических показателей служит их критическая роль в процессах гумификации, а также их тесная положительная корреляция с содержанием гумуса, преобладающую часть которого составляют инертные гумифицированные вещества [10].

Ферментативная диагностика по вариантам опыта проведена по вышеперечисленным показателям. Для удобства интерпретации показатели ферментативной активности, выраженные в разных единицах измерения, по методике Ж. Ацци, представлены в относительных величинах (% , в скобках) по отношению к контролю (100 %).

По средним данным за 2011–2012 гг. отмечена умеренная активность гидролаз и оксидаз при внесении 8 т/га навоза, применение минеральных удобрений на фоне навоза вызывало более существенное повышение ферментативной активности. Наиболее интенсивно протекала минерализация в цикле С: при одностороннем внесении возрастающих доз азота $N_{18-36-54}$ инвертазная активность повышена на 19–38 %, при внесении полного минерального удобрения $N_{18-36-54} P_{30}K_{66}$ – на 42–51 %, при удвоении доз фосфора и калия в полном минеральном удобрении $N_{18-36-54} P_{60}K_{132}$ – на 71–104 % по сравнению с контролем. В вариантах с дробным внесением азота, $*N_{54}P_{60}K_{132}$ и $*N_{72}P_{60}K_{132}$, по сравнению с $N_{18-36-54}P_{60}K_{132}$ поддерживался более берегающий уровень минерализации в цикле С, инвертазная активность была повышена на 50 и 65 % соответственно по отношению к контролю.

Минерализация в цикле N протекала менее интенсивно: на блоке опыта с односторонним внесением азота $N_{18-36-54}$ активность уреазы повышалась на 15–22 %, при внесении полного минерального удобрения $N_{18-36-54} P_{30}K_{66}$ – на 31–40 %, при удвоении доз фосфора и калия $N_{18-36-54} P_{60}K_{132}$ – на 48–62 %. При дробном внесении азота на вариантах $*N_{54}P_{60}K_{132}$ и $*N_{72}P_{60}K_{132}$ отмечен более умеренный, по сравнению с $N_{18-36-54}P_{60}K_{132}$, уровень уреазной активности – 147 % и 150 % соответственно по отношению к контролю.

Внесение органических и минеральных удобрений активизировало процессы гумификации в цикле С: одностороннее внесение азота $N_{18-36-54}$ повышало пероксидазную активность почвы на 10–16 %, полифенолоксидазную – на 9–19 %, за счет полного минерального удобрения $N_{18-36-54} P_{30}K_{66}$ – на 20–29 % и 31–35 %, при удвоении доз фосфора и калия в полном минеральном удобрении $N_{18-36-54} P_{60}K_{132}$ – на 36–41 % и 39–47 % со-

ответственно. При дробном внесении азота на вариантах * N₅₄P₆₀K₁₃₂ и * N₇₂P₆₀K₁₃₂ активность оксидаз повышена на 33 % и 36 % соответственно по отношению к контролю.

Таблица

Ферментативная активность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в зависимости от уровня минерального питания

Варианты	Инвертаза мг глюк./кг (%)	Уреаза, мг N- NH ₄ ⁺ /кг (%)	Минера- лизация (%)	ПО	ПФО	Гумифи- кация, %
				мг хинона/кг (%)		
Без удобрений	1347 (100)	131 (100)	100	34,1 (100)	33,4 (100)	100
Навоз, 8 т/га (фон)	1560 (116)	144 (110)	113	36,9 (108)	35,8 (107)	107
N ₁₈	1612 (119)	150 (115)	117	37,8 (110)	36,5 (109)	109
N ₃₆	1777 (132)	154 (119)	125	38,5 (113)	37,4 (112)	112
N ₅₄	1848 (138)	158 (122)	130	39,8 (116)	39,6 (119)	117
P ₃₀ K ₆₆	1898 (141)	160 (125)	133	39,5 (115)	42,4 (127)	121
N ₁₈ P ₃₀ K ₆₆	1911 (142)	168 (131)	136	41,3 (120)	43,6 (131)	125
N ₃₆ P ₃₀ K ₆₆	2014 (150)	178 (139)	144	43,0 (125)	44,0 (132)	128
N ₅₄ P ₃₀ K ₆₆	2034 (151)	179 (140)	146	44,4 (129)	45,3 (135)	132
P ₆₀ K ₁₃₂	2211(164)	176 (136)	150	45,0 (131)	45,3 (135)	133
N ₁₈ P ₆₀ K ₁₃₂	2303 (171)	190 (148)	159	46,9 (136)	46,6 (139)	137
N ₃₆ P ₆₀ K ₁₃₂	2604 (194)	197 (154)	174	47,8 (140)	48,3 (145)	142
N ₅₄ P ₆₀ K ₁₃₂	2738 (204)	208 (162)	183	48,5 (141)	49,2 (147)	144
*N ₅₄ P ₆₀ K ₁₃₂	2018 (150)	189 (147)	148	45,6 (133)	48,0 (144)	138
*N ₇₂ P ₆₀ K ₁₃₂	2218 (165)	192 (150)	157	46,6 (136)	47,9 (144)	140
HCP ₀₅	222,4	17,4		4,5	2,8	

* N – дробное внесение, ПО – пероксидаза, ПФО – полифенолоксидаза.

Ферментативная диагностика показала, что в целом в вариантах применения удобрений более активно протекали минерализационные процессы. Сравнение усредненных показателей активности гидролитических ферментов (минерализация, %) и окислительных ферментов (гумификация, %) показало, что в вариантах удобрений отмечается превышение минерализации над гумификацией: при одностороннем внесении возрастающих доз азота – на 8–13 %, в вариантах N₁₈₋₃₆₋₅₄ P₃₀K₆₆ – на 11–16 % и на вариантах N₁₈₋₃₆₋₅₄P₆₀K₁₃₂ – на 22–39 %. Наименьший дисбаланс минерализационных и гумификационных процессов отмечен в двух вариантах с дробным внесением азота по сравнению с N₁₈₋₃₆₋₅₄P₆₀K₁₃₂: в варианте *N₅₄P₆₀K₁₃₂ минерализация превышала гумификацию на 10 %, на варианте *N₇₂P₆₀K₁₃₂ – на 17 % при более высокой суммарной дозе азота (табл. 1).

Дробное внесение азотных удобрений экологически более приемлемо и позволяет избежать чрезмерного усиления минерализационных процессов в циклах С и N, поддерживая сберегающий уровень минерализации. При внесении N₁₈, N₃₆ и N₅₄ на фонах P₆₀K₁₃₂, минерализационные процессы более значительно доминировали над гумификационными на

22–39 %. В вариантах $N_{18-36-54}P_{30}K_{66}$ при дефицитном балансе P и K в почве минерализация протекала на 11–16 % активнее гумификации. При одностороннем внесении азотных удобрений дисбаланс минерализации и гумификации снижался до 8–13 % (табл. 1).

Заключение. По данным биохимической оценки для дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы установлены следующие общие закономерности: более активное протекание минерализационных процессов в цикле углерода по сравнению с циклом азота; последовательное нарастание интенсивности минерализации в циклах C и N и гумификации в цикле C при увеличении доз азотных, фосфорных и калийных удобрений на фоне внесения навоза; преобладание минерализации над гумификацией в вариантах с удобрениями. Дисбаланс активности минерализации и гумификации на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве составил от 6 до 39 % в зависимости от уровня применения минеральных удобрений на фоне навоза. Минимальный дисбаланс (10 % и 17 %) получен в вариантах $N_{54}P_{60}K_{132}$ и $N_{72}P_{60}K_{132}$ с дробным внесением азота и поддержанием баланса фосфора и калия. Таким образом, по критериям сберегающего уровня минерализации в циклах C и N, достижения наименьшего дисбаланса активности минерализации и гумификации, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве наиболее обосновано дробное внесение азота N_{54} и N_{72} на фонах $P_{60}K_{132}$.

Список литературы

1. Звягинцев, Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. Л. Бабьева, Г. М. Зенова. – МГУ, 2005. – 445 с.
2. Soil enzyme activities as indicators of soil quality / R. P. Dick // *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment* / Eds. J. W. Doran [et al.]. – Soil Science Society of America, Madison, 1994. – P. 107–124.
3. Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Т. А. Щербакова. – Минск: Наука и техника, 1983. – 221 с.
4. Caldwell, B. A. Enzyme activities as a component of soil biodiversity: A review / B. A. Caldwell // *Pedobiologia*. – 2005. – Vol. 49. – Iss. 6. – P. 637–644.
5. Application of soil enzyme activity test kit in a field experiment / M. Vepsäläinen [et al.] // *Soil Biol. Biochem.* – 2001. – Vol. 33. – P. 1665–1672.
6. Boyd, S. A. Enzyme interactions with clays and clay-organic matter complexes / S. A. Boyd, M. M. Mortland // *Soil Biochemistry*. – New York: Marcel Dekker, 1990. – P. 1–28.
7. Хазиев, Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев. – М.: Наука, 1990. – 189 с.
8. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – С. 122–133.
9. Knicker, H. Incorporation studies of NH_4^+ during incubation of organic residues by ^{15}N -CPMAS-NMR-spectroscopy / H. Knicker, H. D. Lüdemann and K. Haider // *Eur. J. Soil Sci.* 1997. – Vol. 48. – P. 431–441.
10. Kirk, T. K. Enzymatic “combustion”: the microbial degradation of lignin / T. K. Kirk, R. L. Ferrell // *Annu. Rev. Microbiol.* – 1987. – Vol. 41. – P. 465–505.
11. Schnitzer, M. Soil organic matter. The next 75 years / M. Schnitzer // *Soil Sci.* – 1991. – Vol. 151. – P. 41–58.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИЗВЕСТКОВАНИЯ КИСЛЫХ ПОЧВ**А. И. Осипов***Агрофизический научно-исследовательский институт,
г. Санкт-Петербург, Россия*

Известкование кислых почв является ведущим и традиционным мероприятием, которое повышает плодородие почв, создавая оптимальные условия для возделывания сельскохозяйственных культур и эффективного использования минеральных удобрений. Однако в истории сельского хозяйства разных стран мира можно найти немало примеров коренного улучшения почв и повышения урожаев возделываемых культур в результате применения известковых удобрений. В то же время встречались случаи злоупотребления известкованием на заре развития земледелия, когда еще не существовало теории питания растений, и в вопросах удобрения почв шли наощупь. Так, в Англии еще во времена Плиния (господство римлян) употреблялся мергель, в котором видели как бы концентрированное богатство почвы. В Германии мергелевание также применялось с XII века. В XVI веке мергель сплавлялся на судах по Рейну ниже, в рейнские провинции. С XVII века начал уже использоваться обожженный известняк в целом ряде областей Германии, включая Силезию. В России первые сведения об удобрениях появляются в трудах Императорского Вольного Экономического Общества (ИВЭО) 7 сентября 1771 г., где Андрей Нартов, член этого общества, публикует статью, в которой дает высокую оценку известкованию почв в Англии и приводит результаты первых опытов в нашей стране. [1]. С 1964 г. в нашей стране началась работа по организации агрохимической службы, в задачу которой входило обследование почв колхозов и совхозов, а также проведение опытов с различными видами удобрений. В 1969 г. была разработана программа известкования, позволившая за 20 лет создать положительный баланс кальция в земледелии и существенно уменьшить площади сильнокислых почв [2]. В 1990 г. мы добились наибольших объемов известкования в стране, которые составили 6,5 млн га (табл. 1). Было внесено также 112 кг минеральных и 10,5 т органических удобрений на гектар. Общие объемы минеральных удобрений составили 9,9 млн т, а органических – 390 млн т. Однако к началу третьего тысячелетия экономические условия функционирования сельского хозяйства нашей страны изменились. Снизилась государственная поддержка работ по поддержанию почвенного плодородия, а большинство хозяйств не имели достаточных финансовых ресурсов для организации известкования. В результате этого темпы известкования почв начали резко падать и к 2010 г. его объемы сократились до 210 т/га, дозы минеральных удобрений – до 36 кг, а органики – до 1,0 т на гектар. Несмотря на низкие дозы удобрений, урожайность зерновых и

зернобобовых культур возрастала с 13,2 до 28,6 ц/га. Объяснить это можно только лишь тем, что за эти годы около 50 млн га почв с низким плодородием были выведены из оборота, а урожайность возделываемых культур формировалась в основном за счет почвенного плодородия.

Таблица 1

Объемы применения агрохимикатов и урожайность культур

Показатели	Единицы измерения	Годы					
		1990	2000	2010	2014	2019	2020
Внесено минеральных удобрений	млн т	9,9	1,4	1,9	2,1	2,7	3,1
	кг/га	112,0	25,0	36,0	38,0	38,0	37,0
Объемы известкования	тыс. га	6500,0	350,0	210,0	254,0	304,0	440,0
Внесено органических удобрений	т/га	10,5	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1
	млн т	390,0	66,0	53,0	65,0	70,7	70,5
Урожайность зерновых и зернобобовых	ц/га	13,2	18,8	23,8	24,3	26,7	28,6

Об этом убедительно свидетельствуют данные таблицы 2, в которой показано, что по данным департамента растениеводства, механизации и защиты растений Минсельхоза России за период 2006–2016 гг. отрицательный баланс элементов питания в сумме составил 64,8 млн т действующего вещества.

Таблица 2

Баланс питательных веществ в земледелии России за 2006–2016 гг.

Внесено		Вынесено		Баланс	
в млн т действующего вещества					
2006–2010	2012–2016	2006–2010	2012–2016	2006–2010	2012–2016
10,0	21,9	45,0	51,7	-35,0	-29,8

Разработка методов наиболее эффективного применения известковых удобрений проводилась нами на основе обобщения результатов многолетних исследований по нескольким направлениям. Убедительно доказано, что продолжительность действия известки обусловлена, с одной стороны, дозой ее внесения, химическим и гранулометрическим составом. С другой стороны, отчуждением кальция и магния урожаями сельскохозяйственных культур и потерь за счет вымывания, которые, в свою очередь, зависят от уровня применения минеральных удобрений и их химического состава, количества просачивающихся вод, гранулометрического состава почв, времени покрытия почв растительностью. Скорость взаимодействия химических мелиорантов с почвой и продолжительность их действия в сильной степени зависит от химических свойств известки и ее гранулометрического состава. Известно, что относительно крупные частицы диаметром от 3 до 5 мм не являются «балластом», как считалось ранее, хотя и взаимодействуют с почвой гораздо медленнее, чем мелкие частицы. Для поддержания относительно постоянного уровня реакции почвенной среды в течение продолжительного времени известковые материалы должны содержать широкий спектр частиц различного размера. Действие полной дозы известки продолжается не менее 7–10 лет и потери известки из почвы в течение этого периода, как правило, не приводят к снижению урожая сельскохозяй-

зайственных культур (за исключением овощных участков, с культурами высокочувствительными к кислотности на поливных землях). Необходимость повторного известкования может своевременно показать проводимое в регионе агрохимическое обследование.

Одной из важнейших задач по повышению обеспеченности земледелия известковыми удобрениями с меньшими затратами является более широкое использование местных карбонатных материалов, применение которых для известкования известно давно и доказано научным и практическим опытом стран мира. Другим весьма важным и дешёвым источником пополнения запасов природных известковых материалов являются отходы промышленности. К ним относятся некоторые виды шлаков, шламов, золы сланцев, бурых углей, отходный мел, известково-доломитовые отходы, дефекат и др. Многие из шлаков и зол обладают высокой активностью взаимодействия с почвой, чем существенно превосходят природные карбонаты, а содержащиеся в них примеси микроэлементов часто оказывают положительное влияние на рост и развитие сельскохозяйственных растений. В то же время отходы могут содержать различные тяжелые металлы (свинец, кадмий, мышьяк, селен, стронций) и другие опасные токсичные неметаллы и элементы. Использование таких отходов в качестве мелиорантов может представлять опасность для экологического состояния почв и сопредельных сред. Поэтому каждый новый мелиорант, полученный из отходов, должен подвергаться всесторонней экологической оценке и нормированию, базирующемуся на результатах мониторинга.

Сотрудниками Ленинградского филиала ЦИНАО выполнена большая работа по изучению возможности использования фосфогипса и фосфатно-известковых отходов, образующихся при производстве минеральных удобрений на Кингисеппском химическом комбинате. Внесение их в почву в количестве 5 т/га эквивалентно 250 кг P_2O_5 и 2,7 т $CaCO_3$. Проведена работа по изучению безопасности использования в качестве мелиорантов известьесодержащих отходов Прибалтийской ГРЭС, белитовых шламов Канско-Ачинского глиноземного комбината, конверсионного мела, феррохромового шлака, золы бурых углей и других отходов. Всего сотрудниками ВНИПТИМ изучено более 23 отходов промышленности в качестве известьесодержащих мелиорантов.

Способность почв удерживать катионы оснований от вымывания, напрямую связана с емкостью их поглощения. Катионы, не вошедшие в состав почвенного поглощающего комплекса, являются базой для потерь за счет вымывания. Естественными средствами, увеличивающими емкость поглощения почв, могут служить природные минералы – цеолиты. В литературе отмечается положительное влияние цеолитов на снижение вымывания оснований из верхних слоев почв (3). В перспективе такие же положительные результаты могут быть получены при внесении в почву искусственных ионообменников – катионитов.

В Агрофизическом институте с 2013 г. ведется работа по внедрению усовершенствованной технологии известкования кислых почв. Спе-

циалистами института впервые создан программно-аппаратный комплекс на отечественном оборудовании для дифференцированного внесения известковых мелиорантов и других минеральных удобрений, который был показан на Российском дне поля 11 июля 2019 г. Комплекс позволяет проводить работы как в обычном режиме (сплошной, одинаковой дозой), так и в режиме «точного земледелия» – дифференцированно. Он изготовлен по новейшим технологиям с применением качественных материалов и с использованием передовых разработок в области электроники, средств управления и мониторинга техники, программного обеспечения. Для выполнения работ в системе «точного земледелия» необходимо предварительно провести агрохимическое обследование сельскохозяйственных полей с топографической привязкой и создать на основе полученных лабораторных данных «карты-задания», которые будут использоваться бортовыми системами комплекса в поле [4]. Для внесения химических мелиорантов в Ярославле фирмой ПК «Ярославич» с 2019 г. выпускаются современные машины УРМ-10 и УРМ-10М (универсальный распределитель материалов). Они доказали свое превосходство по отношению других машин, обладая большей производительностью и надежностью в работе, высоким качеством внесения мелиорантов (неравномерность у новых машин от 3 до 10 %, а у старых 20–25 %), а также возможностью работать по точному земледелию с электронными картами полей, позволяющими учитывать пестроту почвенной кислотности. Для реализации программы повышения плодородия почв и увеличения площадей по известкованию в Ленинградской области компанией ООО «Инко-Балт» в 2021 г. смонтированы и введены в эксплуатацию две линии по производству мелиорантов для химической мелиорации кислых почв ДСМ (доломит сыромолотый мелкозернистый) и ПДМ (пылевидная доломитовая мука). Для данных мелиорантов разработаны технические условия. В настоящее время они проходят окончательную стадию государственной регистрации, завершение которой планируется в марте 2022 г. Мощность производства мелиорантов до 500 000 т в год.

Таким образом, учитывая собственный опыт и опыт наших коллег в России и за рубежом, можем утверждать, что внедрение точного земледелия (ядром которого, в первую очередь, являются информационные технологии) даст мощнейший импульс для развития растениеводства в нашей стране, переведет отрасль на качественно новый уровень производства, повысит привлекательность отрасли для молодых кадров. Для этого необходимы условия эффективного внедрения ресурсосберегающих технологий в сельскохозяйственное производство – создание отечественного физико-технического и программно-математического базиса, а также баз данных и знаний по информационному обеспечению земледелия и растениеводства.

С 2012 г. на Меньковском филиале АФИ заложен производственный опыт по влиянию доломитовой муки грубого помола на кислотно-

основные свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы и урожай козлятника восточного. В опыте использовался отсев доломитовой муки тониной помола менее 10 мм в дозах 3,2–6,4 т/га. Исследования показали, что обменная кислотность почвы за пять лет проведения данного опыта существенно уменьшилась в варианте с одинарной дозой доломитовой муки с 4,6 до 5,2 рН, а в варианте с двойной дозой мелиоранта – с 4,6 до 5,6 рН. При внесении доломитовой муки на фоне 5 тонн компоста многоцелевого назначения показатели величины рН только в контрольном варианте увеличился на 0,2 единицы и составил 4,8 рН. Учет урожая сена козлятника восточного в 2015 году показал, что известкование доломитовой муки грубого помола существенно увеличивает данный показатель. Так, в контрольном варианте урожайность данной культуры была равной 5,3 т/га. В вариантах с одинарной и двойной дозой мелиоранта она составила 8,5 и 11,4 т/га соответственно. При внесении доломитовой муки на фоне 5 т компоста многоцелевого назначения показатели урожайности сена козлятника восточного практически не изменились, и были в пределах ошибки опыта, а именно: 6,7, 10,7 и 11,2 т/га. Анализ урожайности сена козлятника восточного в 2016 году показал аналогичные закономерности. На известкованном контрольном варианте она составила 5,0 т/га, а на фоне 5 т КМН – 6,5 т/га. Внесение одинарной и двойной дозы доломитовой муки существенно увеличило урожайность сена козлятника восточного до 7,3 и 11,3 т/га соответственно, а на фоне 5 т КМН – до 9,5 и 9,1 т/га. В отчетном 2017 г. урожайность зеленой массы козлятника на контрольном варианте была получена в размере 19,8 т/га, а на фоне 5 т КМН – 21,7 т/га. При внесении одинарной дозы доломитовой муки урожайность зеленой массы данной культуры увеличилась до 26,0 т/га, аналогичные данные получены и по фону 5 т КМН. Двойная доза мелиоранта не оказала существенного влияния на урожайность зеленой массы козлятника восточного, величина которого составила 27,1 т/га. Однако на фоне 5 т КМН она увеличилась с 26,0 до 29,5 т/га. Полученные результаты подтверждают нашу гипотезу о том, что сыромолотая доломитовая мука тониной помола менее 10 миллиметров может являться эффективным мелиорантом пролангированного действия.

Список литературы

1. Якушев, В. П. Химическая мелиорация почв – вчера, сегодня, завтра / В. П. Якушев, А. И. Осипов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 30. – С. 68–72.
2. Осипов, А. И. Известкование кислых почв – основа их плодородия / А. И. Осипов // Сельскохозяйственные вести. – 2016. – № 4. – С. 40–42.
3. Осипов А. И. История и практические аспекты известкования кислых почв в России / А. И. Осипов // Агротехнический вестник. – 2019. – № 3. – С. 28–36.
4. Осипов, А. И. Потенциал развития отрасли растениеводства в РФ с использованием информационных технологий точного земледелия: материалы VI Международного форума «Продовольственная безопасность» / А. И. Осипов, В. П. Якушев, В. В. Якушев. – Санкт-Петербург, г. Пушкин, 2016. – С. 66–73

СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНОГО КРЕМНИЯ В НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Г. В. Пироговская, И. Е. Ермолович

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

На основе литературных данных известно, что растения поглощают только монокремниевые кислоты, а интенсивность этого процесса может достигать ежегодно до 100–300 кг/га Si в бореальной климатической зоне и 500–1000 и выше кг/га кремния в тропиках [1]. В то же время содержание монокремниевых кислот в почвах редко превышает 20 кг/га Si. Обычно растения выносят Si больше, чем азота, фосфора и калия. Например, картофель выносит от 50 до 70 кг/га Si, зерновые – от 100 до 300 кг/га Si. Нарастающий дефицит кремния в сельскохозяйственных почвах вызывает ряд негативных последствий, так как Si является не только питательным, но и конструктивным элементом. Дефицит монокремниевой кислоты и уменьшение содержания аморфного кремнезема приводят к разрушению органоминерального комплекса, ускоряют деградацию органического вещества, ухудшают минералогический состав [2–4].

Общее содержание кремния в почве не позволяет оценивать его активность. Доступное состояние кремния для растений может быть оценено совокупностью параметров актуального, потенциального и активного кремния в почве. Многими учеными доказано, что существует тесная взаимосвязь между содержанием актуального и потенциального Si. Для оценки уровня дефицита доступного для растений Si в почвах необходимо иметь информацию об обеих формах кремния, однако на практике более удобно пользоваться одним параметром. Таким комплексным параметром может быть содержание активного Si. Была предложена следующая формула определения активного кремния в почве [5]:

$$\text{Активный Si} = 10 \times \text{Актуальный Si} + \text{Потенциальный Si}$$

Анализ данных о содержании различных форм Si в почвах позволил предложить следующую градацию почв по дефициту доступного для растений Si: отсутствие дефицита Si; низкий уровень дефицита Si; дефицит Si; высокий уровень дефицита Si (табл. 1).

Таблица 1

Градация почв по дефициту доступного для растений кремния

Уровень дефицита Si в почве	Формы кремния, Si мг/кг		
	Актуальный Si	Потенциальный Si	Активный Si
Отсутствие дефицита	>40	>600	>1000
Низкий уровень дефицита	20–40	300–600	500–1000
Дефицит	10–20	100–300	200–500
Высокий уровень дефицита	0–10	0–100	0–200

Авторами показано, что уровень «отсутствие дефицита кремния (Si)» характерен для почв с высоким уровнем плодородия (пойменные, вулканические, черноземы и некультивируемые черноземы (серая лесная, бурая лесная, серая почвы)). Кремниевые удобрения или почвенные мелиоранты на этих почвах могут быть использованы для оптимизации фосфорного и азотного питания растений. «Низкий уровень дефицита кремния» проявляется на некультивируемых почвах с высоким и средним уровнем плодородия (серая лесная, бурая лесная, серая почвы), а также на черноземах и других почвах с высоким уровнем плодородия, но интенсивно используемых в сельском хозяйстве. Кремниевые удобрения и мелиоранты на этих почвах позволяют увеличить обеспеченность растений Si и повысить эффективность применяемых минеральных и органических удобрений, а также средств защиты растений. «Дефицит кремния» характерен для деградированных сельскохозяйственных земель, почв с низким уровнем плодородия (дерново-подзолистые почвы). Кремниевые удобрения и мелиоранты обеспечивают на этих почвах снижение скорости деградации и эрозии сельскохозяйственных почв, а также необходимый уровень кремниевого питания растений. «Высокий уровень дефицита кремния» характерен для песчаных и сильно деградированных почв. Недостаток активных форм кремния существенно снижает урожайность сельскохозяйственных культур и эффективность вносимых агрохимикатов.

Целью и предметом исследований являлось изучение влияния стандартных минеральных удобрений на накопление доступного для растений кремния в почве при возделывании сельскохозяйственных культур в севооборотах на наиболее распространенных дерново-подзолистых и торфяной низинной почвах Республики Беларусь

Объекты и методы исследования. Исследования по изучению накопления разных форм доступного кремния (потенциального, актуального и активного) для растений в наиболее распространенных почвах Республики Беларусь проводили на лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (г. Минск) в лизиметрическом опыте № 1. При возделывании сельскохозяйственных культур в лизиметрах применяли стандартные удобрения (карбамид, аммонизированный суперфосфат и калий хлористый). В этих удобрениях содержание кремния было следующим: в карбамиде – 0,3 % от массы удобрения, аммонизированном суперфосфате – 0,9 % от массы удобрения, калии хлористом – 1,0 % от массы удобрения.

Площадь лизиметров – 3,14 м², глубина лизиметров – 1,0–1,5 м.

Содержание подвижного, актуального и активного кремния в почвенных образцах определено модифицированным методом Маллена и Райли с экстракцией кремния по В. В. Матыченкову [5].

Результаты и обсуждение. В таблице 2 приведены данные по содержанию подвижного кремния (потенциального, актуального и активного) в наиболее распространенных почвах Республики Беларусь.

Таблица 2

Содержание подвижного кремния (потенциального, актуального и активного) в пахотном горизонте наиболее распространенных почв Республики Беларусь (лизиметрический опыт № 1)

Тип почвы и гранулометрический состав	Номер лизиметра	Содержание кремния (Si), мг/кг почвы		
		потенциальный	актуальный	активный*
Контроль (дистиллированная вода)	–	0	0	0
Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке	лиз. 1 и 2	90,0	1,67	106,7
Почвообразующая порода (суглинок лессовидный с глубины 1,5–3,0 м)	лиз.11 и 12	133,0	7,52	208,2
Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на моренном суглинке	лиз. 3 и 4	58,0	1,67	74,7
Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на лессовидном суглинке, подстилаемом ближе 1 м песком	лиз. 5 и 6	65,0	3,34	98,4
Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке (хорошо окультуренная)	лиз. 33 и 34	130,0	7,52	205,2
Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на связной супеси, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте	лиз. 7 и 8	60,0	2,51	85,1
Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на супеси рыхлой, подстилаемой ближе 1 м песком	лиз. 9 и 10	108,0	3,34	141,4
Дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на мощных песках	лиз.13 и 14, 15 и 16	80,0	2,51	105,1
Торфяная почва (в севообороте)	лиз. 23 и 24	73,0	1,67	89,7

Примечание: Активный кремний (Si) определяется по формуле: $10 \cdot \text{актуальный кремний (Si)} + \text{потенциальный (Si)}$.

Приведенные данные показывают, что по содержанию доступного для растений кремния, согласно градации Матыченкова В. В. и др., почвы, которыми заполнены лизиметры относятся:

– по содержанию потенциального кремния – к уровню «дефицит», так как содержание Si находится в пределах от 100 до 300 мг/кг почвы,

или к «высокому уровню дефицита» (при содержании Si от 0 до 100 мг/кг почвы);

– по содержанию актуального кремния – к «высокому уровню дефицита» (содержание Si от 0 до 10 мг/кг почвы);

– по содержанию активного кремния – «высокий уровень дефицита» (при содержании Si от 0 до 200 мг/кг почвы), за исключением почвообразующей породы (суглинок лессовидный с глубины 1,5–3,0 м) и дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на легком лессовидном суглинке (хорошо окультуренной), где этот показатель составляет 208,2 и 205,2 мг/кг почвы, следовательно уровень «дефицит» (так как его содержание от 200 до 500 мг/кг почвы).

Заключение. Приведенные данные показывают, что содержание подвижного Si (потенциального, актуального и активного) в наиболее распространенных почвах Республики Беларусь изменялось в зависимости от типа и гранулометрического состава почв, а по дефициту доступного кремния для растений, большинство почв, относится к высокодефицитным или среднедефицитным (уровень дефицита Si в почве «дефицит» или «высокий уровень дефицита»).

Список литературы

1. Role of silicon in plant stress tolerance: opportunities to achieve a sustainable cropping system / S. M. Zargar [et al.] // 3 Biotech. – 2019. – Vol. 9. – № 3. – P. 1–16.

2. Подвижность силикатов, показатели плодородия дерново-подзолистой почвы, биоаккумуляция кремния и продуктивность сельскохозяйственных культур под действием цеолита / А. В. Козлов [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2021. – Т. 56. – №. 1. – С. 183–198.

3. Подвижные кремниевые соединения в системе почва-растение и методы их определения / И. В. Матыченков [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. – 2016. – № 3. – С. 37–46.

4. Опаловые фитоциты таежного биогеоценоза средней тайги / Г. В. Добровольский [и др.] // Биологические науки. – 1988. – № 2. – С. 96–101.

5. Влияние механической плотности почв на состояние и формы доступного кремния / В. В. Матыченков [и др.] // Почвоведение. – 1994. – № 11. – С. 71–76.

К ВОПРОСУ ВОЗВРАТА В ХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЕЛЬ, ВЫВЕДЕННЫХ ИЗ ОБОРОТА ПО РАДИАЦИОННОМУ ФАКТОРУ

А. Г. Подоляк¹, Т. Ф. Персикова²

¹Гомельская ОПИСХ, г. Гомель, Беларусь

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь

В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС значительные территории сельскохозяйственных земель подверглись радиоактивному загрязнению в Гомельской и Могилевской областях. В 1986–1991 гг. из состава сельскохозяйственных были выведены земли, загрязненные ¹³⁷Cs более 40 Ки/км² и вошедшие в состав зон отчуждения и отселения, а также земли с более низкой плотностью загрязнения, на которых невозможно производство продукции с допустимыми уровнями содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr. Их площадь составила 216,3 тыс. га в Гомельской и 47,0 тыс. га в Могилевской областях.

В постчернобыльский период происходит естественный распад радионуклидов (убыль за счет радиоактивного распада ⁹⁰Sr составляет 2,35 % в год, ¹³⁷Cs – 2,27 %) [1]. Благодаря естественному распаду радионуклидов снижается загрязнение всех сельскохозяйственных угодий, в том числе и выведенных из оборота. На этом основании за постчернобыльский период около 17 тыс. га уже возвращено в хозяйственный оборот (табл. 1) [4, 5].

Таблица 1

Возврат радиационно-опасных земель в сельскохозяйственное пользование

Область	Периоды, годы		
	1993–1998	2006–2021	Всего, га
Брестская	–	99,0	99,0
Гомельская	12848,1	1770,4	14618,5
Могилевская	1744,7	1046,5	2791,2
Итого	14592,8	2915,9	17 508,7

Улучшение радиологической ситуации происходит и в настоящее время. В этой связи перед работниками агропромышленного производства встают вопросы о правильном использовании в сельскохозяйственном производстве земель, ранее выведенных из хозяйственного оборота, и которые, в первую очередь, характеризуются высоким почвенным плодородием.

Для решения вопросов о хозяйственном использовании выведенных из оборота земель проводится их предварительное радиологическое и агрохимическое обследование, так как, в соответствии с действующим в Республике Беларусь законодательством. Процедура ввода земель в хозяйственный оборот осуществляется в соответствии с «Положением о порядке отнесения земель к категории радиационно-опасных и перевода их

в разряд земель отчуждения либо ограниченного хозяйственного пользования, исключения земель из категории радиационно-опасных и перевода их в хозяйственное пользование в соответствии с основным целевым назначением, исключения земель из разряда земель отчуждения и перевода их в разряд земель ограниченного хозяйственного пользования» (утв. Постановлением Совета Министров от 22 марта 2010 г. № 405). Использовать в сельскохозяйственном производстве выведенные ранее по радиационному фактору земли возможно только после положительного решения о переводе их из категории радиационно-опасных в разряд земель ограниченного хозяйственного пользования. В противном случае, за несанкционированное использование земель предприятие может быть привлечено к ответственности в соответствии с существующим законодательством.

Определяющим фактором накопления радионуклидов в растениеводческой продукции является плотность радиоактивного загрязнения почвы. Поэтому при отнесении земель отчуждения к землям ограниченного хозяйственного использования или исключении земель из радиационно-опасных и вовлечении их в сельскохозяйственное пользование требуется их радиологическое и агрохимическое обследование, которое проводится в соответствии с методическими указаниями «Методика крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь» (Минск, 2020) [2].

Необходимой предпосылкой для возврата земель в сельскохозяйственное пользование является получение нормативно чистой товарной продукции растениеводства, сельскохозяйственного сырья и кормов. Радиологическими критериями являются РДУ содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99), РДУ содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственном сырье и кормах [4].

После перевода земель из категории радиационно-опасных в разряд ограниченного хозяйственного пользования планирование набора культур для возделывания и определение направления использования этих земель в сельскохозяйственном производстве осуществляется на основе прогнозов накопления радионуклидов в продукции растениеводства [5].

Сравнительный анализ уровней загрязнения радионуклидами растениеводческой продукции позволяет дать радиологическую оценку возможности ввода в хозяйственное пользование земельного участка, определить набор возделываемых культур и направления использования получаемой продукции. Решающим условием для возврата земель в сельскохозяйственный оборот является получение продукции, отвечающей нормативным требованиям по содержанию радионуклидов. Сопоставляя прогнозные значения содержания радионуклидов в растениеводческой продукции, которую планируется получать на рассматриваемом земельном участке, с допустимыми уровнями, определяется возможность возделывания сельскохозяйственных культур и производства данной продукции [5, 6]. Расчеты проводятся для всех сельскохозяйственных культур, которые планируется возделывать в севообороте.

Накопление радионуклидов сельскохозяйственными культурами зависит от плотности загрязнения почвы радионуклидами, типа почвы, агрохимических свойств почв, длительности их неиспользования, биологических особенностей возделываемых культур. Поэтому при введении в оборот загрязненных радионуклидами и длительно не используемых земель требуется проведение исследований по изучению особенностей перехода радионуклидов из почвы в сельскохозяйственные растения и выяснение возможностей снижения их поступления [4].

С этой целью нами проведено изучение параметров перехода радионуклидов (^{137}Cs , ^{90}Sr) в сельскохозяйственные культуры в зависимости от биологических особенностей и системы применения удобрений, полученные на экспериментальном участке ранее выведенных по радиационному фактору земель. Почва участка – дерново-подзолистая супесчаная с высокой плотностью загрязнения радионуклидами: ^{137}Cs – 993 кБк/м² (26,8 Ки/км²), ^{90}Sr – 91,2 кБк/м² (2,5 Ки/км²). Средние показатели агрохимических характеристик почвы имели показатели: рНКСl – 5,5; P₂O₅ – 143 мг/кг; K₂O – 217 мг/кг; СаО – 1008 мг/кг; MgO – 96 мг/кг почвы; гумус – 3,1 %, сумма поглощенных оснований – 7,9 ммоль/100 г почвы.

Исследования проводились в двух севооборотах (зернотравяном и плодосменном) с различными сельскохозяйственными культурами согласно схеме чередования культур по годам на двух фонах применения известковых удобрений (рекомендуемая доза доломитовой муки 5 т/га (доза 1) и повышенная 7,5 т/га (доза 2), а также двух фонах калийных (рекомендуемая доза калийных удобрений K₁₂₀ и повышенная K₁₈₀).

Значения коэффициентов перехода или их параметры ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в сельскохозяйственные культуры плодосменного севооборота зависят как от системы применения удобрений, так и от биологических особенностей самих возделываемых культур. Диапазон значений Kп ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственные культуры плодосменного севооборота может существенным образом различаться, что видно из показателей таблицы 2.

Установлено, что применение защитных мероприятий на дерново-подзолистых супесчаных почвах при их вводе в оборот (совместное внесение известковых и минеральных удобрений) способствует снижению поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в возделываемые сельскохозяйственные культуры плодосменного севооборота.

Таблица 2

**Диапазон значений Kп ^{137}Cs и ^{90}Sr (Бк/кг:кБк/м²)
в сельскохозяйственные культуры плодосменного севооборота
(обменный калий 141-200 мг/кг почвы, рН 5,1-5,5)**

Сельскохозяйственная культура	^{137}Cs	^{90}Sr
Зеленая масса озимой тритикале	0,03–0,13	2,8–4,6
Зерно озимой тритикале	0,01–0,03	0,25–0,55
Зеленая масса озимого рапса	0,08–0,16	1,7–4,2
Семена озимого рапса	0,01–0,03	1,9–3,3
Зерно яровой пшеницы	0,01–0,03	0,7–1,4

Минимальные коэффициенты перехода K_p радионуклидов в урожай сельскохозяйственных культур плодосменного севооборота наблюдаются при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}K_{180}$ на фоне доломитовой муки (доза 7,5 т/га). По сравнению с контрольным вариантом происходит снижение K_p : для зеленой массы озимых тритикале и рапса ^{137}Cs – до 4 раз, ^{90}Sr – до 2,5 раз; для зерна (озимое тритикале, яровая пшеница), семян озимого рапса ^{137}Cs – до 3 раз.

Коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr из дерново-подзолистой супесчаной почвы в злаковые зерновые культур не превышали данных, изложенных в «Рекомендациях по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2021–2025 годы» [3] для группы почв с аналогичными агрохимическими показателями. Параметры перехода ^{137}Cs в семена озимого рапса до 10 раз меньше, чем таковые для ярового рапса. Переход ^{90}Sr в семена озимого рапса в два раза выше, чем для ярового рапса.

Ежегодное внесение калийных удобрений в течение четырех лет под возделываемые культуры в системе севооборота на дерново-подзолистой супесчаной почве позволило не только снизить переход цезия в урожай возделываемых культур, но и обеспечить поддержание калия в почве на стабильном уровне. В то время как в варианте без внесения удобрений содержание калия в почве за этот период снизилось на 20–30 %.

В первый год пользования накопление радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr бобово-злаковыми травосмесями происходит интенсивнее, чем в последующие годы. Обеспечение питания бобово-злаковой травосмеси за счет ежегодного внесения минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{90}K_{180}$ позволило снизить величину параметров перехода ^{137}Cs во второй год жизни трав до 1,3 раз. Для травостоя второго года жизни снижение параметров перехода ^{90}Sr более выражено – в 1,5 раза ниже по сравнению с первым годом жизни. Значения K_p ^{137}Cs в звене дерново-подзолистая супесчаная почва – сено многолетних бобово-злаковых травосмесей были ниже в три и более раз, по сравнению с аналогичными данными из Рекомендаций [5] для группы почв с содержанием обменного калия в диапазоне 141–200 мг/кг почвы. Ежегодное внесение калия, как основного антагониста цезия, за 4 года возделывания севооборота позволило обеспечить его поддержание в почве на стабильном уровне, по сравнению с контролем, где содержание калия за этот период снизилось до 30 %. В данном севообороте K_p ^{90}Sr в сено многолетних бобово-злаковых травосмесей не превысили аналогичные данные, имеющиеся в Рекомендациях для группы почв с рН 5,1–5,5 [4–6], за исключением первого года в контроле без внесения удобрений.

У многолетних трав накопление радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr зависит от их укоса. Установлено, что их параметры перехода в травостой второго укоса до 2,5 раз выше, чем для первого укоса. В связи с интенсивным ростом бобовых трав во второй год жизни параметры перехода ^{90}Sr в варианте без внесения удобрений достигают максимальных значений.

Это подтверждает выводы о том, что бобовые травы накапливают ^{90}Sr больше, чем злаковые травы. На третий год жизни травостоя частичное выпадение бобовой компоненты влияет, в свою очередь, и на снижение параметров перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в урожай многолетних трав.

При возврате в хозяйственное пользование земель основными показателями, характеризующими экономическую эффективность применения минеральных удобрений под многолетние бобово-злаковые травосмеси, являются: выход дополнительной продукции с 1 га (прибавка урожая, ц/га); окупаемость применения удобрений дополнительной продукцией; стоимость дополнительной продукции; прибыль от внесения удобрений и уровень рентабельности. Расчет данных показателей был выполнен на примере производства сена многолетних бобово-злаковых травосмесей, в основе которого лежал перевод продукции в кормовые единицы и стоимости 1 кг овса. Показано, что его производство имеет довольно высокие уровни рентабельности в связи с тем, что земли обладают высоким естественным плодородием [4–6].

Несмотря на это, и во избежание истощения почв и снижения уровня загрязнения сельскохозяйственной продукции радионуклидами, следует под планируемый урожай применять минеральные удобрения. При возделывании многолетних трав на высокоплодородных залежных землях наиболее рентабельными являются варианты с дозами удобрений $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$.

Такие сельскохозяйственные культуры, как озимое тритикале, озимый рапс имеют наибольшую рентабельность (до 160 %) при внесении удобрений дозах $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$.

Список литературы

1. Алексахин, Р. М. Радиоактивное загрязнение почв как тип их деградации // Почвоведение. – 2009. – № 12. – С. 1487–1498.
2. Методика крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И. М. Богдевич [и др.]. НАН Беларуси, Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2020. – 45с.
3. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2021–2025 годы. – // Н. Н. Цыбулько [и др.]; НАН Беларуси, МСХП РБ, Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 144с.
4. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиационных аварий / Н. Н. Цыбулько [и др.]; под общ. ред. Н. Н. Цыбулько. – Минск: Институт радиологии, 2011. – 438 с.
5. Рекомендации по использованию возвращаемых в оборот загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель / А. Г. Подоляк [и др.]. – Гомель, 2015. – 3 с.
6. Рекомендации по оптимизации возделывания сельскохозяйственных культур в почвенно-радиоэкологических условиях Гомельской и Могилевской областей. // Н. Н. Цыбулько [и др.]. Нац. акад. наук Беларуси, Институт почвоведения и агрохимии. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2021. – 82 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕРНЫХ И БОРНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОГО РАПСА НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

М. В. Рак, Е. Н. Пукалова

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

Получение высоких урожаев, высококачественного белка и масла при возделывании масличных культур является перспективным и актуальным направлением в растениеводстве. В продовольственном балансе Республики Беларусь рапс занимает второе место по значимости после зерна. При выращивании рапса можно получить 10–15 ц/га растительного масла и 3–8 ц/га высокобелкового шрота [1]. По данным многочисленных исследований существенное положительное влияние на урожайность рапса, содержание жира и белка в семенах оказывает применение микроудобрений. Рапс относится к растениям, требующим для своего роста и развития относительно много бора. Бор увеличивает ветвление и количество цветков, накопление масел в семенах, число стручков и количества семян в них, использование растениями азота. Большая роль в связи с этим принадлежит сере, которая так же, как и азот, входит в состав белков. Действие серных удобрений на рост и развитие растений связано с изменением доступности питательных элементов в почве и проявляется в непосредственном участии серы в метаболизме растений. При ее недостатке тормозится синтез белка, замедляется рост растений, уменьшается количество стручков на растении и семян в стручках, ухудшается качество семян из-за снижения содержания масла [2–5]. Таким образом, вопросы оптимизации минерального питания рапса, возделываемого на дерново-подзолистых почвах являются весьма актуальными и имеют практическую значимость.

При возделывании озимого рапса в полевом опыте изучали эффективность удобрений АДОБ и Волски следующего состава: АДОБ S: SO_3 – 44 %, N – 14 %, MgO – 14 %, Mn – 0,4 %; АДОБ В: В – 15,02 %; Волски Моно-Сера: N – 2 %, SO_3 – 72 %, MgO – 2,3 %; Волски Моно-Бор: В – 9 %. Исследования проводили в полевом опыте в ОАО «Гастелловское» на дерново-подзолистой высококультуренной легкосуглинистой почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы опытного участка: pH_{KCl} – 5,7, гумус – 2,0 %, P_2O_5 – 766, K_2O – 311, Cu – 1,7, Mn обм. – 1,34, Zn – 4,15 мг/кг почвы. Озимый рапс сорт Оникс, предшественник – яровая пшеница, норма высева – 6 кг/га. Некорневые подкормки исследуемыми удобрениями применяли на фоне минеральных удобрений ($\text{N}_{200}\text{P}_{70}\text{K}_{120}$) в 2 срока: 1-й – в фазе стеблевания, 2-й – в фазе бутонизации. Расход рабочего раствора

200 л/га. Площадь делянки – 25 м², повторность – 3-кратная. Мероприятий по уходу за посевами рапса: осенью обработка почвы до всходов культуры гербицидом Бутизан Дуо, КЭ (2,0 л/га); в период вегетации фунгицидом Импакт Эксклюзив, КС (0,5 л/га), инсектицидами Фуфанон, КЭ (0,8 л/га), Борей, СК (0,10 л/га).

Результаты исследований показали, что некорневая подкормка озимого рапса серосодержащими удобрениями способствовало повышению урожайности семян рапса на 2,3–2,4 ц/га, внесение борных удобрение увеличивало урожайность на 2,6–2,7 ц/га (табл. 1). Так, внесение минеральных удобрений (N₂₀₀P₇₀K₁₂₀) обеспечило урожайность семян рапса на уровне 29,6 ц/га. На фоне минеральных удобрений некорневая подкормка удобрением АДОБ S (1,6 л/га) и Волски Моно-Сера (1,0 л/га) увеличило урожайность семян до 31,9–32,0 ц/га, применение борных удобрений АДОБ В и Волски Моно-Бор в дозе 1,0 л/га – до 32,2–32,3 ц/га. Под влияние исследуемых удобрений содержание жира в семенах увеличивалось на 0,7–1,6 %, в наибольших значениях в варианте с внесением удобрения Волски Моно-Бор. При этом повышение содержание белка на 1,2 % отмечено в варианте с внесением удобрения АДОБ S в сравнении с фоновым вариантом (N₂₀₀P₇₀K₁₂₀).

Таблица 1

Влияние серных и борных удобрений на урожайность и качество семян озимого рапса

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Масличность, %	Сырой белок, %
1. Вариант без удобрений	18,2		45,0	17,7
2. N ₂₀₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон	29,6	–	46,7	18,8
3. АДОБ S (1,6 л/га)	31,9	2,3	48,1	21,4
4. Волски Моно-Сера (1,0 л/га)	32,0	2,4	47,6	18,7
5. АДОБ В (1,0 л/га)	32,2	2,6	47,4	18,9
6. Волски Моно-Бор (1,0 л/га)	32,3	2,7	48,3	20,0
НСР ₀₅	1,8			

Некорневая подкормка озимого рапса серными и борными удобрениями не оказала существенного влияния на содержание макро- и микроэлементов в семенах (табл. 2).

Влияние серных и борных удобрений на содержание макро- и микроэлементов в семенах озимого рапса

Вариант	N _{общ.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Mn	B
	% сухой массы			мг/кг сухой массы			
1. Вариант без удобрений	2,83	1,97	1,00	2,9	24,2	19,7	6,3
2. N ₂₀₀ P ₇₀ K ₁₂₀ – фон	3,00	1,99	1,05	2,9	24,3	20,3	6,4
3. АДОБ S (1,6 л/га)	3,43	1,77	1,10	2,2	22,2	31,9	7,0
4. Волски Моно-Сера (1,0 л/га)	3,10	2,05	1,02	2,7	21,0	19,1	7,3
5. АДОБ В (1,0 л/га)	3,03	1,99	1,05	3,0	26,6	20,7	9,2
6. Волски Моно-Бор (1,0 л/га)	3,22	2,11	1,03	2,5	22,3	19,0	7,3

Таким образом, при возделывании озимого рапса на дерново-подзолистой высококультуренной легкосуглинистой почве некорневая подкормка удобрениями АДОБ S и Волски Моно-Сера повышает урожайность семян на 2,3 и 2,4 ц/га, микроудобрениями АДОБ В и Волски Моно-Бор – на 2,6 и 2,7 ц/га соответственно. Применение удобрения АДОБ S способствует увеличению содержания белка, микроудобрения Волски Моно-Бор – масличности семян рапса.

Список литературы

1. Пилюк, Я. Э. Научные основы селекции и технологии возделывания рапса Беларуси: дис. ...д-ра с.-х. наук: 06.01.09 / Я. Э. Пилюк. – Жодино, 2021. – 83 с.
2. Рак М. В. Жидкие комплексные микроудобрения МикроСтим в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур // Земледелие и защита растений. – 2018. – Приложение к журналу № 2. – 2018. – С. 53–55.
3. Булавин, Л. А. Агрэкономическая эффективность применения микроэлементов в посевах озимого и ярового рапса / Л. А. Булавин // Вестник БГСХА. – 2012. – № 4. – С. 37–41.
4. Аристархов, А. Н. Агрохимия серы / А. Н. Аристархов; под ред. академика РАСХН В. Г. Сычева. – М: ВНИИА, 2007. – 272 с.
5. Телеш, В. А. Эффективность применения новых органоминеральных удобрений в посевах озимого рапса / В. А. Телеш, Т. Г. Синевич, С. И. Юргель, Т. А. Алимусин // Современные технологии сельскохозяйственного производства: сб. науч. статей по материалам XIX Междунар. науч.-практ. конф. (Гродно, 25 марта, 7 апреля, 3 июня 2016 г.) / Гродн. гос. аграр. ун-т. – Гродно: ГГАУ, 2016. – С. 124–126.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ЛЕБОЗОЛ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И КУКУРУЗЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

М. В. Рак, Е. Н. Пукалова, Н. С. Гузова, Л. Н. Гук

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

Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур имеют своей целью получение максимально возможных и экономически рентабельных урожаев с высокими качественными характеристиками. Многолетний научный опыт и практика земледелия свидетельствуют о том, что получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур связано с эффективным применением минеральных и органических удобрений, средств защиты растений, современных стимуляторов роста, новых перспективных микробиологических препаратов, макро- и микроудобрений. Наряду с макроэлементами для оптимизации сбалансированного питания растений необходимы и микроэлементы, которые повышают устойчивость растений к неблагоприятным условиям произрастания и болезням. В современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур большое внимание уделяется некорневым подкормкам растений макро- и микроудобрениями, которые чаще всего используются для корректировки их основного почвенного питания, если в этом возникает необходимость. Действие каждого вида листового удобрения направлено на стимулирование конкретных физиологических процессов, связанных с потребностями в питании в определенные фазы роста и развития растений. Опрыскивания листовой поверхности микроэлементными удобрениями позволяет преодолеть такие отрицательные почвенные факторы, как выщелачивание элементов питания, перевод их в труднодоступные для растений формы, антагонизм ионов, гетерогенность почв из-за недостаточной активности корневых систем вследствие низких или высоких температур почвы, недостатка кислорода, при переувлажнении или засухе [1–5].

Цель исследований заключалась в определении эффективности жидких комплексных удобрений Лебозол при возделывании озимой пшеницы и кукурузы на дерново-подзолистых почвах.

При возделывании озимой пшеницы и кукурузы в полевых опытах изучали эффективность удобрений Лебозол следующего состава: Л-экспресс МагСофт (MgO – 24,1 %, S – 16,6 %); Лебозол Тримакс (Cu – 8,4 %, Mn – 12,0 %, Zn – 8,5 %).

Исследования по эффективности удобрений Лебозол при возделывании озимой пшеницы проводили в полевом опыте в ПРУП «Котовского»

Узденского района Минской области на дерново-подзолистой супесчаной почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы опытного участка: pH_{KCl} – 5,83, гумус – 2,0 %, P_2O_5 – 282, K_2O – 240, Cu – 1,2, B – 0,5, Mn обм. – 1,3, Zn – 3,1 мг/кг почвы. Сорт Маркиза, предшественник – озимый рапс, норма высева – 4,5 млн всхожих семян/га. Минеральные удобрения вносили в виде КАС и карбамида (в подкормку), аммофоса и хлористого калия в предпосевную культивацию. Некорневую подкормку озимой пшеницы проводили в начале выхода в трубку и в период формирования флагового листа. Расход рабочего раствора 200 л/га. Площадь делянки – 25 м², повторность – 3-кратная. При возделывании озимой пшеницы применяли интегрированную систему защиты растений.

Исследования по эффективности удобрений Лебозол при возделывании кукурузы проводили в полевом опыте в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы опытного участка: pH_{KCl} – 6,0, гумус – 2,09 %, P_2O_5 – 810, K_2O – 364, Cu – 2,93, Mn обм. – 1,3, Zn – 4,2 мг/кг почвы. В опыте высевали гибрид Шавокс, предшественник – озимая пшеница. Некорневые подкормки кукурузы удобрением Лебозол Тримакс проводили после формирования 4-х листьев и в фазе 6–8 листьев на фоне минеральных удобрений в дозе $N_{150}P_{30}K_{60}$, которые вносили в виде карбамида, аммофоса, хлористого калия до посева. Площадь делянки – 28 м², повторность – 3-кратная. Мероприятия по уходу за посевами кукурузы: применение гербицида Базис в фазе 3–4 листа в дозе 25 г/га.

Установлено, что внесение в некорневую подкормку озимой пшеницы жидких комплексных удобрений Лебозол на фоне минеральных удобрений в дозе $N_{160}P_{90}K_{150}$ повышает урожайность зерна. При этом прибавки урожайности зерна озимой пшеницы при внесении удобрения Лебозол Тримакс в дозе 1,0 и 2,0 л/га составили 6,2 и 6,3 ц/га, удобрения Л-экспресс МагСофт в дозе 1,0 и 3,0 л/га – 4,6 и 5,4 ц/га соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Влияние удобрений Лебозол на урожайность и качество зерна озимой пшеницы

Варианты	Урожайность, ц/га	Прибавка к фону, ц/га	Сырой белок, %	Сбор белка, ц/га
Вариант без удобрений	15,0		11,0	1,6
$N_{160}P_{90}K_{150}$ – фон	49,1	–	12,0	5,8
Лебозол Тримакс (1,0 л/га)	55,3	6,2	12,3	6,8
Лебозол Тримакс (2,0 л/га)	55,4	6,3	12,3	6,8
Л-экспресс МагСофт (1,0 л/га)	53,7	4,6	12,4	6,6
Л-экспресс МагСофт (3,0 л/га)	54,5	5,4	12,8	6,9
HCP_{05}	3,2			

Применение в некорневую подкормку озимой пшеницы удобрения Лебозол Тримакс повышало сбор белка на 1,0 ц/га, удобрения Л-экспресс МагСофт – на 0,8–1,1 ц/га (табл. 1).

Результаты исследований показали, что внесение удобрения Лебозол Тримакс в некорневые подкормки кукурузы в дозах 1,5 и 2,0 л/га повышало урожайность зеленой массы на 40 и 45 ц/га, зерна – на 7,1 и 8,4 ц/га соответственно в сравнении с фоновым вариантом (табл. 2).

Таблица 2

Влияние удобрения Лебозол Тримакс на урожайность зеленой массы и зерна кукурузы, ц/га

Вариант	Зеленая масса		Зерно	
	урожайность	прибавка к фону	урожайность	прибавка к фону
Вариант без удобрений	331	–	48,5	–
N ₁₅₀ P ₃₀ K ₆₀ – фон	395	–	62,4	–
Лебозол Тримакс (1,5 л/га)	435	40	69,5	7,1
Лебозол Тримакс (2,0 л/га)	440	45	70,8	8,4
НСР ₀₅	34,2		2,6	

Таким образом, при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве некорневая подкормка жидким комплексным удобрением Лебозол Тримакс на фоне минеральных удобрений (N₁₆₀P₉₀K₁₅₀) повышает урожайность зерна на 6,2–6,3 ц/га, удобрением Л-экспресс МагСофт – на 4,6–5,4 ц/га. Отмечается увеличение сбора сырого белка 0,8–1,1 ц/га. На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при возделывании кукурузы применение в некорневую подкормку удобрения Лебозол Тримакс на фоне минеральных удобрений (N₁₅₀P₃₀K₆₀) повышает урожайность зеленой массы на 40–45 ц/га, зерна – на 7,1–8,4 ц/га.

Список литературы

1. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: рекомендации / М. В. Рак [и др.]; РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». – Минск, 2006. – 28 с.
2. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2005. – 460 с.
3. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. акад. В. В. Лапа. – 2-е изд. – Минск: ИВЦ Минфина, 2022. – 260 с.
4. Система применения микроудобрений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур на высококультуренных дерново-подзолистых почвах, обеспечивающая повышение урожайности на 8 ц/га к. ед. и улучшение микроэлементного состава продукции / М. В. Рак [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2020. – 16 с.
5. Кляусова, Ю. В. Влияние некорневых подкормок микроэлементами (Zn, Se, I, Cu, Mn) на урожайность и качество кукурузы при разных уровнях минерального питания: автореф. дис. ...канд. с.х. наук: 06.01.04 / Ю. В. Кляусова; Ин-т почвоведения и агрохимии. – М., 2014. – 20 с.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЛАВНОГО МИЛЬ-МУГАНСКОГО КОЛЛЕКТОРА

Ф. А. Садыгов, Ч. Т. Бахшиева

*Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджан,
г. Баку, Азербайджан*

подавляющее большинство основных ведущих частей ирригационных систем – магистральных и внутрихозяйственных каналов, построенные в постсоветское время, не обеспечено бетонными и прочими облицовочными материалами. А каналы, построенные в бетонном русле, не ремонтируются в течение длительного времени, и это вызывает большие потери воды в оросительной сети.

Несоблюдение норм орошения, режимов и технологий в орошаемой земледелии приводит к большим потерям воды, ухудшению мелиоративного состояния почв и, как следствие, снижению урожайности.

При подаче воды на посевные площади большими нормами из-за слишком малого количества применяемых в орошении, отвечающих современным требованиям оросительных техник и технологий допускается потеря воды и т. д.

Как следствие вышеперечисленных и других недостатков нерационально используются водные ресурсы, излишне использованная вода повышает уровень грунтовых вод на орошаемых территориях, ухудшает мелиоративное состояние почв, излишне использованная вода подпитывает коллекторно-дренажную сеть как поверхностные, так и грунтовые воды.

Для изучения возможности использования коллекторно-дренажных вод в целях орошения прежде всего необходимо изучить минеральность и химический состав этих вод. Для решения этого вопроса институтом проводятся научно-исследовательские работы в различных направлениях. Целью работы является изучение современного состояния земель, охватываемых коллекторами Главный Миль-Карабах, Главный Мугань, Главный Ширван в Кура-Араксинской низменности, и путей повышения эффективности водопользования [1, 2].

Оценка оросительной воды по степени минерализации (М) определяется по классификации А. Н. Костякова согласно принятой градации:

При $M \leq 0,5$ г/л вода полностью пригодна для полива, если $M = 0,5–2,0$ г/л – полезная, при $M = 2,0–5,0$ г/л – менее полезная, если оно составляет $M > 5,0$ г/л бесполезно, если оно составляет 5 г/л.

Оценка качества воды по ирригационному коэффициенту (К) проводилась по формуле и классификации предложенной Н. Стеблером и А. Алекиным.

Чтобы определить коэффициент ирригации, если $Na'-Cl' < 0$, используется формула

$$K = \frac{288}{5 \cdot Cl'};$$

если $Na' - Cl' > 0$, то:

$$K = \frac{288}{Na' + 4Cl'}$$

При получении $K > 18$ вода считается пригодной для орошения, если получено $K = 6-18$ – пригодной, если $K = 1,2-6$ – менее пригодной, если $K < 1,2$ – непригодной.

Оценка воды по коэффициенту относительного потенциала натрия (SAR) проводилась по формуле, предложенной Ричардсом-Гапоном. Для определения SAR была использована формула

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{0,5(Ca^{++} + Mg^{++})}}$$

Уточнен результат отчетов, проведенных с целью оценки качества воды по коэффициенту относительного потенциала натрия. Из исследуемых вод 3 оцениваются как полностью пригодные к использованию, 4 – как пригодные к использованию, 32 – как малоприспособленные, а 13 – как непригодные к использованию. Формирование объема и качества воды коллектора Главный Миль-Муган, а также питающей его коллекторно-дренажной сети является динамичным процессом, который, как было отмечено, меняется во времени и пространстве. Поэтому динамические процессы, отмеченные для управления и использования этих вод, должны контролироваться, а при необходимости корректируется [3].

Засоленность почв в настоящее время вызывает большую тревогу, т. к. в настоящее время 1,5 млн га земель Азербайджана считаются засоленными. Большая часть засоления связана с плохим состоянием коллекторно-дренажной системы. В связи с этим в последние годы в Институте почвоведения и агрохимии на засоленных почвах Кура-Аразской низменности ведутся мелиоративные научные исследования. Было установлено, что главными причинами засоления являются глобальное потепление климата, интенсивное развитие сельского хозяйства, увеличение численности населения. В этом аспекте намечено ведение комплекса мелиоративных мероприятий на Кура-Аразской низменности [4].

Наряду с водными исследованиями, проведенными с целью изучения результатов (эффективности) деятельности Главного Миль-Муганского коллектора, были изучены почвы, находящиеся в непосредственной близости от коллектора. В рамках объекта исследования были предварительно взяты образцы почвы из 6 точек и проведен химический анализ на основе существующих методов. А результаты химических анализов взятых проб почвы приведены в таблицах 1, 2, 3 [5].

Таблица 1

**Результаты химических анализов образцов почвы, взятых из зоны охватывания
Главного Миль-Муганского коллектора**

№ образца	CO ₃ ''	HCO ₃ '	Cl'	SO ₄ ''	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Сухой остаток, г/л	Сумма солей, г/л	Классификация почв по степени засоления
1	–	<u>0,119</u> 1,95	<u>0,040</u> 1,15	<u>0,108</u> 5,49	<u>0,017</u> 0,87	<u>0,007</u> 0,59	<u>0,164</u> 7,13	0,460	0,455	Слабосоленая
2	–	<u>0,085</u> 1,40	<u>0,011</u> 0,30	<u>0,047</u> 2,39	<u>0,020</u> 0,98	<u>0,006</u> 0,48	<u>0,061</u> 2,63	0,240	0,230	Несоленая
3	–	<u>0,095</u> 1,55	<u>0,016</u> 0,45	<u>0,062</u> 3,15	<u>0,016</u> 0,78	<u>0,002</u> 0,20	<u>0,096</u> 4,17	0,295	0,287	Слабосоленая
4	–	<u>0,079</u> 1,30	<u>0,065</u> 1,85	<u>0,122</u> 6,20	<u>0,020</u> 0,98	<u>0,006</u> 0,48	<u>0,182</u> 8,24	0,483	0,474	Средней солености
5	–	<u>0,064</u> 1,05	<u>0,196</u> 5,60	<u>0,154</u> 7,83	<u>0,023</u> 1,17	<u>0,003</u> 0,27	<u>0,277</u> 12,04	0,725	0,717	Средней солености
6	–	<u>0,104</u> 1,70	<u>0,107</u> 3,05	<u>0,077</u> 3,91	<u>0,014</u> 0,68	<u>0,007</u> 0,59	<u>0,170</u> 7,39	0,486	0,479	Средней солености

Таблица 2

Степень засоленности (по Я. Р. Лебедеву)

а) по составу анионов мг.экв.							
№ образца	Cl'	SO ₄ ''	Cl'+SO ₄ ''	HCO ₃ '	$\frac{Cl'}{SO_4''}$	$\frac{HCO_3'}{Cl'+SO_4''}$	Типы засоления
1	1,15	5,49	6,64	1,95	0,21	0,29	Хлористо-сульфатный
2	0,30	2,39	2,69	1,40	0,13	0,52	сульфатный
3	0,45	3,15	3,60	1,55	0,14	0,43	сульфатный
4	1,85	6,20	8,05	1,30	0,30	0,13	Хлористо-сульфатный
5	5,60	7,83	13,43	1,05	0,72	0,10	Хлористо-сульфатный
6	3,6	3,91	6,96	1,70	0,78	0,24	Хлористо-сульфатный
б) по составу катионов мг.экв.							
№	Na'+K'	Ca''	Mg''	Ca''+Mg''	$\frac{Na'+K'}{Ca''+Mg''}$	$\frac{Mg''}{Ca''}$	Типы засоления
1	7,13	0,87	0,59	1,46	4,88	0,68	Натриумный
2	2,63	0,98	0,48	1,46	1,80	0,49	Кальциво-натриумный
3	4,17	0,78	0,20	0,98	4,96	0,26	Натриумный
4	8,24	0,98	0,48	1,46	5,64	0,49	Натриумный
5	12,04	1,17	0,27	1,44	8,25	0,23	Натриумный
6	7,39	0,68	0,59	1,27	5,82	0,87	Натриумный

Классификация засоленных почв (по В. А. Ковде, В. В. Егорову)

№ образца	Типы засоления	Показатель	Классификация засоления
1	Хлористо-сульфатный	0,21	Незасоленные
2	Сульфатный	0,13	Незасоленные
3	Сульфатный	0,14	Незасоленные
4	Хлористо-сульфатный	0.30	Слабо засоленные
5	Хлористо-сульфатный	0.72	Сильно засоленные
6	Хлористо-сульфатный	0.78	Сильно засоленные

Обобщение и анализ полученных результатов показывают, что по количеству сухого остатка, содержащегося в почве, почвы, взятые в первом и третьем пунктах, оцениваются как слабосоленные, во втором пункте – как несоленные, а в пунктах 4, 5 и 6 – как среднесоленные.

Результаты расчетов показывают, что почвы, взятые в пунктах 1, 4, 5 и 6, относятся к засоленным почвам хлоридно-сульфатного типа. Согласно классификации, В. А. Ковды, почвы, взятые в пунктах 1, 2 и 3, рассматриваются как несоленные, почва, взятая в пунктах 4, оценивается как слабосоленная, а почвы, взятые в пунктах 5 и 6, рассматриваются как сильно засоленные [4, 5].

В то же время следует отметить, что поскольку показатели этой точки (0,72 и 0,78) незначительно превышают максимальный предел среднесоленных почв (0,70), то фактически место этих почв можно принять в конце среднесоленных почв и в начале сильно засоленных.

Список литературы

1. Ахмедов, В. А. Изучение солеустойчивости различных саженцов / В. А. Ахмедов, Б. Г. Садыхов. – Новосибирск-Новокузнецк: Сибирское отд. Российской академии наук, 2016. – С. 26–29.
2. Гурбанов, М. Ф. Изучение коллекторно-дренажных систем Куринского бассейна: сб. науч. тр. / НПО АзНИИГиМ, Т. XXXIII. – Баку: Элм, 2013. – С. 191–195.
3. Айвазов, А. М. Характерные особенности почвогрунтовых условий Мугано-Сальянской степи и их влияние на работу дренажа: сб. науч. тр. / НПО АзНИИГиМ, Т. XXXV / А. М. Айвазов, Р. А. Закиева. – Баку, Элм. – С. 39–48.
4. Мустафаев, М. Г. Роль мелиорации почв Мугано-Сальянского массива / М. Г. Мустафаев. – Мелиорация и водное хоз-во XXI века: материалы Междунар. конф. – Горки, 2009. – С.41–45.
5. Азизов, Г. З. Степень засоления, классификация типов почв Азербайджана / Г. З. Азизов. – Баку: Р. Н.Новруз-94, 2004. – С.4–18.

АНАЛИЗ ДАННЫХ АГРОХИМИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ НЕСКОЛЬКИХ РАЙОНОВ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

В. П. Самсонова¹, Д. Г. Кротов², М. И. Кондрашкина¹, С. Е. Дядькина¹

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

²Брянский государственный аграрный университет,
с. Кокино, Брянская область, Россия

Картографирование является неотъемлемой частью агрохимического обследования угодий. До сих пор одним из способов его представления являются картограммы, где картографируемой единицей является угодье в целом. При этом все значения агрохимических проб в отдельных точках отбора усредняются, что приводит к потере информации о диапазонах изменения отдельных показателей на конкретных полях. Если полвека назад такой прием был вполне оправдан, поскольку просто не существовало компьютерных мощностей для анализа таких больших объемов данных, то в настоящее время подобная обработка возможна с использованием обычного ноутбука.

Обрабатывались данные, полученные в 2016–2019 гг. при выборочном обследовании полей в нескольких районах Брянской области. Почвы серые лесные легкосуглинистые на лессовидных суглинках. Агрохимические анализы (рН, содержание гумуса, содержание подвижных фосфора и обменного калия) проводились в смешанных образцах, полученных при объединении 20–25 индивидуальных проб, отбираемых в пределах элементарных участков площадью 5 га из слоя 0–20 см [1–3]. Каждой пробе соответствовали координаты центров элементарных участков. Статистический анализ данных выполнялся в программе STATISTICA 8 (табл.).

Таблица

Статистические характеристики изученных почв (n = 1971)

	рН	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	K ₂ O, мг/кг почвы	Индекс
Минимум	4,24	0,61	38	37	0,68
Нижний дециль	4,88	1,25	115	83	1,10
Нижний квартиль	5,15	1,52	164	115	1,29
Медиана	5,5	1,86	229	162	1,54
Верхний квартиль	5,91	2,22	286	222	1,83
Верхний дециль	6,36	2,64	340	295	2,09
Максимум	7,26	3,97	498	497	3,05
Среднее	5,57	1,91	229	177	1,57
Ст. отклонение	0,57	0,56	88	85	0,39
Коэф. вариации	10	29	38	48	25
Асимметрия	0,53	0,75	0,28	0,96	0,45
Ошибка асимметрии	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Эксцесс	-0,13	0,73	-0,17	0,79	0,04
Ошибка эксцесса	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11

Почвы на обследованной территории в среднем имеют слабокислую реакцию среды, низкое содержание гумуса и сравнительно высокое содержание подвижного фосфора и обменного калия. Однако следует признать, что примерно на десятой части территории все показатели находятся в минимуме, а на четверти – обеспеченность почвы можно считать высокой.

Обобщенная характеристика плодородия была рассчитана с использованием рекомендации Минсельхоза [4] как

$$IND = \left(\frac{pH}{pH_{фон}} + \frac{Гумус}{Гумус_{фон}} + \frac{P2O5}{P2O5_{фон}} + \frac{K2O}{K2O_{фон}} \right) / 4.$$

В качестве фоновых значений использовались средние значения свойств естественной серой лесной почвы. Если фоновые значения равны наблюдаемым на угодье, вклад отдельного компонента в плодородие будет равным 1. Таким образом, если все значения свойств соответствуют фоновым, то значение индекса также будет равным 1. Если величина индекса меньше единицы, то на территории наблюдается пониженное плодородие.

Судя по этому индексу, плодородие почв на обследованной территории вполне удовлетворительное, а на 10 % площади даже повышенное, поскольку значения верхнего дециля индекса более 2 (табл.). Значения на 10 % площади меньше значения нижнего дециля индекса плодородия, так что неудовлетворительных по качеству участков немного. Однако, судя по приведенной формуле, неудовлетворительное состояние по одному из компонентов плодородия может компенсироваться избытком другого, что противоречит закону минимума, согласно которому на состояние растений наибольшее влияние оказывает фактор, значение которого в минимуме (рис.).

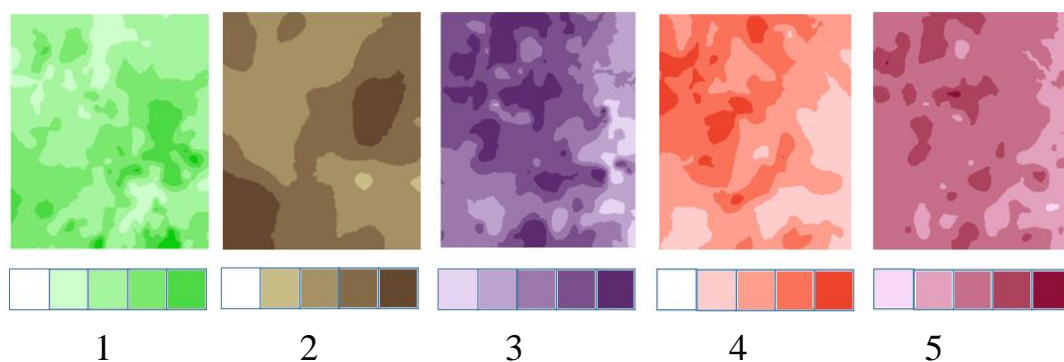


Рис. Картограммы свойств изученных почв

- 1 – pH;
- 2 – гумус, %;
- 3 – P₂O₅, мг/кг почвы;
- 4 – K₂O, мг/кг почвы; (градации в соответствии с агрохимическими категориями);
- 5 – итоговый индекс плодородия (от 0,8 до 2,0)

Так, например, вряд ли низкое содержание гумуса в левой части участка (на картограмме вверху слева) может компенсироваться высоким содержанием подвижного фосфора, а низкое содержание калия (слева внизу) будет компенсировано высоким содержанием гумуса. С другой стороны, низкие значения индекса плодородия, скорее всего, действительно надежно показывают низкое плодородие территории. Поэтому, наверное, стоит его использовать в качестве указания на пониженное плодородие, а в случае высоких значений результаты требуют дополнительного анализа.

Список литературы

1. ГОСТ 26483-85 Государственный стандарт союза ССР. Почвы. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО [Текст]. – Введен 1985-2-03. М.: Издательство стандартов, 1985. – 4 с.
2. ГОСТ 26213-91 Государственный стандарт союза ССР. Почвы. Методы определения органического вещества [Текст]. – Введен 1983-01-07. М.: Издательство стандартов, 1992. – 6 с.
3. ГОСТ Р 54650-2011 Национальный стандарт российской федерации. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО [Текст]. – Введен 2011-13-12. М.: Стандартинформ, 2013. – 7 с.
4. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. Приказ от 6 июля 2017 года № 325: Об утверждении методики расчета показателя почвенного плодородия в субъекте Российской Федерации <https://docs.cntd.ru/document/456080018> (дата обращения 18.04.2022 г.)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОСЕВАХ СОРГО САХАРНОГО

Г. В. Седукова, Н. В. Кристова

*Институт радиобиологии НАН Беларуси,
г. Гомель, Беларусь*

Дальнейшая интенсификация животноводства в значительной мере обеспечивается кормовой базой. В полевом кормопроизводстве существенная роль в бесперебойном обеспечении зелёными кормами в течение вегетационного периода отводится однолетним культурам. Включение в систему зеленых и сырьевых конвейеров разновидностей сорго направлено на укрепление кормовой базы посредством получения кормов с хорошими показателями питательной ценности [1, 2, 3] и сохранения бесперебойного обеспечения зелёными кормами в периоды снижения продуктивности широко распространённых кормовых культур.

Сорговые культуры характеризуются хорошим адаптационным потенциалом к почвенно-климатическим условиям, высокой урожайностью и универсальностью использования. Наиболее актуально расширение засухоустойчивых культур в южных регионах страны, в которых наблюдается тенденция к более частому появлению периодов с дефицитом осадков и влаги в почве, что приводит к снижению продуктивности традиционных кормовых культур и пастбищ.

На урожайность и качество продукции сорговых культур существенное влияние оказывают элементы технологии возделывания, одним из которых является система применения удобрений. Несмотря на то, что сорговые культуры нетребовательны к почвам, при возделывании их по интенсивной технологии, высокие урожаи обеспечиваются за счет удобрений [4].

Целью наших исследований являлось установление эффективности применения минеральных удобрений в посевах сорго при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Исследования по изучению эффективности системы удобрений в посевах сорго проведены в полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной, развивающейся на водно-ледниковых супесях, почве. Усреднённые агрохимические показатели пахотного горизонта почвы: pH_{KCl} – 5,2, содержание гумуса – 2,5 %, содержание подвижных форм калия и фосфора – 198 и 350 мг/кг почвы соответственно.

В качестве объектов исследований использовали сорго сахарное. Культура высевалась на 13 вариантах опыта: контроль, $P_{40}K_{80}$, $N_{70}P_{40}K_{80}$, $N_{90}P_{40}K_{80}$; $P_{40}K_{100}$, $N_{70}P_{40}K_{100}$, $N_{90}P_{40}K_{100}$; $P_{60}K_{80}$, $N_{70}P_{60}K_{80}$, $N_{90}P_{60}K_{80}$; $P_{60}K_{100}$, $N_{70}P_{60}K_{100}$, $N_{90}P_{60}K_{100}$.

В качестве азотных удобрений использовали карбамид, фосфорных – аммонизированный суперфосфат, калийных – хлористый калий.

Опыты проводился в 3-кратной повторности с общей и учетной площадью делянок – 10 м² и 4 м². Культура высевалась ширококрядно с шириной междурядий 45 см. Учет урожая зелёной массы выполняли в период наступления фазы начала выброса метёлки.

Анализ эффективности применения минеральных удобрений в посевах сорго проведён по методике определения показателей агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений [5]. В соответствии с методикой агрономическую эффективность применения удобрений рассчитывали исходя из урожайности, сформированной за счет потенциального плодородия почвы.

Оценивая агрономическую эффективность применения минеральных удобрений в различных сочетаниях и дозах определено, что внесение фосфорно-калийных удобрений способствует формированию урожая зелёной массы в посевах сорго сахарного в среднем на уровне 222 ц/га.

В вариантах с внесением полного минерального удобрения с дозой N₇₀ отмечалось увеличение прибавки урожая по сравнению с РК фонами в среднем на 55 %. При использовании азота в дозе 90 кг/га д. в. наблюдался дальнейший рост прибавки сбора зелёной массы с га посевов сорго сахарного в среднем на 23 % по сравнению с вариантами, где азот вносили в дозе 70 кг/га д. в.

Внесение минеральных удобрений увеличивает количество получаемых кормовых единиц с гектара посевов по сравнению с контрольным вариантом. Средний прирост кормовых единиц, полученный благодаря внесению РК в посевах сорго сахарного, составляет 27 ц/га (табл. 1).

Таблица 1

Прибавка урожайности сорговых культур за счет минеральных удобрений, к. ед.

Система удобрений	НРК к контролю	P ₆₀ к P ₄₀	K ₁₀₀ к K ₈₀	N к РК	N ₉₀ к N ₇₀
P ₄₀ K ₈₀	24	–	–	–	–
P ₆₀ K ₈₀	26	2	–	–	–
P ₄₀ K ₁₀₀	28	–	4	–	–
P ₆₀ K ₁₀₀	31	3	5	–	–
N ₇₀ P ₄₀ K ₈₀	40	–	–	16	–
N ₇₀ P ₆₀ K ₈₀	44	4	–	18	–
N ₇₀ P ₄₀ K ₁₀₀	43	–	3	15	–
N ₇₀ P ₆₀ K ₁₀₀	50	7	6	19	–
N ₉₀ P ₄₀ K ₈₀	51	–	–	27	11
N ₉₀ P ₄₀ K ₁₀₀	54	4	3	26	11
N ₉₀ P ₆₀ K ₈₀	55	–	–	29	11
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₀	60	6	5	29	10

В вариантах с N₇₀ увеличение прибавки кормовых единиц по отношению к контролю в среднем составило 44 ц/га, по отношению к РК фонам в среднем на уровне 17 ц/га (63 %). В вариантах с N₉₀ средний сбор кормовых единиц выше по сравнению с контролем на 55 ц/га, с РК фонами – на 28 ц/га, с N₇₀ – на 11 ц/га (24 %).

Среди вариантов с внесением NPK наибольшие прибавки к. ед. получены как при использовании $N_{70}P_{60}K_{100}$, так и при $N_{90}P_{60}K_{100}$. Увеличение дозы фосфора до 60 кг/га д. в. на фоне $N_{70}K_{80}$ способствовало увеличению выхода к.ед. на 4 ц/га, на фоне $N_{70}K_{100}$ – на 7 ц/га. Повышение дозы калия с 80 до 100 кг/га д. в. в сочетании с $N_{70}P_{40}$ и $N_{70}P_{60}$ способствовало росту к.ед. на 3 и 6 ц/га соответственно. При системах удобрений $N_{90}P_{60}K_{80}$ и $N_{90}P_{60}K_{100}$ прибавки к.ед. по сравнению с $N_{90}P_{40}K_{80}$ и $N_{90}P_{40}K_{100}$ составили 4 ц/га и 6 ц/га соответственно. Внесение K_{100} совместно с $N_{90}P_{40}$ обеспечило дополнительное получение 3 ц/га к. ед. по отношению к $N_{90}P_{40}K_{80}$, а совместно с $N_{90}P_{60}$ – 5 ц/га по отношению к $N_{90}P_{60}K_{80}$.

Анализ окупаемости минеральных удобрений продукцией сорго сахарного показал, что внесение 1 кг д. в. фосфорно-калийных удобрений обеспечивает получение 19–20 кг к. ед. (табл. 2).

Таблица 2

**Окупаемость минеральных удобрений урожаем кормовых единиц
в посевах сорговых культур, кг к. ед.**

Система удобрений	Контроль	PK	$N_{70}PK$
$P_{40}K_{80}$	20	–	–
$P_{60}K_{80}$	19	–	–
$P_{40}K_{100}$	20	–	–
$P_{60}K_{100}$	19	–	–
$N_{70}P_{40}K_{80}$	–	23	–
$N_{70}P_{60}K_{80}$	–	25	–
$N_{70}P_{40}K_{100}$	–	22	–
$N_{70}P_{60}K_{100}$	–	27	–
$N_{90}P_{40}K_{80}$	–	29	52
$N_{90}P_{40}K_{100}$	–	31	51
$N_{90}P_{60}K_{80}$	–	30	59
$N_{90}P_{60}K_{100}$	–	32	52

Окупаемость полного минерального удобрения выше на 40 %, чем фосфорно-калийных. Окупаемость $N_{70}PK$ изменялась в диапазоне 22–27 кг (в среднем 24 кг) кормовых единиц, при использовании дозы азота 90 кг/га д. в. – в диапазоне 29–32 кг (в среднем 31 кг) кормовых единиц. Значения окупаемости азотных удобрений при повышении дозы с N_{70} до N_{90} находились в диапазоне 51–59 кг к. ед. (в среднем 54 кг).

Таким образом, наибольшую прибавку кормовых единиц в посевах сорго сахарного по сравнению с контролем среди анализируемых систем минерального питания обеспечил вариант $N_{90}P_{60}K_{100}$ – 60 ц/га. Окупаемость 1 кг азотных удобрений по сравнению с фосфорно-калийными вариантами при этом составила 32 кг кормовых единиц.

У сорго сахарного на безазотных вариантах средняя прибыль изменялась от 142 до 194 руб./га и в среднем составила 167 руб./га (67 долл. США/га) при среднем уровне рентабельности производства зеленой массы 71 %. При увеличении дозы фосфорного удобрения с 40 до

60 кг/га д. в. наблюдалось снижение прибыли на 12 %, повышение себестоимости 1 ц к. ед. на 18 %, возделывая культуру на фоне K_{80} , и на 23 % – на фоне K_{100} и уменьшение рентабельности на 35 и 40 % соответственно. При высоком содержании обменного фосфора в почве нивелируется влияние фосфорного удобрения в формировании урожая, чем и обуславливаются различия в экономической эффективности между вариантами. Повышение дозы калия в составе фосфорно-калийных систем удобрений обеспечило увеличение прибыли на 20 %, снижение себестоимости на 9 и 5 % и рост рентабельности на 23 и 14 % соответственно на фонах P_{40} и P_{60} .

Среди вариантов НРК как с внесением азота в дозе 70 кг/га д. в., так и 90 кг/га д. в., наибольшая прибыль получена на фоне $P_{40}K_{100}$ – 216,8 руб./га (86,7 долл. США/га) и 233,0 руб./га (93,2 долл. США/га), при себестоимости 1 ц. к. ед. 10,1 руб./га (4 долл. США/га) 10,7 руб./га (4,3 долл. США/га) и уровне рентабельности 49 % и 40 % соответственно.

Использование N_{90} обеспечило увеличение прибыли и снижение себестоимости продукции сорго сахарного в среднем на 9 % по сравнению с N_{70} . Внесение азотных удобрений позволяет повысить доход в среднем на 18 % при использовании дозы 70 кг/га д. в. и на 29 % при использовании дозы 90 кг/га д. в. по отношению к безазотным фонам.

Наиболее высокая прибыль (более 230,0 руб./га (90 долл. США/га)) получена при внесении в посевах сорго сахарного $N_{90}P_{40}K_{100}$ и $N_{90}P_{60}K_{100}$.

Список литературы

1. Пигорев, И. Я. Кормовая и энергетическая оценка зеленой массы сахарного сорго / И. Я. Пигорев, П. А. Горбунов // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 6. – С. 4244.
2. Хозяйственно-биологические особенности сорго-суданковых гибридов Агат и Анифон для засушливых регионов РФ / Д. С. Семин [и др.] // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса в условиях аридизации климата: сборник материалов Междунар. научно-практической конференции, посвященной 35-летию ФГБНУ РосНИИСК «Россорго». – Саратов: ООО «Амирит», 2021. – С. 246–252.
3. Шишова, Е. А. Качество зеленой массы суданской травы / Е. А. Шишова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 2(46). – С. 145–151.
4. Динамика формирования урожая сорго сахарного и его зависимость от уровня азотного питания / В. Н. Шлапунов [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграрных навук – 2006. – № 4. – С. 43–48.
5. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2010. – 24 с.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД ОЗИМУЮ ПШЕНИЦУ НА ДЕРНОВО- ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Т. М. Серая, Т. В. Мачок, Е. Н. Богатырева, Т. М. Кирдун

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

В условиях рыночной экономики важно стремиться не только к повышению урожайности сельскохозяйственных культур, но и по возможности наращивать производство конкурентоспособной продукции. Применяемые технологии в растениеводстве должны быть экономически эффективными, ресурсосберегающими, позволяющими снизить производственные затраты и повысить рентабельность производства.

Озимая пшеница в Беларуси занимает около 10 % посевной площади. Среди зерновых колосовых культур озимая пшеница предъявляет наиболее высокие требования к условиям питания. Следует отметить, что в связи с ростом цен на удобрения особую актуальность приобретает эффективность их использования. Снижения себестоимости зерна можно также добиться использованием излишек соломы на удобрение, уменьшением затрат на обработку почвы и др. [1–3]. Анализ научной литературы показал, что задачи снижения энергетических затрат и повышения рентабельности применения удобрений не потеряли свою актуальность и в настоящее время. В связи с этим целью наших исследований является определение экономической эффективности применения удобрений под озимую пшеницу на дерново-подзолистой супесчаной почве.

Исследования с озимой пшеницей сорт Августина проводили на опытном поле Института, расположенном на территории ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области, на среднекультуренной дерново-подзолистой супесчаной, развивающейся на рыхлой супеси, подстилаемой с глубины 80 см моренным суглинком, почве в двух последовательно открывающихся полях, на каждом поле – в двух блоках: в 1-м блоке в качестве основной обработки почвы применяли вспашку на глубину 20 см, во 2-м блоке – дискование в один след на глубину 10–12 см. Первое поле открыто в 2019 г., второе – в 2020 г. Повторность вариантов четырехкратная, общий размер делянки – 31,2 м², учетная площадь – 24,0 м². Агрохимическая характеристика почвы: рН_{KCl} 5,60, содержание гумуса – 2,19 %, подвижных форм Р₂О₅ – 156 мг/кг, К₂О – 194 мг/кг, обменных СаО – 1055 мг/кг, MgO – 154 мг/кг, индекс окультуренности – 0,81. Предшественник озимой пшеницы – горохо-овсяная смесь на зерно. Урожайность соломы 2,8 т/га с содержанием (на сухое вещество) N – 0,52 %, Р₂О₅ – 0,25 %, К₂О – 1,50 %. После уборки солому измельчали и равномерно распределяли по делянкам, затем, согласно схеме опыта, вносили удобрение микробиологическое «Жыцень» или компенсирующую

дозу азота в виде КАС и проводили дискование. Через две недели в 1-м блоке проводили вспашку, во 2-м – дискование в один след.

Фосфорные и калийные удобрения в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия внесены под основную обработку почвы. Азотные удобрения внесены весной в три приема. Первую подкормку проводили КАС в фазу начало активной вегетации растений весной, последующие (в фазу 1-го узла и в фазу появления флаг листа) – карбамидом. Ранневесенняя подкормка озимой пшеницы азотом проведена в два срока: в 2020 г. – 18 марта, когда у растений появились первые белые корешки (вар. Солома + $N_{20(КАС)} + P_{65}K_{115} + N_{70}$ до опт +40+40) и 6 апреля в остальных вариантах. После 18 марта по 6 апреля наблюдались низкие температуры воздуха – среднесуточная температура за этот период составила 3,8 °С, поэтому, несмотря на появление белых корешков уже к 18 марта, оптимальным сроком подкормки считаем 6 апреля, при установлении среднесуточных температур выше 5 °С. Аналогичные погодные условия наблюдались и весной 2021 г.: первые белые корешки у пшеницы появились 31 марта и проведена первая подкормка азотом, со 2 по 9 апреля наблюдались ночные заморозки со среднесуточной температурой 3,9 °С, и только после 9 апреля среднесуточная температура воздуха превысила +5 °С, поэтому проведение подкормки 9 апреля считаем оптимальным сроком.

Расчет экономической эффективности применения удобрений проведен по методике [4]. Экономическую эффективность применения удобрений оценивали такими показателями как условный чистый доход и рентабельность. Для определения прибыли рассчитывали стоимость урожая с учетом повышения качества зерна, полученного за счет внесения удобрений, и затраты на получение прибавки урожая от удобрений. Используются нормативы затрат на удобрения и их внесение, доработку прибавки урожая, цены на сельскохозяйственную продукцию в Республике Беларусь на 2020 г. и 2021 г. в долларовом эквиваленте (USD).

В период вегетации озимой пшеницы температуры воздуха в осенне-зимний период 2019–2020 гг. были значительно выше среднееголетних данных, в то время как среднесуточная температура в апреле была на 1,7 °С ниже среднееголетней. С сентября 2019 г. по апрель 2020 г. выпало 269 мм осадков при среднееголетнем количестве за этот период – 326 мм, особенно засушливыми были март и апрель: при среднееголетнем количестве осадков 72 мм в период вегетации озимой пшеницы выпало всего 29 мм. Май был холоднее и суше (ГТК 1,18) по сравнению со среднееголетними показателями (ГТК 1,39). Июнь (ГТК 1,45) и июль (ГТК 1,59), основной период формирования и налива зерна, был в целом благоприятным для озимой пшеницы, что обеспечило высокую урожайность зерна в опыте.

В период вегетации озимой пшеницы в 2020–2021 гг. температуры воздуха в осенний период были выше среднееголетних данных, в то время как среднесуточная температура в феврале была на 3,0 °С ниже среднееголетней. С сентября 2020 г. по февраль 2021 г. выпало 326 мм осадков при среднееголетнем количестве за этот период – 253 мм. Особенно су-

хим (ГТК 0,6) выдался сентябрь 2020 г., что отрицательно сказалось на всходах озимой пшеницы. Таким образом, более благоприятным для вегетации озимой пшеницы были погодные условия в 2019–2020 гг., что оказало существенное влияние на рост и развитие озимой пшеницы.

За счет эффективного плодородия среднекультуренной дерново-подзолистой супесчаной почвы урожайность зерна озимой пшеницы в среднем за 2 года на фоне вспашки составила 38,6 ц/га (табл.).

Таблица

Агроэкономическая эффективность систем удобрения озимой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве, среднее за 2 года

Вариант	Урожайность зерна, ц/га	Содержание, %		Чистый доход, USD/га	Рентабельность, %
		сырого белка	клейковины		
Вспашка					
Без удобрений (контроль 1)	38,6	9,04	17,64	–	–
P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	60,5	14,03	27,59	422	200
Адоб Профит 4-12-38, (2+2) кг/га + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	62,4	13,46	26,84	499	292
ПН КРС, 40 т/га + P ₄₀ K ₃₅ + N ₆₀₊₃₀₊₄₀	63,6	13,86	27,72	424	160
Солома + ПН КРС, 30 т/га + P ₅₀ K ₅₀ + N ₆₀₊₄₀₊₄₀	64,6	13,99	28,29	442	169
Солома + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	59,0	14,23	29,19	408	195
Солома + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀₊₁₀	60,3	14,20	28,79	424	200
Солома + Жыцень, 3 л/га + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	60,4	14,40	29,64	430	189
Солома + N _{20(КАС)} + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	62,5	14,24	28,94	455	195
Солома + N _{20(КАС)} + P ₆₅ K ₁₁₅ + N _{70 до опт +40 +40}	60,9	14,38	29,66	407	181
Солома + N _{20(КАС)} + P ₆₅ K ₁₁₅ (по вспашке) + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	56,3	13,98	28,26	401	180
Солома + N _{20(КАС)} + РК (с учетом в соломе) + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	61,6	14,12	28,12	445	206
Дискование					
Без удобрений (контроль 2)	41,9	9,08	17,86	–	–
P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	64,7	15,67	28,35	446	206
ПН КРС, 40 т/га + P ₄₀ K ₃₅ + N ₆₀₊₃₀₊₄₀	64,0	15,39	28,34	395	152
Солома + ПН КРС, 30 т/га + P ₅₀ K ₅₀ + N ₆₀₊₄₀₊₄₀	64,1	15,72	30,13	436	203
Солома + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	64,8	15,78	29,92	409	160
Солома + Жыцень, 3 л/га + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	71,6	14,92	28,22	545	222
Солома + N _{20(КАС)} + P ₆₅ K ₁₁₅ + N ₇₀₊₄₀₊₄₀	68,3	15,32	29,07	503	224
HCP ₀₅ (удобрения)	4,8	0,62	1,42		
HCP ₀₅ (обработка почвы)	2,3	0,33	0,73		

Внесение $N_{70+40+40}P_{65}K_{115}$ обеспечило рост урожайности зерна на 21,9 ц/га или 57 %. Кроме роста урожайности внесение удобрений способствовало увеличению содержания в зерне сырого белка с 9,04 % до 14,03 % и клейковины – с 17,64 до 27,59 %. В результате зерно по содержанию клейковины соответствовало требованиям, предъявляемым к продовольственному зерну 3 класса качества, в то время как зерно пшеницы, выращенной без удобрений, пригодно только на фураж. Условно чистый доход за счет применения удобрений составил 422 USD/га при рентабельности 200 %.

В варианте, где озимая пшеница посеяна без фосфорных и калийных удобрений, двукратная некорневая обработка комплексным удобрением Адоб Профит 4-12-38 в дозе по 2 кг/га: 1-я в фазу кущения осенью, 2-я в период начала активной вегетации весной, по действию на урожайность (62,4 ц/га) была аналогичной внесению $P_{65}K_{115}$, при самой высокой в опыте рентабельности применения удобрений – 292 %.

Снижение доз фосфорных и калийных удобрений на 25 и 80 кг д. в. соответственно и азотных удобрений на 20 кг/га на фоне внесения 40 т/га подстилочного навоза КРС не оказало существенного влияния на урожайность зерна по сравнению с минеральной системой удобрения. Запашка 3 т/га соломы, что в переводе в условный навоз составило 10,5 т/га, снижение дозы подстилочного навоза КРС с 40 до 30 т/га и внесение на этом фоне $N_{60+40+40}P_{50}K_{50}$ не повлияло на урожайность зерна по сравнению с внесением ПН КРС, 40 т/га + $N_{60+30+40}P_{40}K_{35}$, но способствовало росту условного чистого дохода на 18 USD/га и рентабельности на 9 % (табл.).

Запашка соломы без компенсирующей дозы азота в варианте Солома + $N_{70+40+40}P_{65}K_{115}$ в среднем за 2 года не оказала существенного влияния на урожайность зерна по сравнению с аналогичным вариантом без соломы. Дополнительная некорневая подкормка N_{10} в период колошение – налив зерна в годы проведения исследований была неэффективной как по влиянию на урожайность, так и на содержание белка и клейковины.

В среднем за 2 года обработка соломы микробным удобрением Жыцень в дозе 3 л/га и внесение компенсирующей дозы азота по соломе (N_{20}) в виде КАС не оказали существенного влияния на урожайность зерна озимой пшеницы.

В вариантах с разными сроками ранневесенней подкормки (до оптимального и в оптимальный) урожайность зерна, содержание сырого белка и клейковины в среднем за 2 года существенно не отличались.

Основное внесение фосфорных и калийных удобрений по вспашке не оказало существенного влияния на урожайность и качество зерна пшеницы по сравнению с внесением их под вспашку.

Снижение доз фосфорных и калийных удобрений с учетом поступления данных элементов с соломой способствовало получению урожайности на уровне внесения полных доз этих удобрений с аналогичным содержанием белка и клейковины при более высоком условном чистом доходе (+23 USD/га) и рентабельности (+6 %).

Урожайность озимой пшеницы в блоке с поверхностной обработкой в качестве основной обработки почвы в среднем за 2 года была на 3,7 ц/га выше по сравнению с аналогичными вариантами в блоке с традиционной обработкой почвы при максимальной разнице в урожае в вариантах, где солому обработали микробным препаратом Жыцень в дозе 3 л/га – 11 ц/га и КАС в дозе 20 л/га – 7,5 ц/га (табл.).

Таким образом, наиболее оптимальной на дерново-подзолистой супесчаной почве при вспашке в качестве основной обработки почвы была система удобрения, включающая внесение $N_{70+40+40}P_{65}K_{115}$ на фоне соломы с компенсирующей дозой азота в виде КАС, в среднем за 2 года обеспечившая формирование урожайности зерна озимой пшеницы 64,1 ц/га с содержанием сырого протеина 14,24 %, клейковины – 28,94 %, при условном чистом доходе – 455 USD/га, рентабельности применения удобрений – 195 %.

При применении дискования в один след в качестве основной обработки почвы наиболее агроэкономически эффективной была система удобрения, включающая внесение $N_{70+40+40}P_{65}K_{115}$ на фоне соломы, обработанной микробиологическим удобрением «Жыцень» в дозе 3 л/га: урожайность зерна озимой пшеницы составила 71,6 ц/га с содержанием сырого протеина 14,92 %, клейковины – 28,22 %, условный чистый доход – 545 USD/га, рентабельность применения удобрений – 222 %.

Список литературы

1. Серая, Т. М., Влияние запашки побочной продукции и минеральных удобрений на продуктивность звена севооборота и агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы / Т. М. Серая [и др.] // Агрохимия. – 2015. – № 11. – С. 30–36.
2. Матыс, И. В., Влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на показатели качества зерна озимой пшеницы / И. В. Матыс, В. И. Кочурко // Известия ТСХА. – 2005. – Вып. 1. – С. 30–33.
3. Ресурсосберегающие системы обработки почвы / Под ред. акад. ВАСХНИЛ Макарова И. П. – М.: Агропромиздат, 1990. – 242 с.
4. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / под ред. Богдевича И. М. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2010. – 24 с.

ВЛИЯНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ КАРТОФЕЛЯ В ПИТОМНИКАХ ПЕРВОГО КЛУБНЕВОГО ПОКОЛЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В СООРУЖЕНИЯХ ЗАЩИЩЕННОГО ГРУНТА

Т. Н. Сидоренко, Л. Г. Тихонова

*Гомельская ОСХОС НАН Беларуси,
аг. Довск, Рогачевский район, Гомельская область, Беларусь*

Введение. В настоящее время большое внимание уделяется внедрению энергосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Существенно повысить урожайность и снизить затраты на удобрения можно за счет оптимизации минерального питания, совместного их применения с микроэлементами и регуляторами роста. Очень важно правильно сбалансировать питание картофеля макро- и микроэлементами с учетом плодородия почв и биологических особенностей сортов [1].

Микроэлементы являются не заменимыми для роста и развития растений. Функции каждого из микроэлементов в растениях строго специфичны, ни один элемент не может быть заменен другим, т. к. они входят в состав органических соединений, участвуют в обмене углеводов, жиров и белков как компоненты ферментов, повышают устойчивость растений к изменениям температуры и дефициту влаги. Недостаток или избыток любого из микроэлементов могут вызвать нарушение обмена веществ и физиолого-биохимических процессов у растений [2].

Главная задача оригинального семеноводства картофеля – это быстрое размножение здорового исходного материала в объемах, необходимых для ведения элитного семеноводства. Существующие технологии производства исходного материала направлены на увеличение коэффициента размножения и защиту материала от повторного заражения. В плане совершенствования технологий размножения исходного материала перспективно использование новых форм микроудобрений и регуляторов роста растений с определенной направленностью действия, способствующей получению высококачественного семенного материала [2, 3].

В современных условиях выращивание элитного картофеля требует дополнительных объемов исходных клубней. В сложившейся ситуации в сельскохозяйственном производстве решить проблему увеличения количества клубней возможно за счет повышения продуктивности пробирочных растений в тепличных условиях, а также за счет совершенствования приёмов возделывания мини-клубней [4].

Проблемными вопросами такой технологии является приживаемость и развитие растений картофеля, увеличение массы и количества мини-клубней при репродуцировании семенного материала [5].

В настоящее время активно ведется поиск и испытание новых препаратов, действие которых приводит к стимуляции важнейших физиолого-биохимических процессов, устраняют последствия стрессовых ситуаций токсического действия на окружающую среду. Повышение эффективности технологии получения мини- и макроклубней картофеля с сохранением эффекта оздоровления является чрезвычайно актуальной задачей.

Цель исследований – определить эффективность влияния микроудобрений на увеличение выхода микро-клубней в закрытом грунте.

Методика проведения исследований. Исследования выполнялись в 2019–2020 гг. РУП «Гомельская ОСХОС» НАН Беларуси, в защищенном грунте – пленочные теплицы для выращивания питомника первого клубневого поколения с автоматически регулируемым микроклиматом и поливом. Почва – низинный торф с содержанием pH_{KCl} – 5,6; подвижные формы P_2O_5 и K_2O (по Кирсанову) – 189 и 182; Ca – 2250; Mg – 2621; B – 1,64; Cu – 2,02; Zn – 7,26; Cd – 0,03; Pb – 5,0 мг/кг почвы; Cs^{137} – 22,69+/-6,81 Бк/кг; N общий – 0,53 %.

Объектом исследований служили пробирочные растения нового сорта картофеля белорусской селекции Рубин – среднепоздний (посадка 18 мая). Во время посадки проводилось протравливание пробирочных растений против болезней и вредителей препаратом эместо квантум (35 мл/10 л воды). Перед посадкой проводилась первая обработка корневой системы пробирочных растений микроудобрениями по схеме опыта, внекорневые подкормки при высоте растений 10–15 см (вторая) и в фазу бутонизации–начала цветения (третья).

Схема полевого опыта:

1. Контроль – обработка водой;
2. Первая обработка НаноКремний в дозе 0,15 мл/л, вторая – 35 мл/га, третья – 35 мл/га;
3. Первая обработка Кристалон универсальный в дозе 0,4 г/л, вторая – 0,2 кг/га, третья – 0,2 кг/га;
4. Первая обработка Кристалон желтый в дозе 0,4 г/л, вторая – 0,2 кг/га, третья – 0,2 кг/га;
5. Первая обработка Кристалон коричневый в дозе 0,4 г/л, вторая – 0,2 кг/га, третья – 0,2 кг/га;
6. Первая обработка FERTIKA люкс» в дозе 0,4 г/л, вторая – 0,4 кг/га, третья – 0,4 кг/га;
7. Первая обработка Batr max в дозе 5 мл/л, вторая – 1,2 л/га, третья – 1,2 л/га.

Содержание питательных веществ в применяемых микроудобрениях:

- НаноКремний (Si – 50 %. Fe – 6 %. Cu – 1 %. Zn – 0,5 %);
- Кристалон универсальный (NPK – 18:18:18 %, MgO – 3,0 %, S – 5,0 %, B – 0,025 %, Cu – 0,01 %, Fe – 0,07 %, Mn – 0,04 %, Zn – 0,025 %, Mo – 0,004 %, EC – 0,9 г/л, pH – 4.5);

– Кристалон желтый (NPK – 13:40:13 %, S – 1,0 %, B – 0,025 %, Cu – 0,01 %, Fe – 0,07 %, Mn – 0,04 %, Zn – 0,025 %, Mo – 0,004 %, EC – 1,0 г/л, pH – 4,3);

– Кристалон коричневый (NPK – 3:11:38 %, MgO – 4,0 %, S – 27,5 %, B – 0,025 %, Cu – 0,01 %, Fe – 0,07 %, Mn – 0,04 %, Zn – 0,025 %, Mo – 0,004 %, EC – 1,3 г/л, pH – 3,1);

– FERTIKA люкс (NPK – 16,0:20,6:27,1 %, Fe – 0,1 %, B – 0,02 %, Cu – 0,01 %, MgO – 0,1 %, Mo – 0,002 %, Zn – 0,01 %);

– Batr max (N – 6 %, P₂O₅ – 7 %, K₂O – 10%, SO₃ – 2 %, B – 0,18 %, MgO – 0,05 %, Fe – 0,03 %, Mo – 0,025 %, Co – 0,01 %).

Проведение агротехнических мероприятий в период вегетации: внесение удобрений – N₆₀P₉₀K₁₂₀, фрезерование, высадка пробирочных растений, полив, прополка, окучивание. Было проведено десять профилактических комплексных обработок против фитофтороза, альтернариоза, тли, колорадского жука и паутинного клеща. Учет и структура урожая проводился 25 октября.

Результаты и их обсуждение. В результате исследований отмечено, что на процент приживаемости пробирочных растений сорта Рубин влияет обработка корневой системы питательными растворами. Учеты проводили на десятый день после посадки, приживаемость в среднем, составила 95,5–97,0 %. Наиболее высокая приживаемость, после обработки корней микроудобрениями Кристалон желтый, универсальный и FERTIKA люкс (96,7– 97,0 %). По остальным вариантам опыта эффективность находилась на уровне контроля или чуть выше, увеличение процента приживаемости в пределах НСР (табл. 1).

Таблица 1

**Приживаемость пробирочных растений картофеля
после посадки в теплицу, 2019–2020 гг.**

Вариант	Приживаемость пробирочных растений картофеля на 10-й день после посадки в теплицу, %
Контроль – без обработки	91,9
НаноКремний	95,5
Кристалон универсальный	96,9
Кристалон желтый	97,0
Кристалон коричневый	96,2
FERTIKA люкс,	96,7
Batr max	93,0
НСР ₀₅	1,7

Анализ структуры продуктивности сорта Рубин показал, что среднее количество клубней на одно растение составило в среднем 1,65–2,55 шт. Обработка растений картофеля во время вегетации микроудобрениями положительно влияет на клубнеобразование. Так, максимальное количество клубней с одного растения картофеля, получено при обработке их во время вегетации микроудобрениями таких марок, как FERTIKA люкс, Кристалон коричневый и желтый, Batr max, образовалось от 2,4 до 2,9 клубней, увеличение составило 0,75–1,25 шт., или 45,5–75,8, % к контролю.

По числу и по массе клубней преобладали фракции 3,0–15,0 и >15,0 г, это 0,9–1,05 и 0,9–1,15 шт. на одно растение, или 35,3–41,7 и 37,5–47,9 % от общего числа клубней. Увеличение клубней на один куст происходило в основном за счет крупной фракции макроклубней >15,0 грамм (0,3–0,55 шт.) и процент к контролю составил 45,5–75,8 % от общей массы. В вариантах с применением Кристалон коричневый и желтый увеличение клубней на один куст происходило также и за счет средней фракции 1,0–1,05 шт. в контроле 0,55 шт. (табл. 2).

Таблица 2

Влияние микроудобрений на количество и фракционный состав клубней, сорт Рубин, 2019–2020 гг.

Вариант	Среднее количество клубней с куста								
	Фракция клубней, г.						Всего		
	>3,0		3,0–15,0		>15,0				
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	± шт. к контролю	± % к контролю
Контроль – без обработки	0,50	30,3	0,55	33,3	0,60	36,4	1,65	–	–
НаноКремний	0,60	28,6	0,80	38,1	0,70	33,3	2,10	+0,45	+27,3
Кристалон универсальный	0,40	19,0	0,85	40,5	0,85	40,5	2,10	+0,45	+27,3
Кристалон желтый	0,50	20,8	1,00	41,7	0,90	37,5	2,40	+0,75	+45,5
Кристалон коричневый	0,75	25,9	1,05	36,2	1,10	37,9	2,90	+1,25	+75,8
FERTIKA люкс	0,60	25,0	0,65	27,1	1,15	47,9	2,40	+0,75	+45,5
Batr мах	0,80	31,4	0,90	35,3	0,85	33,3	2,55	+0,90	+54,5
НСР ₀₅	–		–	–	–	–	–	0,55	–

Отмечено положительное влияние применяемых микроудобрений на массу клубней, она увеличилась на 18,61–48,37 г и составила 69,51–99,27 г на один куст, в контроле 50,90 г, это на 36,5–95,0 % больше, чем на контроле.

Средняя масса одного клубня составила 28,9–35,45 г, при этом максимальная средняя масса одного клубня в варианте с применением микроудобрения Кристалон универсальный 35,45 г в контроле 30,85 г. На уровне контроля находилась средняя масса одного клубня (28,9 г) в варианте с обработкой микроудобрением Batr мах. Максимальная средняя масса на один куст в варианте с обработкой микроудобрением Кристалон коричневый – 99,27 г, это на 48,37 г больше чем в контроле.

Выводы. Для повышения приживаемости пробирочных растений картофеля сорта Рубин, при пересадке в теплицу, из среды *in vitro* в *in vivo* можно использовать микроудобрения Кристалон желтый, универсальный и FERTIKA люкс в дозе 0,4 г/л для обработки корней перед посадкой, приживаемость увеличивается на 4,8–5,1 %.

При выращивании семенного материала первого клубневого поколения в условиях закрытого грунта для активизации клубнеобразования

с целью повышения выхода микро-клубней можно использовать следующие микроудобрения:

– Batr мах в дозах: первая обработка – 5 мл/л, вторая – 1,2 л/га, третья – 1,2 л/га;

– FERTIKA люкс: первая, вторая и третья обработки в дозе 0,4 г/л;

– Кристалон коричневый и желтый, в дозах: первая обработка 0,4 г/л, вторая – 0,2 кг/га, третья – 0,2 кг/га.

При обработке микроудобрением FERTIKA люкс, Кристалон коричневый и желтый, Batr мах образовалось от 2,4 до 2,9 клубней, увеличение составило 0,75–1,25 шт., или 45,5–75,8 % к контролю.

Список литературы

1. Оценка эффективности применения удобрений при производстве картофеля в северо-восточной части Беларуси / Е. Л. Ионас [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-прак. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: В. Л. Маханько (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2021. – Т. 29. – С. 98–103.

2. Влияние концентраций витаминов и гормонов в питательной среде на рост и развитие картофеля в культуре *in vitro* / Д. Л. Антонова [и др.] // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-прак. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 24. – С. 322–332

3. Попкович, А. И. Оценка эффективности современных микро- и наноудобрений в семеноводческих посадках картофеля / А. И. Попкович, А. И. Родькина, В. В. Анципович // Картофелеводство: сб. науч. тр. / РУП «Науч.-прак. центр Нац. акад. наук Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»; редкол.: С. А. Турко (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2016. – Т. 24. – С. 362–368.

4. Муромцев, Г. С. Состояние исследований по регуляторам роста растений в России. / Г. С. Муромцев, Б. Э. Данилина // Физиология растений – 1994. – Т. 41, № 5. – С. 779–787.

5. Выращивание оздоровленных *in vitro* микроклонов картофеля в закрытом грунте / Л. Г. Браткова [и др.] // Земледелие. – 2015. – № 6. – С. 46–48.

ВЛИЯНИЕ СЫРОМОЛОТОГО ДОЛОМИТА НА СДВИГ ПОЧВЕННОЙ КИСЛОТНОСТИ ВО ВТОРОЙ ГОД ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ РЫХЛОСУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В. И. Сороко, А. С. Максимчук

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

Известкование почв является радикальным средством нейтрализации избыточной кислотности, способствует переходу в доступное состояние питательных элементов, положительно влияет на азотный режим почвы, повышает эффективность применения органических и минеральных удобрений, снижает поступление в растения радионуклидов и тяжелых металлов, улучшает агрофизические свойства почвы [1–4].

В последнее время ведутся исследования по совершенствованию технологий повышения производительной способности почв, с применением различных форм мелиорантов и их смесей, а также с целью удешевления самого процесса известкования.

Доломитовая мука в Республике Беларусь в настоящее время является основным известковым мелиорантом. Она используется для известкования почв разного гранулометрического состава [5]. В ближайшей перспективе (2021–2025 гг.) в Республике Беларусь планируется часть кислых сельскохозяйственных земель известковать сыромолотым доломитом, доза которого может быть рассчитана согласно Инструкции по известкованию кислых почв сельскохозяйственных земель (2019) [6].

Доза сыромолотого доломита в физическом весе рассчитывается как и доза всех твердых известковых пород, с учетом влажности, гранулометрического состава (от < 1 мм до > 5 мм) и кислотности почв.

Сыромолотый доломит производится по тому же ГОСТ, что и доломитовая мука, отличается маркой, классом и группой. Получают его при размоле доломита, исключается стадия сушки и помола, идет только стадия дробления и сортировки. Дробленный доломит, пропущенный через сито 5 мм, в дальнейшем называют сыромолотым доломитом.

Данных по сдвигу почвенной кислотности от 1 т CaCO₃ сыромолотого доломита в действии и последствии на различных типах почв недостаточно, что затрудняет его использование в качестве мелиоранта.

Цель исследований – сравнительная оценка действия известковых мелиорантов (доломитовой муки и сыромолотого доломита) на изменение кислотности почвы и сдвиг почвенной кислотности от 1 т CaCO₃ во второй год последствия на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве.

Объекты и методика исследований

Объекты исследований – известковые мелиоранты (доломитовая мука, сыромолотый доломит), почва – дерново-подзолистая рыхлосупесчаная, сельскохозяйственные культуры – ячмень, кукуруза, многолетние бобово-злаковые травосмеси.

Предмет исследований – доломитовая мука по ГОСТ 14050-93 и сыромолотый доломит – по тому же ГОСТ 14050-93, на фоне смеси стандартных туков.

Место проведения исследований – полевые опыты в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского», Узденского района Минской области на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах.

В полевых опытах с ячменем, кукурузой и многолетними бобово-злаковыми травосмесями на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в 2022 г. изучается влияние известковых мелиорантов во второй год последствия, так как мелиоранты были внесены в 2020 г. В 2020–2022 гг. вносились только минеральные удобрения под сельскохозяйственные культуры по схемам, приведенным ниже (табл. 1).

Таблица 1

Схемы внесения минеральных удобрений
под сельскохозяйственные культуры (2020–2022 гг.)

Варианты	Дозы NPK удобрений, кг/га д. в.		
	ячмень	кукуруза	многолетние бобово-злаковые травосмеси
Контроль без удобрений	–	–	–
NPK (основное внесение) – фон	N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₁₀	N ₁₀₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₃₅₊₃₅ P ₅₀ K ₄₅₊₄₅ (общая доза) N ₃₅ P ₅₀ K ₄₅ (основное внесение, перед посевом трав) + N ₃₅ K ₄₅ (под второй укос)
Фон + доломитовая мука ОАО «Доломит» (ГОСТ 14050-93, порошок), в дозе 3,5 т/га CaCO ₃	N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₁₀	N ₁₀₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	
Фон + сыромолотый доломит, в дозе 3,5 т/га CaCO ₃	N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₁₀	N ₁₀₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	

Результаты исследований. Влияние известковых мелиорантов на сдвиг почвенной кислотности во 2-й год последствия в полевых опытах на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве при возделывании кукурузы, ячменя и многолетних бобово-злаковых травосмесей представлено в таблицах 2–4.

Данные, приведенные в таблице 1 показывают, что во 2-й год последствия известковых мелиорантов уже ранней весной, перед посевом ячменя, кислотность почвы увеличилась в контрольном варианте и на минеральном фоне с применением одних минеральных удобрений, а при внесении известковых мелиорантов – она снижается на 0,23–0,26 ед. pH. Сдвиг почвенной кислотности от 1 т CaCO₃ на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве составил от доломитовой муки – 0,074 ед. pH, от сыромолотого доломита – 0,066 ед. pH (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние известковых мелиорантов на сдвиг почвенной кислотности во 2-й год
последствия на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве
при возделывании ячменя (2022 г.)**

Варианты	рН _{КСІ}			Сдвиг от 1 т СаСО ₃
	исходное (весна, апрель 2020)	весна, (04.04. 2022 г.)	± к исходному	2-й год последствия (к весне 2022 г.)
	ячмень	ячмень		
Контроль без удобрений	5,41	5,21	-0,20	–
N ₁₀₀ P ₆₀ K ₁₁₀ – фон	5,39	5,00	-0,39	–
Фон + доломитовая мука (3,5 т/га СаСО ₃)	5,46	5,72	0,26	0,074
Фон + сыромолотый доломит (3,5 т/га СаСО ₃)	5,47	5,70	0,23	0,066
НСР ₀₅	0,20	0,26	0,47	–

Аналогичная закономерность в 2022 г. по изменению кислотности и сдвигу почвенной кислотности от 1 т СаСО₃ на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве наблюдается ранней весной перед посевом кукурузы. Сдвиг почвенной кислотности от 1 т СаСО₃ на этой почве составил от доломитовой муки – 0,149 ед. рН, от сыромолотого доломита – 0,154 ед. рН (табл. 3).

При возделывании многолетних бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве во 2-й год последствия известковых мелиорантов (весна 2022 г.) отмечалось следующее: к весне во всех вариантах опыта не наблюдается увеличения кислотности почвы. Этот показатель снижается в зависимости от вариантов опыта на 0,20–0,68 ед. рН. Сдвиг почвенной кислотности от 1 т СаСО₃ составил от доломитовой муки – 0,194 ед. рН, от сыромолотого доломита – 0,171 ед. рН (табл. 4).

Таблица 3

**Влияние известковых мелиорантов на сдвиг почвенной кислотности во 2-й год
последствия на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве
при возделывании кукурузы, 2022 г.**

Варианты	рН _{КСІ}			Сдвиг от 1 т СаСО ₃
	исходное (весна, апрель 2020 г.)	весна, (04.04. 2022 г.)	± к исходному	2-й год последствия к весне 2022 г.
	кукуруза	кукуруза		
Контроль без удобрений	5,49	5,26	-0,23	–
N ₁₀₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ – фон	5,48	5,32	-0,16	–
Фон + доломитовая мука (3,5 т/га СаСО ₃)	5,30	5,82	0,52	0,149
Фон + сыромолотый доломит (3,5 т/га СаСО ₃)	5,32	5,86	0,54	0,154
НСР ₀₅	0,38	0,31	–	–

Таблица 4

Влияние известковых мелиорантов на сдвиг почвенной кислотности во 2-й год последствия на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве при возделывании многолетних бобово-злаковых травосмесей (весна 2022 г.)

Варианты	pH _{KCl}			Сдвиг от 1 т CaCO ₃
	исходное (весна, апрель 2020 г.)	весна, (04.04. 2022 г)	± к исход- ному	
	бобово- злаковые травос- смеси (1 год действия мелиорантов)	бобово- злаковые тра- восмеси (2 год последствия мелиорантов)		2-й год последствия (к весне 2022 г.)
Контроль без удобрений	5,49	5,69	0,20	–
N ₃₅₊₃₅ P ₅₀ K ₄₅₊₄₅ – фон	5,31	5,98	0,67	–
Фон + доломитовая мука (3,5 т/га CaCO ₃)	5,15	5,83	0,68	0,194
Фон + сыромолотый до- ломит (3,5 т/га CaCO ₃)	5,14	5,74	0,60	0,171
НСР ₀₅	0,17	0,23	–	–

Выводы. Полученные экспериментальные данные по сдвигу почвенной кислотности от 1 т CaCO₃ в полевых опытах на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве на начало 2-го года последствия известковых мелиорантов (весна 2022 г.) позволяют сделать следующий вывод:

– сдвиг почвенной кислотности от 1 т CaCO₃ во 2-й год последствия известковых мелиорантов на дерново-подзолистых рыхлосупесчаных почвах при внесении сыромолотого доломита был выше при возделывании кукурузы, чем при использовании доломитовой муки, внесенной в эквивалентных дозах с сыромолотым доломитом;

– при возделывании ячменя и многолетних бобово-злаковых травосмесей отмечалась обратная закономерность.

Список литературы

1. Лапа, В. В. Известкование кислых почв в комплексе мероприятий по сохранению и повышению их плодородия / В. В. Лапа, И. М. Богдевич, Г. В. Пироговская // Земледелие и защита растений. – Приложение к №2 (117). – С.26–29.
2. Клебанович, Н. В. Известкование почв Беларуси / Н. В. Клебанович, Г. В. Васильюк. – Минск, БГУ, 2003. – 322 с.
3. Богдевич, И. М. Динамика степени кислотности, обеспеченности кальцием и магнием пахотных и луговых почв Беларуси / И. М. Богдевич, О. Л. Ломонос, О. М. Таврыкина // Почвоведение и агрохимия. – 2014. – № 1(52). – С. 159–172.
4. Шильников, И. А. Итоги исследований по известкованию почв и задачи на 2001–2005 годы / И. А. Шильников, Н. И. Аканова, М. В. Никифорова // Бюлл. ВИАУ «60 лет Географической сети опытов с удобрениями». – 2001. – № 115. – С. 87–91.
5. Справочник агрохимика / В. В. Лапа; Ин-т почвоведения и агрохимии; под ред. акад. В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 260 с.
6. Инструкции по известкованию кислых почв сельскохозяйственных земель / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2019. – 31 с.

ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ПРИ ВНЕСЕНИИ ОТХОДОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО- БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Р. Р. Сулейманов, М. Г. Юркевич, О. Н. Бахмет

*КарНЦ РАН,
г. Петрозаводск, Россия*

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) на сегодняшний день является актуальной экологической проблемой во всем мире. Эти элементы в токсичных концентрациях попадают в почву, атмосферу, поверхностные и грунтовые воды из-за быстрого роста сельского хозяйства, промышленности, транспорта, энергетики, неправильной утилизации отходов, использования удобрений и пестицидов.

Загрязнение сельскохозяйственных угодий ТМ и их влияние на рост и продуктивность сельскохозяйственных культур и вовлечение в пищевые цепи вызывает серьезную озабоченность, поскольку продовольственная безопасность является высокоприоритетным вопросом для устойчивого глобального развития, а качество сельскохозяйственной продукции является одним из факторов, оказывающих влияние на здоровье человека.

Существует большое количество различных методов (физические, химические, биологические) по удалению ТМ из загрязненной почвы, которые имеют свои преимущества и недостатки в различных аспектах.

Одним из наиболее эффективных методов является использование различных органических остатков лесной и деревообрабатывающей промышленности и сельскохозяйственного производства и созданных на их основе биокомпостов. Механизм их воздействия основан на том, что органическое вещество и его характерные функциональные группы могут ослаблять биологическую токсичность ТМ посредством комплексообразования, осаждения, адсорбции и ионного обмена. Помимо снижения содержания ТМ также отмечается улучшение агрофизических, агрохимических и биологических свойств почв, повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и восстановление окружающей среды.

Однако, не смотря на агрономические и экологические преимущества применения органических отходов все-таки необходимо оценивать их влияние на геохимические свойства почв, поскольку они сами могут являться источником дополнительного загрязнения почв и оказывать влияние на базовые свойства почв и качество сельскохозяйственной продукции.

Цель наших исследований явилось изучение влияния отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности на содержание ТМ в подзолистой суглинистой и болотной верховой торфяной почве.

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

Определение валового содержания ТМ проводили атомно-абсорбционным методом с измерением на спектрофотометре AA-7000 (Shimadzu, Япония), подвижных форм ТМ – с использованием ацетатно-аммонийного буферного раствора методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве в таблицах приводятся согласно Постановлению [1].

Результаты и обсуждение. Подзолистая суглинистая почва широко распространена в юго-восточной части Карелии на безвалунных суглинках под хвойными и хвойно-лиственными лесами с хорошо развитым лесным разнотравьем. Характеризуется кислой реакцией среды, содержание органического вещества в гумусово-аккумулятивном горизонте достигает 6 %. Болотная верховая торфяная почва формируется на слабодренированных равнинах при избыточном поверхностном увлажнении атмосферными водами. Слаборазложившийся сфагновый торфяной горизонт характеризуется сильнокислой реакцией среды, низким содержанием азота и подвижными формами фосфора и калия [2].

Анализ содержания валовых (Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Cd) и подвижных форм (Mn, Cu, Zn, Ni, Co, Cr, Pb) ТМ в подзолистой и торфяной почве (контроль без внесения лигносульфоната натрия) показывает, что концентрация элементов, значения которые регламентируются санитарно-гигиеническими требованиями, не превышает предельно допустимые (ПДК) и ориентировочно допустимые концентрации (ОДК). Содержание остальных элементов (Fe, Al, Ti, Mo) соответствует природно-геохимическому фону и генетическим особенностям почвообразовательных процессов, характерных для почв Карелии [3].

Согласно ГОСТ 17.4.1.02-83 [4] загрязняющие почву ТМ подразделяются на три класса токсичности – к первому классу в нашем случае относятся Zn, Pb и Cd, ко второму – Cu, Ni, Co, Cr и Mo, и к третьему – Mn. Внесение различных доз лигносульфоната натрия оказало разнонаправленное влияние на содержание валовых и подвижных форм ТМ. Среди элементов первого класса токсичности наиболее заметное накопление

в зависимости от дозы внесения органической добавки отмечалась у валовой формы Pb (коэффициент корреляции $r = 0,9$), где в подзолистой почве наблюдалось увеличение с 4,39 до 6,53 мг/кг почвы (при фоне 2,61 мг/кг), а в торфяной почве – с 9,53 до 11,28 мг/кг (фон – 7,50 мг/кг). Аналогичная зависимость отмечалась и для подвижной формы Pb. Вероятно, это объясняется его незначительным исходным содержанием в растительном промышленном сырье.

В отношении других изученных ТМ такие корреляционные зависимости не проявились, за исключением подвижных форм Fe и Mn (коэффициент корреляции также составил 0,9). Повышение их содержания с увеличением дозы органической добавки с высокой долей вероятности связано с их исходным содержанием в промышленной древесине, поскольку Fe и Mn широко распространены в природе и являются составной частью растений. Эти элементы принимают участие в окислительно-восстановительных реакциях, фотосинтезе, дыхании, а Fe еще и в синтезе ДНК.

Выводы. Таким образом, проведенные исследования по изучению изменения содержания тяжелых металлов в почвах (подзолистая суглинистая и болотная верховая торфяная) при внесении в них отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности в качестве органических добавок на примере лигносульфоната натрия показали, что в ряду изученных валовых (Fe, Mn, Cu, Zn, Ti, Al, Ni, Co, Cr, Cd, Mo) и подвижных форм (Cu, Zn, Ti, Al, Ni, Co, Cr, Cd, Mo) ТМ корреляционная связь с дозой добавки не обнаружена. Но прослеживается положительная зависимость в отношении валовой и подвижной форм Pb и подвижных форм Fe и Mn ($r = 0,9$), что объясняется их исходным содержанием в промышленном растительном сырье. Следует отметить, что содержание всех форм изученных металлов не превышало требования санитарно-гигиенических нормативов и геохимического фона, характерного для почв Карелии.

Финансирование работы: работа выполнена в рамках гранта РНФ № 22-16-00145.

Список литературы

1. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 26.02.2021 г. № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Зарегистрировано в Минюсте России 29 января 2021 г. № 62296.

2. Морозова, Р. М. Почвы Карелии: справочное пособие / Р. М. Морозова. – Петрозаводск: Карелия, 1981. – 192 с.

3. Изменение содержания тяжелых металлов в почвах при внесении отходов целлюлозно-бумажной промышленности [Электрон. ресурс] / М. Г. Юркевич [и др.] // АгроЭкоИнфо: Электронный научнопроизводственный журнал. – 2021. – №5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI_/2021/5/st_511.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20215511>.

4. ГОСТ17.4.1.02-83 Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 4 с.

ОБРАТИМЫЕ ПРОЦЕССЫ И ГТП В ЦЕПИ ЦИКЛИЧНОСТИ ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Н. Р. Сулейманов, Н. Б. Ализаде

*Институт почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан*

Введение. Почва – динамичная система, постоянно меняющаяся и развивающаяся в связи с изменениями географической среды. Эти изменения разнообразны и могут протекать на различных уровнях временной и пространственной организации почвенного покрова. Они могут быть исследованы на уровне почвенной зоны, профиля почв, отдельных его горизонтов и признаков или на уровне участка микростроения, сопряженных участках земли – микрокатенах.

Изменения на перечисленных уровнях происходят с разной скоростью. Наряду с быстрыми процессами, которые протекают в течение суток и лет (относятся к разряду функционирования почв), существуют изменения почв, проходящие в течении веков и тысячелетий. Последние представляют собой основной объект исследования эволюционного почвоведения, научного направления, находящегося на стыке почвоведения и палеогеографии [1].

Среди ведущих факторов и условий почвообразования, гидротермический режим является доминирующим, ибо количество тепла и условия увлажнения почвы обеспечивают скорость протекания ЭПП, интенсивность гумусобразования, регулируют окислительно-восстановительные условия среды и биологическую активность. Оптимальными являются контрастные условия увлажнения, когда влажные периоды чередуются с сухими. Во влажные периоды усиливаются процессы разложения и гумификации, а в сухие – происходит закрепление продуктов гумификации твердой фазой почвы. Пониженные температуры ограничивают интенсивность процессов разложения и гумификации, повышенные – значительно усиливают минерализацию.

Влажность и температура почвы формируются под влиянием абиотических факторов и в зависимости от климатических зон, ландшафта, особенно, рельефа и экспозиции склонов, структуры растительного покрова имеет местные различия по распределению во времени и в пространстве [2]. Если внимательно проследить, эти различия они проявляются повсеместно. Резко, на контактах экосистем на мезо уровне, более заметны на макро- (в горных областях) и микроуровнях на равнинных территориях (на микрокатенах). Цикличность почвенных процессов обусловлена с ритмичностью [3] поступления энергии в почвенную среду в микро – суточный, мезо – фашиально, макро – год и более продолжительные периоды [4].

Гидротермический режим формирует в почвенной среде определенный потенциал, названный автором гидротермическим потенциалом (ГТП) почвенной среды, который является лимитируемым параметром в исследовании элементарных почвенных процессов. Почвенные показатели, входящие в состав ГТП, являются носителями информации обратных процессов – температуры и влажность почвы, которые одновременно являются выразителями цикличности элементарных почвенных процессов, таких как, нагревание и охлаждение, и связанные с этим, испарением и увлажнением, набуханием и усадкой, окислением и восстановлением и т. д.

Предпосылки и теоретическое обоснование проблемы. Почвы, как и многие другие системы геосферы и, в частности, ландшафты, терпят изменения разного ранга. Согласно представлениям ландшафтоведов [5], выделяются следующие: эволюция – качественные необратимые изменения инварианта (комплекса устойчивых свойств) системы; динамика – количественные необратимые изменения в пределах инварианта (без существенного изменения качества); функционирование системы – обратимые колебательные ее изменения. В почвах происходят изменения по всем трем указанным направлениям.

Проведенные нами исследования, показывают состоятельность теоретических предположений относительно происходящих длительных микро изменений приводящих к трансформациям ландшафта и проявлению комплекса устойчивых признаков почвы. Согласно классическим представлениям, в горных областях основополагающим признаком распространения почв является гидротермический режим географического пояса [3]. На рисунке 1 показан фрагмент ландшафта горно-лесных бурых почв в формате 3D, полученный с помощью программы Google Earth (высота 1400 м).



Рис 1. Общий вид ландшафта горно-лесных бурых почв Большого Кавказа в формате 3D

Для процессов динамики, занимающих промежуточное положение между эволюцией и функционированием, характерна цикличность (квазипериодичность) протекания. В отличие от процессов функционирования они имеют более длительный период колебаний, и при этом изменению подвергается элементарный ареал в виде изменения крутизны склона

с изменением структуры естественной растительности. На рисунке 2 показан результат подобного воздействия местных поверхностных явлений на почвенно-экологические процессы, функционирующие на уровне микрокатенов. Такая в значительной степени обратимая эволюция почв, хотя и достаточно медленная, обнаружена другими исследователями в лесостепи [1].



Рис 2. Динамические (циклические) процессы, происходящие в ландшафте на уровне микрокатены

П. С. Коссович предложил называть изменения почв в неизменных условиях саморазвитием, а в условиях изменения физико-географических факторов – эволюцией.

Восходящая фаза с улучшающимся метеорологическим режимом до максимума сменяется через 16–18 лет нисходящей фазой – ухудшением условий до минимума. На 35-летний цикл накладываются циклы 11-летнего периода и отмечается его дифференциация на засушливую и более увлажненные части.

Учитывая роль рельефа на формирование местных признаков ГТП почв, остановимся на нем более подробно. Рельеф земной поверхности, т. е. ее форма, образован участками различного наклона и гипсометрического уровня. На крутых или равнинных участках, повышенных или пониженных элементах рельефа почвообразование протекает по-разному [2]. Благодаря наличию рельефа в значительной мере перераспределяется на земной поверхности радиационная энергия Солнца, лимитирующая процессы почвообразования. Определенную роль в местном увеличении или уменьшении солнечной радиации играет экспозиция склонов. На склонах южной экспозиции вследствие большего притока тепла интенсивнее происходят прогревание почвы, испарение влаги, дольше сохраняются биологически активные температуры. От экспозиции склонов, влияющей на величину притока солнечной радиации, зависят густота и состав растительного покрова, длительность вегетационного периода, а также условия жизни почвенной фауны.

В различных природных зонах экспозиционные эффекты почвообразования обуславливаются конкретным соотношением поступающих в почвенную толщу тепла и влаги. Особенно велики экспозиционные эффекты в горных странах, где уклоны поверхности достигают наибольших значений (>22°).

Не менее важную роль в формировании почвенного покрова играет рельеф, как перераспределитель влаги и растворенных в ней веществ. Очевидно, что на совершенно ровной (горизонтальной) поверхности боковой сток влаги отсутствует, поступающие атмосферные осадки при этом либо просачиваются в почвенную толщу, либо частично испаряются обратно в атмосферу. В том случае, когда поверхность имеет тот или иной наклон, создаются условия для стока части атмосферных осадков вниз по склону.

Сопряженность территорий обуславливает неравномерное распределение влаги на поверхности элементарного ареала. В природе существуют ландшафтные катены различных геосистемных уровней: микрокатены объединяют фации, расположенные цепочкой от микро повышения до микро западины. Изменение высоты в таких катенах не превышает 0,5–1,0 м. Тем не менее, стекание поверхностного стока и накопление в микро понижениях катены, создают условия достижения разности увлажнения до различного уровня (773, 665, 502 mm), которое необходимо учитывать при расчете запасов влаги в почвенной толще (табл. 1).

Таблица 1

Показатели ГТП микрокатенов горно лесных-бурых почв Большого Кавказа

Экосистема	Микрорельеф	Глубина, см	Температура почвы, °С	Влажность почвы, %	Запас влаги, мм	ГТП, mm	Средневзвешенная величина ГТП, mm
Межгорная равнина, луг	Микро понижение	3	24,0	88,2	26,5	635	773
		5	24,0	88,2	17,6	423	
		10	23,8	81,9	41,0	975	
		15	22,7	87,2	43,6	990	
		20	22,4	85,5	42,8	958	
	Микро повышение	3	24,1	28,5	8,6	206	665
		5	24,1	32,5	6,5	157	
		10	24,1	70,8	35,4	853	
		15	23,9	68,5	34,3	819	
		20	23,5	68,4	34,2	804	
	Элементарный ареал	3	17,3	19,0	5,7	99	502
		5	17,3	19,0	3,8	66	
		10	17,6	77,6	38,8	683	
		15	17,3	82,0	41,0	709	
		20	17,1	64,6	32,3	552	

Особую актуальность приобретает данная проблема при изучении почвенных процессов на элементарном уровне, в низменных территориях для дифференциации территории в формате микрокатены, с применением микропластики рельефа, привлечением современных компьютерных технологий, с целью исключения субъективных ошибок при использовании рабочих топографических материалов.

Сочетание различных экосистем в почвенно-климатических поясах в ландшафтных моделях природы указывает на существование в природе механизмов бережного и рационального управления гидротермическим потенциалом. Для оценки реально существующего потенциала, в пространственно-временном контексте, приемлем параметр гидротермического потенциала почвенной среды – ГТП, предложенный автором, выражающий остаточный потенциал почвенной среды, обеспечивающий гидротермическую достаточность систем «почва – растение».

Выводы:

1. Исследование территории элементарного ареала в формате микрокатен дает возможность более точно определить гидротермический потенциал почвенной среды, формирующийся под влиянием местных условий, в результате перераспределения атмосферных осадков при ливневом режиме выпадения. Разность средневзвешенной величины ГТП сравнительно атмосферным показателям по элементарному ареалу составляет 270,8, 163,1 см;

2. Динамические процессы на элементарном почвенном ареале происходят в соответствии принципам самодостаточности гидротермического потенциала почвенной среды и имеет циклический характер.

Список литературы

1. Александровский, А. Л. Эволюция почв и географическая среда / А. Л. Александровский, Е.И. Александровская; Ин-т географии РАН. – М.: Наука, 2005. – 223 с.
2. Сулейманов, Э. Н. Почвенные параметры в качестве функциональных составляющих экологической оценки экосистем / Э. Н. Сулейманов // Труды института почвоведения и агрохимии НАН Азербайджана, Т. XVIII. – Баку, 2009 – С. 277–282.
3. Волобуев, В. Р. Экология почв / В. Р. Волобуев. – Баку: Элм, 1963. – 259 с.
4. Сулейманов, Н. Р. Эволюция почв как функция циклических процессов / Н. Р. Сулейманов // Труды ОП Азербайджана, Т. X, Ч. I. – Баку, Элм, 2005. – С. 87–92.
5. Взаимодействие почвы и среды: почва-память и почва-момент / И. А. Соколов [и др.] // Изучение и освоение природной среды. – М.: Изд. АН СССР, 1976. – С. 150–164.

ЛЕСНЫЕ ПОЛОСЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ НА СКЛОНАХ ЦЧР

С. А. Тарасов

*Курский федеральный аграрный научный центр,
г. Курск, Россия*

В Центрально-Черноземном регионе России наиболее масштабным и вредоносным фактором деградации почв является водная эрозия. В условиях региона на склонах расположено около 33 % земельных угодий от всей площади водосборов. С учетом того, что сельскохозяйственные угодья занимают 78 % от всей территории Центрального Черноземья и 64 % от общей площади региона находится под пашней [1], относительно высокий процент склоновых земель обуславливает высокую вероятность проявления водно-эрозионных процессов. В среднем по региону площадь эродированных и эрозионноопасных обрабатываемых земель составляет 40,4 % от всей площади пашни, и ежегодный прирост эродированных почв находится в пределах от 0,36 % до 1 % [2]. Известно, что водная эрозия приводит к смыву наиболее плодородного верхнего слоя и, соответственно, к снижению потенциального плодородия почв. В отличие от почв незатронутых водной эрозией, эродированные почвы характеризуются более низким содержанием гумуса и элементов минерального питания растений [3], что приводит к существенному снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Эффективное решение проблемы продовольственной безопасности населения в масштабах страны и мира предполагает рациональное использование в сельскохозяйственной практике всех угодий, в том числе и пашни, расположенной на склонах. Важно не только защитить почвы на склонах от водной эрозии, но и обеспечить высокий уровень продуктивности сельскохозяйственных культур, возделываемых на этих почвах. Существует мнение, что окультуривание эродированных почв, создание благоприятных условий для роста урожайности культур на склонах, также является эффективным приемом защиты их от водной эрозии. Почвозащитный эффект объясняется мощным развитием возделываемых культур на окультуренных почвах, сокращением стока талых вод на склонах, засеянных озимой пшеницей или многолетними травами, и стока ливневых вод на склонах с хорошо развитым растительным покровом любых культур [4]. Для эффективной защиты почвенного покрова от водной эрозии и повышения урожайности культур на склонах необходимо использовать комплекс взаимосвязанных дополняющих друг друга мероприятий. При оценке эффективности противозэрозионных комплексов следует учитывать не только их влияние на снижение стока и смыва почвенного покрова талыми и ливневыми водами, повышение потенциального плодородия почв, но

и на уровень продуктивности возделываемых культур, то есть влияние на эффективное плодородие [5].

В условиях Центрально-Черноземного региона использование в земледельческой практике на склоновых землях противоэрозионных комплексов, обеспечивающих защиту почв от водной эрозии и повышение урожайности возделываемых культур, является актуальной задачей. Одним из наиболее эффективных элементов таких комплексов, на наш взгляд, являются почвозащитные лесные полосы. Лесные полосы являются средообразующим фактором, значительно изменяющим процессы распределения снежного покрова по территории агроландшафта, влияют на водный, ветровой и температурный режимы, снижают интенсивность эрозионных процессов, и в целом изменяют микроклимат в благоприятную сторону для роста и развития сельскохозяйственных культур. Благодаря задержанию и равномерному распределению снежного покрова, лесные полосы обеспечивают меньшее промерзание почвы и лучшую инфильтрацию талых вод на склоновых участках. В результате значительно снижается интенсивность стока талых вод и смыва почвенного покрова. Противоэрозионная эффективность лесных полос на склонах дополнительно может быть усилена гидротехническими сооружениями. В сочетании с гидротехническими сооружениями в виде водоулавливающих канав и водоудерживающих валов, лесные полосы способствуют переводу поверхностного стока талых вод во внутрпочвенный сток, снижая эрозионный эффект стока.

Цель исследования заключалась в изучении влияния лесных полос, усиленных гидротехническими сооружениями, на уровень урожайности сельскохозяйственных культур на склонах. Стационарный опытный участок расположен в Курской области на территории со сложным ложбинно-балочным рельефом в пределах трех водосборов. На долю потенциально эрозионноопасных почв на территории водосборных площадей приходится 67 %, и на долю слабоэродированных почв – 10,4 %. Средний уклон склонов в пределах водосборов составляет 2,5°. Общая площадь опытного участка 146 га, почвы представлены черноземами выщелоченным и типичным тяжелосуглинистого механического состава. Каждый из водосборов в эксперименте в различной степени насыщен почвозащитными элементами. В качестве контрольного варианта в опыте (вариант 1) принят водосбор без лесных полос и дополнительных почвозащитных мероприятий. На другом водосборе (вариант 2) с 1985 г. произрастают тополевые стокорегулирующие двурядные лесные полосы, которые высажены через 216 м друг от друга по горизонталям склона. Для усиления противоэрозионного эффекта между рядами деревьев внутри каждой лесополосы нарезана водоулавливающая канава с водоудерживающим валом по нижней опушке. На третьем водосборе (вариант 3) противоэрозионные элементы те же, что и в варианте 2, но по контуру склона в межполосном пространстве через 54 м напаханы валы-террасы высотой 0,4–0,5 м.

В исследовании проведен анализ урожайных данных сельскохозяйственных культур по вариантам опыта за период с 1988 по 2019 годы. Озимую пшеницу в опыте возделывали в 1994, 1996, 1999, 2003, 2009, 2012 и 2016 годах, ячмень – в 1988, 1992, 2000, 2005, 2010, 2014 и 2019 годах, гречиху в 2001, 2004, 2013, 2015 и 2019 годах и горох – в 1995, 2006 и 2011 годах. Погодные условия в годы возделывания культур заметно различались как по температурным условиям, так и по количеству выпавших осадков. Характерно, что в большинстве случаев фактическая температура в период вегетации культур была выше климатической нормы, и фактическое количество выпавших осадков чаще всего было меньше многолетней нормы. Анализ показал, что при возделывании озимой пшеницы и ячменя пять лет из семи характеризовались повышенным температурным режимом и два года по температуре были близки к климатической норме. Озимая пшеница на фоне пяти лет из семи произрастала в условиях пониженного количества выпадающих осадков, один год по количеству осадков был близок к климатической норме, и один год характеризовался повышенным количеством осадков. При вегетации ячменя три года из семи характеризовались повышенным количеством выпадающих осадков, два года – количеством осадков близким к климатической норме, и два года – пониженным количеством осадков. Вегетация гречихи в течение трех лет из пяти проходила в условиях повышенной температуры, один год был по температурному режиму близок к климатической норме, и один год – с пониженным температурным режимом. При вегетации гречихи два года из пяти характеризовались повышенным количеством осадков, один год был близок к климатической норме по этому показателю, и один год был относительно засушливым. При вегетации гороха два года из трех характеризовались повышенным температурным режимом, и один год по температуре был близок к климатической норме. Количество выпадающих осадков при возделывании гороха во все годы было меньше климатической нормы.

Установлено, что в среднем за годы исследования на водосборах с лесными полосами урожайность всех культур была заметно выше, чем в контрольном варианте (рис. 1).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что лесные полосы и валы-террасы оказывали заметное влияние на формирование уровня урожайности сельскохозяйственных культур. На склоне водосбора с лесными полосами (вариант 2) урожайность озимой пшеницы была выше на 0,43 т/га, и с лесными полосами и валами-террасами (вариант 3), соответственно выше на 0,70 т/га в сравнении с контрольным вариантом. За счет действия валов-террас урожайность озимой пшеницы на фоне действия лесных полос дополнительно увеличилась на 0,27 т/га. Такая же закономерность влияния лесных полос и валов-террас проявилась и на формирование уровня урожайности ячменя. В сравнении с контролем на водосборе с лесными полосами урожайность ячменя была выше на 0,38 т/га, и на водосборе с лесными полосами и валами-террасами – выше на

0,73 т/га соответственно. Эффективность влияния валов-террас на повышения урожайности ячменя составила 0,35 т/га. Очевидно, что дополнительная прибавка урожайности озимой пшеницы и ячменя в результате влияния валов-террас на форе лесных полос, объясняется более благоприятным режимом влагообеспеченности посевов в годы с количеством осадков меньше климатической нормы.

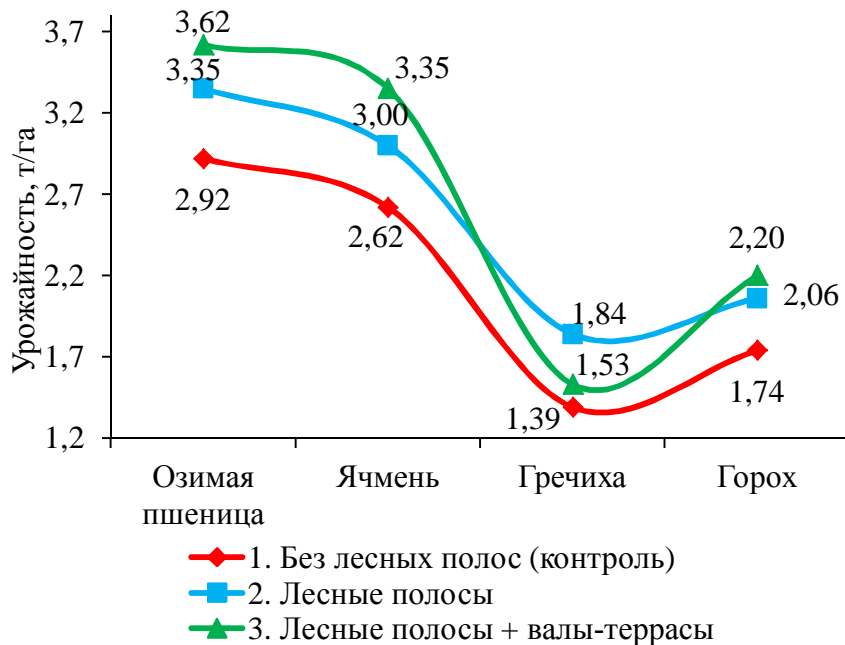


Рис. 1. Влияние лесных полос и гидротехнических сооружений на урожайность сельскохозяйственных культур на склонах

Урожайность гречиха также была выше в межполосном пространстве в сравнении с водосбором без лесных полос. Однако эффект валов-террас на посевах гречихи был отрицательный. В варианте опыта с лесными полосами прибавка урожайности гречихи составила 0,45 т/га, в варианте с лесными полосами и валами-террасами она была меньше и составила 0,14 т/га. Полученный результат объясняется тем, что в отдельные годы вегетация гречихи проходила в условиях повышенного количества выпадающих осадков в условиях 2004 года, кроме количества осадков выше климатической нормы был пониженный температурный режим. В таких условиях влага не лимитировала урожайность культуры, валы-террасы способствовали дополнительному накоплению влаги в межполосном пространстве. На фоне избытка посева гречихи характеризовались бурным ростом вегетативной массы, период созревания семян затягивался, и снижалась семенная продуктивность культуры.

Урожайность гороха, также, как и урожайность озимой пшеницы, ячменя и гречихи была выше на водоразделах с лесными полосами. Существенное влияние на повышение урожайности культуры в сравнении с контролем оказывали как непосредственно лесные полосы, так и дополнительно валы-террасы на доне лесных полос. Установлено, что в варианте опыта с лесными полосами прибавка урожайности гороха составила

0,32 т/га, и в варианте опыта с лесными полосами и валами-террасами – 0,46 т/га соответственно. Только за счет влияния валов-террас дополнительно было получено 0,14 т/га зерна гороха. Относительно высокая эффективность валов-террас на посевах гороха на склонах в межполосном пространстве можно объяснить тем, что во все годы возделывания культуры количество выпадающих осадков было меньше климатической нормы. Валы-террасы способствовали формированию более высоких запасов доступной влаги в почвенной толще за счет удержания стока талых вод.

Статистическая обработка экспериментальных данных по урожайности сельскохозяйственных культур в годы исследования позволила оценить долю вклада в формирование уровня урожайности условий года и элементов противоэрозионного комплекса. Установлено, что уровень урожайности культур в большей степени зависела от условий года, чем от элементов противоэрозионного комплекса. Вклад условий года в формирование уровня урожайности озимой пшеницы составил 89,0 %, ячменя – 92,1 %, гречихи – 69,5 % и гороха – 68,2 %. Вклад элементов противоэрозионного комплекса в виде лесных полос и гидротехнических сооружений в формирование уровня урожайности озимой пшеницы составил 7,2 %, ячменя – 6,1 %, гречихи – 12,7 % и гороха – 25,3 %.

Характерно, что элементы почвозащитного комплекса в виде лесных полос и гидротехнических сооружений наиболее сильно влияли на уровень урожайности культур в годы, которые характеризовались количеством выпадающих осадков меньше климатической нормы.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что лесные полосы являются существенным фактором повышения эффективного плодородия почв на склонах, которое выражается в формировании благоприятного микроклимата для роста уровня урожайности сельскохозяйственных культур. Эффективность валов-террас наиболее выражена в годы с количеством осадков ниже климатической нормы.

Список литературы

1. Спесивый, О. В. Оценка интенсивности и нормирование эрозионных потерь почвы в Центрально-Черноземном районе на основе бассейнового подхода / О. В. Спесивый, Ф. Н. Лисецкий // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2014. – Т. 27. – № 10 (181). – С. 125–132.
2. Состояние почв Центрального Черноземья и основные направления повышения их плодородия / А. И. Стифеев [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 8. – С. 152–155.
3. Влияние степени эродированности на показатели экологического состояния черноземных почв / Н. П. Масютенко [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, № 8. – С. 19–23.
4. Петелько, А. И. Почвозащитные мероприятия по борьбе с водной эрозией / А. И. Петелько // Природообустройство. – 2011. – № 4. – С. 16–19.
5. Тарасов, С. А. Оценка влияния противоэрозионных комплексов на урожайность сельскохозяйственных культур, возделываемых на склонах / С. А. Тарасов, Т. Я. Зарудная, И. В. Подлесных // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 4. – С. 59–63. – doi:10.24412/2587-6740-2021-4-59-63.

ДИНАМИКА ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. И. Титова, И. А. Борисычев

*Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Нижний Новгород, Россия*

Мониторинг почв земель сельскохозяйственного назначения – одна из важнейших государственных задач, позволяющих осуществлять контроль их плодородия [1, 2] и своевременно информировать собственников земель о негативных изменениях в их агрохимической характеристике [3, 4]. Результаты мониторинга способствуют поиску и внедрению в практику работы на земле различного рода почвоулучшающих мероприятий [5], среди которых применение минеральных удобрений занимает одно из главных направлений.

Цель данного аналитического исследования – выявление направленности изменений основных агрохимических показателей почв Нижегородской области в динамике за ряд лет и оценка эффективности использования минеральных удобрений.

Нижегородская область расположена на востоке центральной части Нечернозёмной полосы Европейской территории РФ. Площадь Нижегородской области составляет 74,8 тыс. км², протяженность с севера на юг достигает 400 км и с запада на восток – 200–280 км.

Климат Нижегородской области, расположенной в средней части умеренного пояса, умеренно континентальный с холодной продолжительной зимой и теплым сравнительно коротким летом. Среднегодовая температура варьирует от +3 до +5 °С. Температурный минимум регистрируется на севере области и составляет –48 °С. Лето начинается в мае и заканчивается в августе, относительно тёплое. Максимальная температура достигает 32 °С. Среднее годовое количество осадков в области колеблется от 550–600 мм в северной части до 450–500 мм в южной части области.

Теплообеспеченность области в 2020 году может быть охарактеризована следующими данными: сумма температур более 10 °С – 2441, основной период вегетации с температурой свыше 10 °С – 142 дня, средняя температура самого теплого месяца – 20,1 °С, средняя температура самого холодного месяца – –8,4 °С. Влагообеспеченность за 2020 год: сумма осадков за период вегетации растений – 225 мм, гидротермический коэффициент – 0,9.

Область расположена на прочном участке земной коры – так называемой Русской платформе. Почвенный покров Нижегородской области весьма разнообразен. В Заволжье преобладают дерново-подзолистые почвы, наиболее распространенные в Нижегородской области: они по-

крывают около 2/3 территории. В Правобережье, в северной его части, под пологом современных дубрав и других лиственных лесов и на открытых пространствах, на местах бывших лесов, распространены светло-серые и серые лесные почвы. В юго-восточной части Правобережья широко распространены наиболее плодородные черноземные почвы – преимущественно оподзоленный чернозем, что является основой широкого распространения сельского хозяйства.

Сельскохозяйственные угодья расположены на 2385,9 тыс. га, что составляет 40,5 % территории Нижегородской области. В структуре сельскохозяйственных угодий площадь пашни в 2020 г. занимает 1763,2 тыс. га, залежи – 86,2 тыс. га, кормовых угодий – 540,6 тыс. га.

Агрохимическое обследование почв в хозяйствах области проводится в соответствии с «Методическими указаниями по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения» (М., 2003). При отборе почвенных образцов используется ГОСТ Р 58595-2019, в соответствии с чем каждый образец на пашне отбирается с 15 га со всей глубины пахотного слоя и состоит из 20–40 индивидуальных проб. Начиная с 2009 года при отборе почвенных образцов специалистами ФГБУ ЦАС «Нижегородский» используются GPS-навигаторы, что дает возможность проводить отбор с привязкой к местности и, таким образом, повышает качество выполняемых работ.

О динамике показателей плодородия почвенного покрова Нижегородской области можно судить по данным, приведенным на рисунке 1.

Отмечено, что за период с 1995 года по 2020 год доля кислых пахотных почв с $pH_{КС}$ до 5,0 ед. в области выросла с 21 до 31 %. Также отмечено снижение доли близких к нейтральным и нейтральных почв на 10 и 3 % соответственно. Указанные изменения отразились и на средневзвешенном значении pH солевой вытяжки. Так, если в течение 10 лет (1995–2005 гг.) показатель реакции среды стабильно оставался на уровне 5,4 ед. pH , то в последние 15 лет произошло его снижение на 0,1 ед.

Средневзвешенное содержание подвижных форм фосфора в пахотных угодьях области в период 1995–2005 гг. заметно снизилось (на 17 мг/кг), но в последующие 15 лет снижение обеспеченности почв фосфатами замедлилось. Возможной причиной является то, что за этот период с 11 до 14 % от обследованной площади увеличилась доля почв, очень низко и низко обеспеченных подвижными фосфатами, а также то, что снизилась площадь почв, очень высоко обеспеченных фосфором (с 14 % до 12 % пашни). Одновременно с этим произошло увеличение доли почв с содержанием фосфора до 100 мг/кг с 36 до 44 %.

С 1995 по 2005 гг. отмечено снижение средневзвешенного значения содержания подвижного калия в почвах пашни с 136 до 120 мг/кг почвы. При этом доля очень низко и низко обеспеченных калием почв за этот период увеличилась с 17 до 22 % пашни, а площадь почв с очень высокой обеспеченностью уменьшилась с 5 до 2 %. В последние 15 лет отмечено повышение обеспеченности почв подвижным калием.

Накопленное за анализируемый период времени плодородие почв, а также внесение удобрений, к 2020 г. положительно сказалось на урожайности важнейших для области культур (табл. 1).

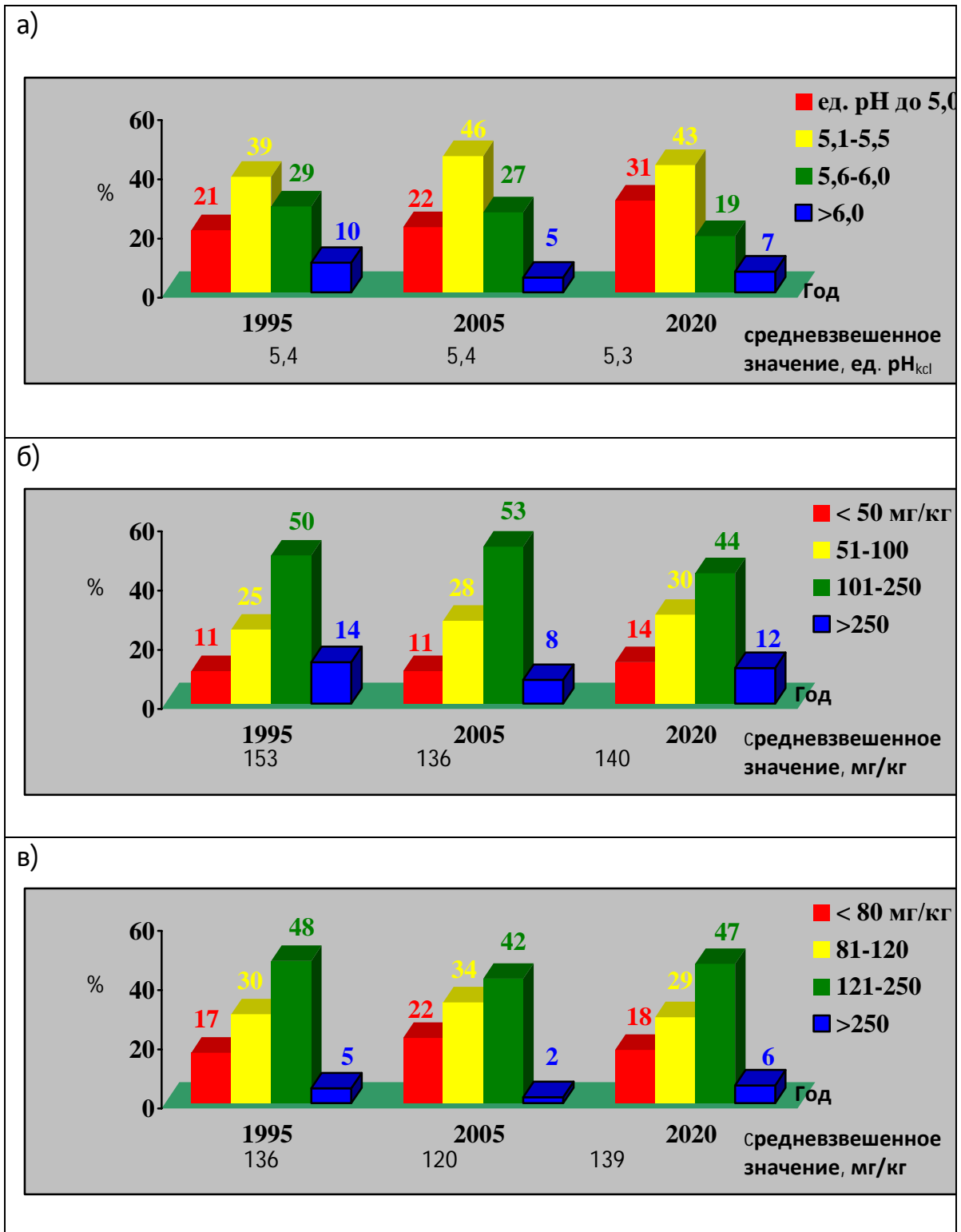


Рис.1. Динамика основных агрохимических показателей почв Нижегородской области за период 1995–2020 гг.:

- а) динамика обменной кислотности (рН солевой вытяжки);
- б) динамика содержания подвижных соединений фосфора;
- в) динамика содержания подвижных соединений калия

**Эффективность использования минеральных удобрений
под отдельные культуры, среднее по Нижегородской области, 2020 г.**

Показатели	Единицы измерения	Зерновые культуры	Сахарная свекла	Картофель	Овощи
Внесено минеральных удобрений	кг д. в./га	47,9	205,0	355,0	310,3
Урожайность	ц/га	28,2	240,9	335,9	484,1
Нормативная окупаемость 1 кг д. в. продукцией	кг/кг	1,2	21,1	24,0	23,2
Фактическая окупаемость	кг/кг	3,3	22,2	36,7	24,0
Эффективность	%	269,9	105,2	152,8	103,5
Стоимость гектарной нормы удобрений	руб.	4749	20201	35036	30558
Стоимость продукции, полученной за счет удобрений	руб./га	1365	5246	66060	111192
Окупаемость 1 руб. затрат на удобрения	руб.	0,3	0,25	1,88	3,63

Данные таблицы свидетельствуют о высокой агрономической эффективности применения минеральных удобрений под зерновые культуры, что позволяет даже при небольшой в среднем по области дозе минеральных удобрений получать фактическую окупаемость единицы удобрений в 2,5 раза превышающую нормативную. Вместе с тем, высокая стоимость минеральных удобрений резко снижает окупаемость удобрений в стоимостных показателях урожая – до 0,3 рубля стоимости продукции в расчете на 1 рубль затрат на удобрения.

Сахарная свекла для области культура нетрадиционная, но на юго-востоке области, однако, выращивается и агрономически это выгодно. Но урожайность для этой культуры в данных условиях невысока и, соответственно, окупаемость затрат на удобрения минимальна.

Высокопродуктивной культурой в условиях Нижегородской области является картофель, что подтверждается высокой средневзвешенной по области урожайностью культуры, а также высокой агрономической отдачей от удобрений и стоимостной окупаемостью единицы минеральных удобрений.

Наибольший экономический эффект от применения удобрений отмечен при выращивании овощей, для области преимущественно – капусты. При дозе удобрений под капусту меньшей, чем под картофель, урожай-

ность культуры и окупаемость единицы стоимости удобрений стоимостью прибавки урожая максимальна.

Таким образом, можно констатировать, что в период с 1995 по 2005 г. в Нижегородской области отмечалось снижение средневзвешенного показателя обеспеченности пахотных почв подвижными соединениями фосфора и калия при стабилизации обменной кислотности, о чем можно судить по показателю рН солевой вытяжки. В последние 15 лет наблюдений обеспеченность почв основными макроэлементами (фосфор и калий) повышается, при некотором повышении обменной кислотности (на 0,1 единицу рН_{ксл}).

Применение минеральных удобрений под зерновые агрономически выгодно, так как позволяет повысить фактическую окупаемость 1 кг действующего вещества удобрений прибавкой продукции, но окупаемость затрат на удобрения под зерновые минимальна – 0,3 рубля стоимости прибавки на один рубль затрат на удобрения. Наибольшей стабильностью в получении урожая и отдачи от удобрений в условиях Нижегородской области обладает картофель: агрономическая окупаемость в 1,5 раза превышает нормативную, а отдача от 1 рубля, затраченного на внесение удобрений под картофель, составляет 1,88 рублей.

Список литературы

1. Кудеяров, В. Н. Современное состояние почв агроценозов России, меры по их оздоровлению и рациональному использованию / В. Н. Кудеяров, М. С. Соколов, А. П. Глинушкин // *Агрохимия*. – 2017. – № 6. – С. 3–11.
2. Кудеяров, В. Н. Баланс азота, фосфора и калия в земледелии России / В. Н. Кудеяров // *Агрохимия*. – 2019. – № 10. – С. 3–11.
3. Мониторинг плодородия почв Ставропольского края: динамика агрохимических показателей с учетом зональных особенностей почв / В. Н. Ситников [и др.] // *Агрохимический вестник*. – 2018. – № 4. – С. 8–13.
4. Титова, В. И. Динамика агрохимических показателей почв ООО «Ардатовское» во времени и оценка их устойчивости к антропогенному воздействию / В. И. Титова, Т. С. Разин, О. И. Ветчинникова // *Агрохимический вестник*. – 2021. – № 1. – С. 8–12.
5. Сычев, В. Г. Плодородие почв России и пути его регулирования / В. Г. Сычев, С. А. Шафран, С. Б. Виноградова // *Агрохимия*. – 2020. – № 6. – С. 3–13.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ ХОЗЯЙСТВА

О. В. Тишкович

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

Использование результатов эколого-экономической оценки почв может быть достаточно многогранным для решения самых различных задач в областях науки, практики и образования. Основным практическим применением результатов эколого-экономической оценки земель и почв республики является рациональное использование ее почвенных ресурсов [1].

Для уточнения и приведения примеров использования результатов эколого-экономической оценки земель в системе землеустройства, необходимо сказать о направлениях использования результатов кадастровой оценки сельскохозяйственных земель:

– установление ставок земельного налога. Согласно статье 241 Налогового кодекса Республики Беларусь (Особенная часть) от 29.12.2009 г. № 71-З, кадастровая стоимость используется для установления ставок земельного налога на земельные участки;

– ставки земельного налога на сельскохозяйственные земли сельскохозяйственного назначения, по которым отсутствует кадастровая оценка, устанавливаются в соответствии со средней ставкой земельного налога по районам Республики Беларусь;

– нормирование затрат на выполнение полевых механизированных работ при возделывании сельскохозяйственных культур. При кадастровой оценке получают полную информацию о технологических свойствах и местоположении земельных участков, которая содержит показатели о нормообразующих факторах, на основании чего можно определять сменные нормы выработки и расхода топлива;

– оптимизация использования сельскохозяйственных земель. Величина нормативного чистого дохода по отношению к среднереспубликанским условиям дает право судить о проблемных сельскохозяйственных организациях. В таком случае необходимо проанализировать исходные данные, выявить земельные участки, имеющие отрицательные показатели, и предложить мероприятия по их улучшению или перепрофилированию для несельскохозяйственных нужд. В данном случае решением таких проблем может служить эколого-экономическая оценка, при которой в целом определяется упущенная выгода;

– обоснование проектов внутрихозяйственного землеустройства и схем землеустройства районов;

- определение размеров убытков в связи с изъятием земельных участков;
- оптимизация размещения посевов сельскохозяйственных культур. Одним из наилучших способов повышения эффективности производства без высоких материальных затрат является рациональное размещение посевов сельскохозяйственных культур с учетом качества земель. Здесь важным фактором будут служить данные о потере гумуса и элементов питания растений;
- управленческие решения в сельском хозяйстве. Необходимость разработки механизма выравнивания экономических условий хозяйствования организаций, использующих различные по качеству земли [1, 2].

Использование результатов эколого-экономической оценки земель при осуществлении данных мероприятий были рассмотрены в отношении землепользования РУП «Учхоз БГСХА» Горецкого района Могилевской области. Показатели эколого-экономической оценки земель могут использоваться в тех же направлениях, что и результаты кадастровой оценки, но только для более углубленного анализа и уточнения применяемых коэффициентов, и показателей.

Ставки земельного налога на сельскохозяйственные земли сельскохозяйственного назначения установлены Указом Президента Республики Беларусь от 25.01.2018 № 29 «О налогообложении». Для их установления или детальной корректировки также можно использовать результаты эколого-экономической оценки земель при дифференциации их по величине, в качестве корректирующего показателя. Естественно, чем больше балл кадастровой оценки, тем больше величина ставки земельного налога. Здесь для более точной и детальной дифференциации вполне можно использовать информацию эколого-экономической оценки деградированных земель, т. е. учитывать те же потери питательных веществ (гумус, P_2O_5 , K_2O) и их стоимость в разрезе административно-территориальных единиц.

При оптимизации использования сельскохозяйственных земель наряду с данными кадастровой оценки можно использовать данные, получаемые при эколого-экономической оценке земель. По величине нормативного чистого дохода судят о проблемных рабочих участках, хозяйствах в целом, в которых необходимо в первую очередь проводить мероприятия по их улучшению. Здесь можно дополнительно использовать данные о проценте снижения нормативного чистого дохода в результате развития водной эрозии по каждому рабочему участку, землепользованию, району республики. Такие исследования были выполнены на примере землепользования РУП «Учхоз БГСХА».

На основании полученных данных в результате проведения эколого-экономической оценки земель составлялись картосхемы, используя которые, агроном хозяйства сразу получает информацию о наиболее проблемных участках, и количественную величину затрат, необходимых для поддержания почв земельных участков в плодородном состоянии.

Как известно, величина нормативного чистого дохода в первую очередь определяется урожайностью сельскохозяйственных культур, и здесь важным фактором остается плодородие почв, которое снижается в большей степени при развитии деградационных процессов земель разных типов и форм. При деградации земель, в частности водной эрозии, снижается содержание питательных веществ, и, как говорилось ранее, происходят их потери, следовательно, хозяйству для поддержания плодородия почв необходимо вносить еще большие дозы органических и минеральных удобрений для поддержания почв в плодородном состоянии. В этом случае можно использовать данные эколого-экономической оценки земель, которые позволяют установить в отношении конкретного хозяйства величину таких потерь, а, следовательно, и затраты хозяйства на приобретение и внесение удобрений, необходимых для компенсации стоимости питательных веществ, находящихся в смываемой почве в результате водной эрозии земель, т. к. при такой оценке определяются эти потери и в стоимостном выражении, отражающие сколько хозяйству нужно затратить дополнительных средств на поддержание состояния почвы на текущем уровне плодородия. Данные показатели определены в ходе осуществления исследований для землепользования РУП «Учхоз БГСХА» Горецкого района.

Полученные результаты эколого-экономической оценки земель можно использовать в качестве дополнительного показателя для установления такс и коэффициентов к ним для определения размера возмещения вреда, причиненного деградацией земель (включая почвы) [3].

При определении арендных платежей, установлении каких-либо льгот на земельный участок, на котором имеются ограничения (обременения), также можно использовать полученные данные в качестве вспомогательной характеристики для корректировки данной величины.

При адаптивно-ландшафтной системе земледелия важным фактором для ее осуществления могут служить результаты эколого-экономической оценки земель и почв, которые в первую очередь направлены на экологическую составляющую. Также в адаптивно-ландшафтном земледелии осуществляется экологический подход по применению минеральных и органических удобрений, величина и стоимость которых отражается в результатах эколого-экономической оценки земель и почв. Так как адаптивно-ландшафтный подход позволяет наиболее дифференцированно разместить сельскохозяйственные культуры в соответствии с их агроэкологическими требованиями, то в первую очередь необходимо учитывать результаты эколого-экономической оценки сельскохозяйственных земель, которые отражают в себе степень влияния развития деградационных процессов на осуществление хозяйственной деятельности землепользований.

Таким образом, приведенные выше основные направления использования результатов эколого-экономической оценки сельскохозяйственных земель можно использовать наряду с результатами кадастровой оценки

сельскохозяйственных земель для усовершенствования и осуществления организационно-территориальных, противоэрозионных и иных мероприятий. Использование полученных результатов эколого-экономической оценки пахотных земель РУП «Учхоз БГСХА» для организации севооборотов позволяет снизить размеры упущенной выгоды на 20,1 % от существующих данных, с учетом различной степени развития водной эрозии земель.

Список литературы

1. Тишкович, О. В. Результаты эколого-экономической оценки почв и земель как один из механизмов совершенствования мероприятий по эффективному использованию сельскохозяйственных земель / О. В. Тишкович // Вестн. БГСХА. – 2020. – № 2. – С. 153–156.
2. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика / Г. М. Мороз [и др.]; под ред. Г. М. Мороза и В. В. Лапа. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 208 с.
3. О таксах для определения возмещения вреда, причиненного окружающей среде: Указ Президента Респ. Беларусь, 24 июня 2008 г., № 348 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2008. – № 1/9824.

**ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО И ПОВЕРХНОСТНЫЕ
СВОЙСТВА ТЕМНОГУМУСОВОЙ ОСТАТОЧНО-
ГИДРОМОРФНОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ
КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

З. Н. Тюгай, А. В. Иванов, А. П. Шваров

МГУ им. Ломоносова, г. Москва, Россия

Введение. Северо-восток Костромской области представляет собой территорию со сложнейшей историей формирования отложений, служащих почвообразующими породами. До настоящего времени этот участок России изучен недостаточно. Практически неизученными в почвенном отношении остаются наиболее интересные в природном аспекте территории области на южных склонах Северных Увалов, прилегающих к Ветлужско-Унженскому междуречью, преимущественно покрытых лесом. Здесь на фоне доминирующих по площади суглинистых дерново-подзолистых и песчаных Al-Fe гумусовых подзолов на ледниковых отложениях на дренированных склонах формируются необычные по генезису органо-аккумулятивные почвы, приуроченные к выходу на поверхность тяжелых по гранулометрическому составу элювии глинистых отложений триаса. [1,2]. Выявлено, что характерной особенностью этих почв является высокая гумусированность верхних органо-аккумулятивных горизонтов.

Цель наших исследований изучить состав и поверхностные свойства темногумусовых почв, сформировавшихся на отложениях триаса и находящихся под лесной растительностью.

Объекты и методы исследования. Объектом изучения послужил разрез темногумусовой органо-аккумулятивной почвы, заложенный в Пыщугском районе в 2-х км к югу от с. Талица и в 500 м на восток от шоссе Пыщуг-Никольское. Он приурочен к плоской водораздельной части увалистого повышения на пологом склоне Северных Увалов. Растительность представлена ельником разнотравным в возрасте около 100 лет с единичной примесью березы, сосны и обильным подростом ели высотой до 10 м. В напочвенном покрове доминирует земляника, костяника, копытень, хвощ лесной и зеленые мхи. Гранулометрический состав почв был определен как традиционным пипет-методом, так и методом лазерной дифракции [3] Для изучения органического вещества был применен метод физического (грануло-денсиметрического) фракционирования [4]. А для определения содержания С общего применен метод сухого сжигания в токе кислорода на экспресс анализаторе на С АН-7529 М (Гомель, Беларусь). Удельную поверхность определяли по воде методом БЭТ и по азоту на СОБСТОМЕТРЕ (Россия). Краевой угол смачивания был определен на анализаторе формы капли воды DSA-100 (фирма (KRÜSS, GmbH, Германия). [3]

Результаты и обсуждение. Изучение гранулометрического состава почвы показало довольно слабую дифференциацию почвенного профиля с преобладанием физической глины (содержание частиц <0,01 мм колеблется от 50 % в слое 10–20 см и 62–70 % в слое 40–100 см). Своеобразие заключается в небольшом содержании ила 5–8 %. Преобладает фракция пыли, причем доминирует фракция мелкой и крупной пыли (23–43 %). Преобладание пылеватых фракций довольно частое явление для покровных суглинков таежной зоны. Характерной особенностью темногумусовой почвы является высокое содержание С органического вещества (8–11 %). Анализ особенностей распределения органического вещества представлен в таблицах (табл. 1–3). Полученные данные показали, что более 50 % массы верхнего горизонта почвы составляют легкие фракции плотностью <2 г/см³. Около 80 % массы этих фракций имеют плотность <1,8 г/см³ и представляют собой порошок черного цвета, по консистенции сходный с сажой. Размер частиц основной массы фракции (более 75 %) составляют частицы <50 мкм. Они являются составляющими микроагрегатов. Частицы легких фракций (ЛФ) >50 мкм неоднородны по размеру и находятся в свободном состоянии (ЛФсв). Концентрация углерода во фракции плотностью <1,8 г/см³ равна 18,65 % (табл. 1), а его общее количество составляет 9,37 % от массы почвы. Содержание углерода во фракциях плотностью 1,8–2 г/см³ существенно ниже и в пересчете на почву в целом составляет всего лишь 0,5 %. Таким образом, общий уровень содержания углерода в составе легких фракций – около 10 % от массы почвы, а более 90 % его массы сконцентрировано во фракции плотностью <1,8 г/см³.

Таблица 1

Содержание углерода во фракциях, % от массы фракций

Горизонт, глубина, см		С легкой фракции <1,8 г/см ³	С легкой фракции 1,8–2 г/см ³	С ила л. д.	С ила т. д.	С остатка
AU	8–48	18,65	7,50	10,2	4,58	0,48
C	48–70	–	–	1,05	0,87	0,71
Cg	70–100	–	–	0,75	0,69	0,20

Концентрация углерода в составе легких фракций верхнего горизонта темногумусовой почвы не выходит за пределы величин, характерных для зональных почв Русской равнины. Однако общий уровень его накопления в несколько раз превышает характерный для автоморфных почв. В гор. С легкие фракции не были обнаружены, что соответствует характеру их распределения в зональных почвах таежной зоны. Масса легкодиспергируемого ила составляет 18,33 %. Его профильное распределение имеет элювиально-иллювиальный характер. Максимум концентрации углерода отмечается во фракции легкодиспергируемого ила и составляет 10,20 %. В гор. С и Сg содержание углерода резко уменьшается. Содержание труднодиспергируемого ила невелико (1–4 %). Содержание угле-

рода в его составе ниже и вниз по профилю уменьшается. Концентрация углерода в остатке почвы после выделения из него ила и его общее содержание незначительны.

На основании полученных данных и ранее проведенных исследований [5] показана доля участия углерода основных органоминеральных фракций, выделенных из темногумусовой почвы. Около 85 % массы углерода гумусово-аккумулятивного горизонта сосредоточено в ЛФ (легкой фракции), которая включает не полностью гумуфицированные остатки органического опада. Около 16 % углерода связывают илистые частицы (в основном легкодиспергируемый ил), а на долю остатка приходится около 1 %, что уже отмечалось ранее. В нижележащих горизонтах масса углерода распределена между илистыми частицами и остатком после его выделения.

Таблица 2

Распределение углерода по фракциям почвы, % от С общ.

Горизонт, глубина, см		Собщ, %	С легкой фракции	С ила л. д.	С ила т. д.	С ила л. д.+т. д.	С остатка
AU	8–48	11,91	83,14	15,75	0,02	15,77	1,09
С	48–70	0,81	–	34,60	3,7	38,30	61,70
Сg	70–100	0,40	–	42,50	7,5	50,00	50,00

Таблица 3

Поверхностные свойства и распределение углерода органоминеральных фракций из гумусово-аккумулятивных горизонтов темно-гумусовой и зональной дерново-подзолистой почвы

Почва	Мощность горизонта, см	Масса ила, % от массы почвы	Содержание смектита, % от массы фракции	С _{общ} % от массы почвы	S _{вн.} по N, м ² /г	КУС, градусы
Темно-гумусовая	40	18,0	90,0	11,9	0,6	75,5
Дерново-подзолистая зональная	11	7,0	15,0	3,5	2,64	42,5

Известно, что гидрофобные свойства почвы определяются количеством и качеством органического вещества, и особенностями их взаимодействия с минеральной частью почвы. Само легкорастворимое органическое вещество, также, как и растительный опад, в силу своего происхождения характеризуются большой гидрофобностью: угол смачивания >90°. Однако в процессе трансформации и связывания с минеральным веществом почвы растительные дериваты теряют это свойство, приближаясь по своим поверхностным свойствам к минеральной со-

ставляющей почвы. При этом не ясно насколько этот процесс выражен. Очевидно, что в зависимости от конкретных условий трансформации растительного опада степень выраженности гидрофобных свойств легко разлагаемого органического вещества будет разным.

Анализ смачиваемости отдельных денсиметрических фракций показал, что фракции существенно различаются по рассматриваемому показателю и колеблются от 22 до 137° [6, 7]. В целом в легких фракциях <math> < 1,6 \text{ г/см}^3 </math> как свободных, так и внутриагрегатных, величины углов смачивания существенно больше по сравнению с тяжелыми фракциями. Таким образом, следует ожидать, что менее измененные растительные остатки будут характеризоваться большим углом смачивания. Однако следует учесть, что поверхностные свойства почв далеко не всегда определяются только химическим строением образца, а зависят и от гранулометрического состава и от реакции среды. Исследованиями Дымова А. А., Милановского Е. Ю., Холодова В. А. [7] показано, что для почвы коренного ельника наибольшей гидрофильностью характеризуется иллювиальный горизонт, наиболее гидрофобно почвенное органическое вещество в подстилке, за счет высокой доли лигниноподобных соединений. И при естественном лесовозобновлении трансформация органического вещества заключается в формировании преимущественно гидрофильных компонентов в подстилках, которые обуславливают кислотный гидролиз минералов и накопление Fe-Al – органических соединений в верхних минеральных горизонтах профиля. Таким образом, наши исследования показали аномально высокий уровень накопления ОВ в гумусовом горизонте темно-гумусовой почвы, в 3–4 раза превышающий его суммарное содержание в автоморфных почвах южно-таежной подзоны.

Очень важно и то, что суммарное количество фракций-носителей органического вещества превышает 75 %. В дерново-подзолистой почве доля фракций-носителей ОВ составляет меньше 20–25 %. Эти данные дают основание сделать вывод о том, что верхний горизонт темно-гумусовой почвы – органогенный. Обе фракции-носители органического вещества являются составляющими крупных водоустойчивых микроагрегатов, которые абсолютно преобладают в почве. Эти особенности органического вещества темногумусовой почвы подтверждаются данными исследования поверхностных свойств почв. Представленные данные показывают значительное увеличение гидрофобности верхнего горизонта темно-гумусовой почвы по сравнению с зональной дерново-подзолистой почвой (табл. 3). Высокая агрегированность, обусловленная большим содержанием углерода, определяет значительно более низкую величину внешней удельной поверхности органогенного горизонта темно-гумусовой почвы по сравнению с дерново-подзолистой.

Выводы. Сопряженное исследование органического вещества методом физического фракционирования и поверхностных свойств темногумусовой почвы Костромской области, сформированной в автоморфной

позиции на глинистых отложениях триасового возраста свидетельствует о возможной гидроморфной природе его происхождения.

Верхний органогенный горизонт темногумусовой почвы характеризуется высокой агрегированностью и высокими значениями угла смачивания ($>75^\circ$). Удельная поверхность по сорбции азота составляет лишь $0,6 \text{ м}^2/\text{г}$, при высоком значении общей удельной поверхности ($S_{\text{общая}} > 150 \text{ м}^2/\text{г}$).

Исследование проведено по темам НИР: Физические основы экологических функций почв: технологии мониторинга, прогноза и управления (№ 121040800146-3), Почвенные информационные системы и оптимизация использования почвенных ресурсов (№ 121040800147-0).

Список литературы

1. Чижилова, Н. П. Минералогия почв развитых на отложениях триасового возраста / Н. П. Чижилова, А. В. Иванов, Н. М. Кучмар // Бюллетень почвенного института имени В. В. Докучаева. – 2010. – Вып. 65. – С. 23–35.
2. Иванов, А. В. Особенности почвенного покрова Ветлужско-Унженского междуречья (северо-восток Костромской области) / А. В. Иванов, Н. А. Лоцманова, А. В. Савченко // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2014. – № 1. – С. 9–13.
2. Шеин, Е. В. Практикум по физике твердой фазы почв: учебное пособие // Е. В. Шеин [и др.]. – М.: Буки-Веди, 2017. – 119 с.
3. Шаймухаметов, М. Ш. Методика физического фракционирования органо-глинистых комплексов с помощью лабораторных центрифуг / М. Ш. Шаймухаметов, К. А. Воронина // Почвоведение. – 1972. – № 8. – С. 134–138
4. Травникова, Л. С. Особенности состава органического вещества темногумусовых лесных почв Северо-востока Костромской области / Л. С. Травникова, А. В. Иванов // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2014. – № 2. – С. 24–28.
5. Дымов, А. А. Изменение органического вещества таежных почв в процессе естественного лесовозобновления растительности после рубок (средняя тайга Республики Коми) / А. А. Дымов, Е. Ю. Милановский // Почвоведение. – 2014. – № 1. – С. 39.
6. Дымов, А. А. Состав и гидрофобные свойства органического вещества денсиметрических фракций почв Приполярного Урала / А. А. Дымов, Е. Ю. Милановский, В. А. Холодов // Почвоведение. – 2015. – № 11. – С. 1335–1335.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО МОЩНОГО СТРЕЛЕЦКОЙ СТЕПИ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ РАСПАШКЕ ОТ МАКРО- ДО СУБМИКРОУРОВНЯ

З. Н. Тюгай, О. А. Салимгареева, А. В. Иванов

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

Введение. В связи с интенсификацией земледелия значительно возросла антропогенная нагрузка на почвы: возросли длительность и интенсивность обработки почв, все чаще на полях применяется тяжелая техника. Все эти факторы приводят к деградации ряда агрофизических свойств почв и в первую очередь к изменению ее структурного состояния. Изменения структурной организации черноземов при их интенсивном сельскохозяйственном использовании были отмечены многими исследователями [1, 2, 3].

Цель нашей работы – исследование морфологических изменений чернозема типичного при длительной распашке (более 60 лет), начиная от уровня профиля и заканчивая субмикроморфологией.

Объекты и методы. Исследование проведено на территории Центрально-Черноземного биосферного заповедника им. В. В. Алехина (Курская область, Стрелецкая степь). Почва – типичный чернозем (по WRB-Naplic Chernozems). Были изучены черноземы типичные мощные тяжело-суглинистые, сформированные на лессовидных суглинках на участках некосимая степь (Ч-НС) и бессменный пар (Ч-БП), распаханый с 1947г.

Образцы почв для проведения аналитических работ были отобраны через каждые 10 см.

Сухое и мокрое просеивание проводили в 3-х повторностях через сита 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5, 0,25 мм на виброгрохоте AS 200 control (Retsch, Германия). Содержание общего углерода (С общ.) и карбонатов методом сухого сжигания в токе кислорода при 950° определяли на экспресс анализаторе АН 7529 М (г. Гомель, Беларусь) [4].

Микроморфологическое изучение шлифов проводили по методике [5] с помощью поляризационного микроскопа ПОЛАМ Р113, субмикроморфологические исследования проведены на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) JEOL jsm 6060 А факультета почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова. [6].

Результаты и обсуждение. Длительная распашка чернозема (более 60 лет) приводит к снижению содержания гумуса, формированию плужной подошвы и значительному уплотнению верхнего слоя (табл. 1). При сравнении почвенных разрезов выявлено наиболее значительное изменение верхних горизонтов (слои 0–30 см) под воздействием сельскохозяйственной обработки, которое прослеживается и при микро- и субмикроморфологических исследованиях (рис.1).

Агрофизические свойства чернозема типичного мощного

Глубина, см	W, % полевая		Плотность, г/см ³		С орг., %		С карб., %	
	Ч-НС	Ч-БП	Ч-НС	Ч-БП	Ч-НС	Ч-БП	Ч-НС	Ч-БП
0–10	26,23	17,23	1,78	2,61	4,55	2,63	0	0
10–20	22,54	19,74	2,05	2,90	3,9	2,63	0	0
20–30	22,65	21,12	2,52	3,03	3,44	2,6	0	0
30–40	23,29	24,93	2,46	2,72	3,02	2,43	0	0
40–50	23,98	23,80	2,48	2,68	2,766	2,19	0	0
50–60	24,35	22,93	2,87	2,76	2,53	1,88	0	0,04
60–70	24,26	22,23	2,87	2,71	2,19	1,62	0	0,09
70–80	23,78	23,14	2,86	2,63	2,01	1,35	0	0,3
80–90	23,87	22,7	2,67	2,57	1,71	1,13	0,03	0,6
90–100	23,73	22,88	2,79	2,62	1,58	0,91	0,08	0,97

Верхние горизонты Ч-НС (A_{Urz} Ah 0–10см; AU Ah 10(14)–65) и Ч-БП (PU 0–20 см) темно-серого цвета (10 YR 2/1 влажный, 10 YR 2,5/1 сухой). Ч-НС имеют гумусовую плазму, Ч-БП – глинисто-гумусовую. В целинных черноземах наблюдаются многочисленные растительные остатки разной степени разложенности, обилие черных гумусовых сгустков (рис. 1, а, б).

В пахотном горизонте (PU) из-за отсутствия ежегодного поступления растительных остатков (запахиваются только сорняки, которые на бессменном пару немногочисленны) резко снизилось содержание С органического вещества (с 4,55 % на участке некосимая степь до 2,6 % на участке бессменный пар). Поэтому, в пахотном горизонте чернозема преобладают процессы минерализации органического вещества, и плазма в этом случае глинисто-гумусовая, однородная с преобладанием тонкодисперсного изотропного гумуса, растительные остатки встречаются единично (рис. 1, с).

Пахотный слой агрочернозема более плотный, что отражается и на структуре. Если на участке некосимой степи при описании разрезов отмечена зернистая структура (рис.1, а), то на смену ей на участке бессменный пар мы наблюдаем комковато-порошистую структуру верхнего горизонта (рис.1, с, е).

В PU отмечается уменьшение многопорядковости агрегатов (агрегаты состоят из агрегатов первого и второго порядков), снижение количества округлых отдельностей биогенного происхождения (копролитов разного возраста), появление у агрегатов острых граней. В пахотном горизонте по сравнению с целиной значительно возрастает содержание глыбистых агрегатов (рис. 2, а). Возрастание доли фракции <0,25 мм в верхнем горизонте Ч-БП (рис. 2, а) характеризуется появлением порошистой структуры на мезоуровне и наличии не агрегированной массы при рассмотрении шлифов (рис. 1, с).

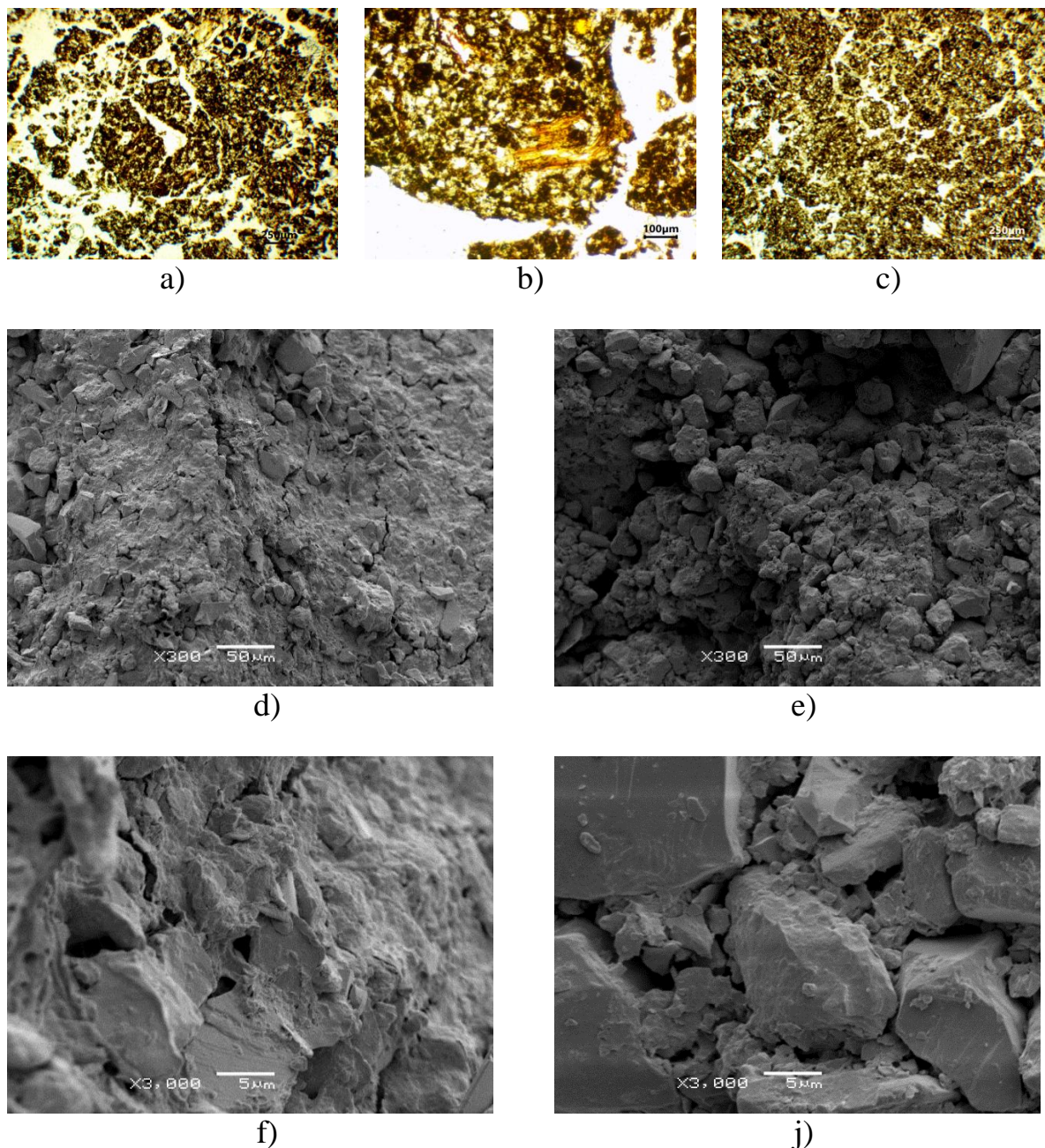


Рис. 1. Фото шлифов слоя 0–10 см: а–с N II:–а) Ч-НС x 35; б) Ч-НС x 90; с) Ч-БП x 35 (масштабный отрезок 100 мкм); СЕМ фото поверхности агрегатов: d, f – Ч-НС; e, j – ЧБП (масштабный отрезок 50 и 5 мкм соответственно)

Отмечено изменение структуры порового пространства РУ: вследствие разрушения агрегатов, исчезновения крупных пор аэрации, биогенных ходов и пор-камер происходит появление множества мелких, извилистых, разветвленных межагрегатных пор, что приводит к ухудшению фильтрационных свойств почв.

Провальная фильтрационная способность верхних горизонтов целинных черноземов снижается на пашне до 1,3–0,3 мм/мин. Агрономически ценные воздушно-сухие агрегаты размерами 10–0,25 мм утрачивают свойство устойчивости в воде (рис. 2 а, б).

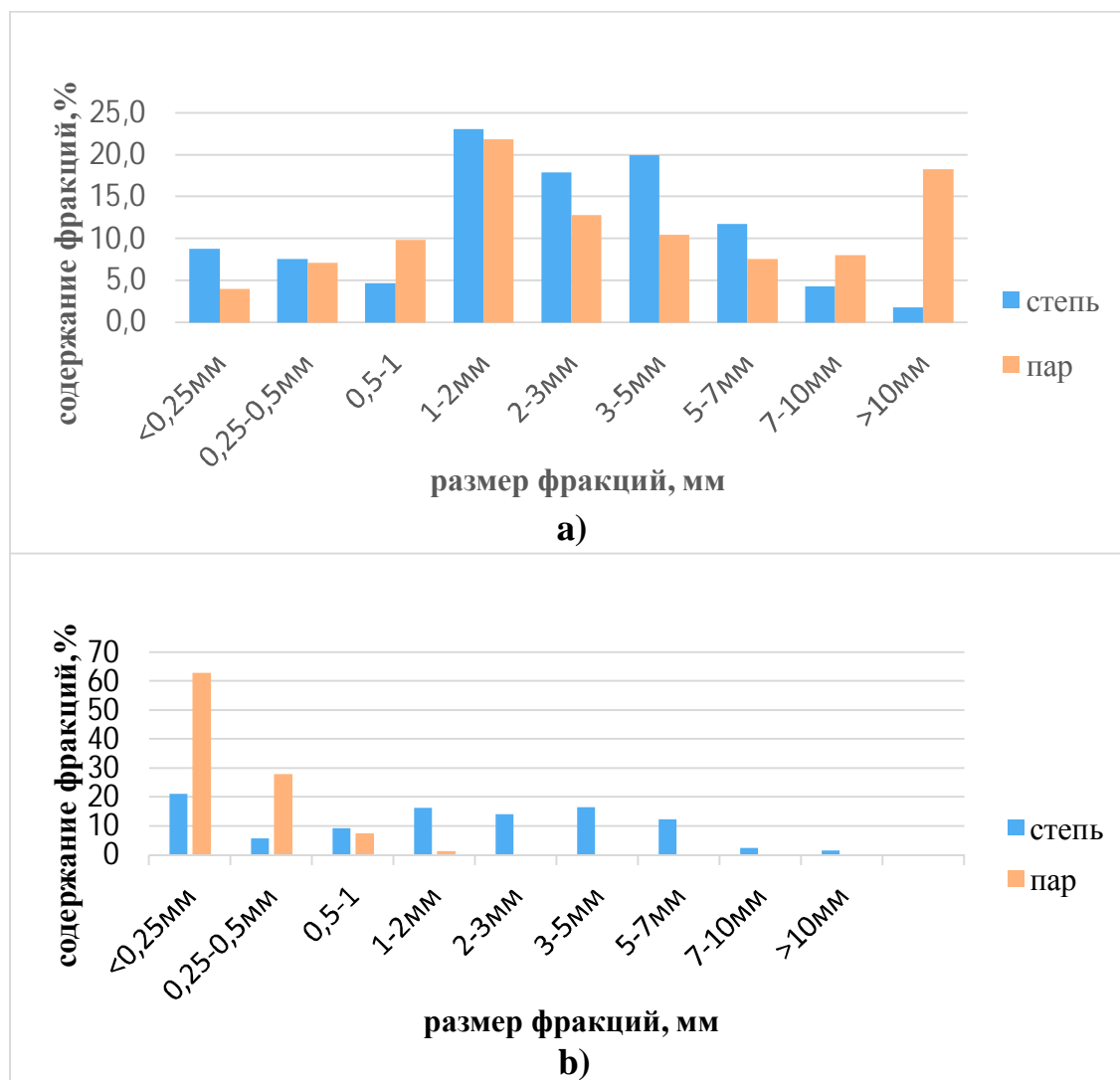


Рис.2. Содержание агрегатов в черноземе типичном мощном:
 а – воздушно-сухие агрегаты, б – водопрочные агрегаты

В верхних горизонтах целинного чернозема наблюдается множество агрегатов биогенного происхождения, имеющих более плотную упаковку элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) на поверхности (рис. 1, d, f), склеенных и покрытых сверху гумусовыми пленками (различимыми СЭМ). Для РУ характерна трансформация структурных отдельностей, с формированием острых граней, имеющих на поверхности более рыхлую упаковку ЭПЧ с более тонкими, не имеющими сплошного покрова пленками органического вещества (рис. 1, e, j). Вероятно, это приводит к значительному снижению водостойчивости агрегатов при длительной распашке без внесения органических удобрений и использования сидератов (рис. 2, b).

Выводы. Длительная распашка чернозема типичного мощного привела к резкому изменению структурно-функциональных свойств верхнего горизонта чернозема типичного мощного:

1. Отмечено увеличение плотности сложения почвы при разрушении агрегатов, уменьшение их многопорядковости и доли губчатого материала-

ла, возрастание глыбистости, упрощение структуры порового пространства, уменьшение количества крупных пор биогенного происхождения;

2. Произошло резкое снижение содержания органического вещества, что привело к исчезновению сгустков гумусовой плазмы, снижению количества растительных остатков разной степени разложенности;

3. Снизилось содержание водоустойчивых агрегатов при уменьшении количества отдельностей биогенного происхождения и толщины пленок органического вещества (различимых СЭМ), покрывающих агрегаты и минеральные зерна.

Исследование проведено по темам НИР: Физические основы экологических функций почв: технологии мониторинга, прогноза и управления (№ 121040800146-3), Почвенные биомаркеры: идентификация, устойчивость, активность, возможность использования для мониторинга (№ 122011800459-3), Почвенные информационные системы и оптимизация использования почвенных ресурсов (121040800147-0).

Список литературы

1. Щеглов, Д. И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д. И. Щеглов. – М.: Наука, 1999. – 214 с.
2. Антропогенная эволюция черноземов. – Воронеж: ВГУ, 2000. – 412 с.
3. Безуглова, О. С. Гумусное состояние почв юга России / О. С. Безуглова. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦВШ, 2001. – 228 с.
4. Практикум по физике твердой фазы почв: учебное пособие / Е. В. Шеин [и др.]. – М.: Буки-Веди, 2017. – 119 с.
5. Методическое руководство по микроморфологии почв; под ред. Г. В. Добровольского. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1983.
6. Добровольский, Г. В. Растровая электронная микроскопия почв / Г. В. Добровольский, С. А. Шоба. – М.: Изд-во Моск.ун-та, 1978. – 144 с.

ОСОБЕННОСТИ ДЕГРАДАЦИИ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ АРИДНОЙ ЗОНЫ

А. В. Федотова, Л. В. Яковлева

*Астраханский государственный университет,
г. Астрахань, Россия*

В аридной зоне юга европейской части России на обширных территориях (Астраханская область, Республика Калмыкия, Республика Дагестан) создалась напряженная экологическая ситуация в связи с интенсивным развитием процессов деградации почв (опустынивание, засоление, эрозия и т. п.). Приоритетное значение в этой ситуации имеют не просто вопросы, связанные с изменением экосистем и их основных компонентов, но в первую очередь – восстановление. Необходимы технологии раннего предупреждения опустынивания и деградации почв. Разработка подобных технологий основывается на детальной оценке устойчивости и емкости экосистем, вопросах и энергетике природных и антропогенных процессов в подобных условиях.

Современные методологические подходы к оценке лишь констатируют степень деградации почв. В большинство из оценок в основу положено отклонение от общепринятой нормы конкретного почвенного свойства (содержание гумуса, плотность почвы, агрегатный состав и др.). Несмотря на значительное количество работ и широкую популярность исследований, посвященных проблемам деградации почв, в том числе и различной степени засоления, до сих пор не существует фундаментального обоснования роли и количественных нормативов нарушения биосферных функций засоленных почв. Необходимо создание нового методологического подхода к оценке и прогнозированию, а также изучению условий развития деградационных процессов в аридных почвах на различных иерархических уровнях.

Вскрытие механизмов деградации и опустынивания аридных почв на разных иерархических уровнях возможно лишь после тщательного исследования и анализа сложных взаимозависимых связей, и взаимодействий внутри почвы, как сложной природной биокосной системы, а также их трансформаций в зависимости от внешних факторов.

Целью настоящей работы явилась оценка состояния и установление общих закономерностей развития деградационных процессов засоленных почв в дельте Волги Астраханской области России.

Целесообразность проведения подобных исследований на территории Юга России в пределах дельты Волги объясняется уникальностью данной природно-климатической зоны и ее повышенной экологической уязвимостью.

В качестве объектов исследования выбраны участки с различной формой проявления деградации почвенного покрова. Согласно проведенным исследованиям, почвенный покров представлен аридными бурыми полупустынными почвами, луговыми дельтовыми, солонцовыми и солончаковыми почвами, а также солончаками.

Исследуемые участки условно классифицированы на группы по виду внешней нагрузки и деградации почвенного покрова:

- 1) эрозионные процессы (бурые аридные почвы);
- 2) сильное растрескивание верхнего горизонта почвы (луговые солончаковые почвы, солончаки);
- 3) такырообразные солонцовые пятна при полном отсутствии растительности (осолонцованные почвы);
- 4) пастбищная дигрессия (аллювиально-дельтовая луговая окарбонатная и лугово-болотная почва).

Оценка велась по следующим параметрам:

- проективное покрытие пастбищной растительности;
- основные почвенные свойства;
- содержание солей.

Территория дельты Волги имеет специфический гидрологический режим. Подстилающие засоленные породы обуславливают значительные площади почв разной степени засоления [1].

Для изучения почвенных свойств и солевого состояния исследуемых почв были заложены почвенные разрезы. Критериями выбора закладки почвенных разрезов на данных почвах послужили различия в растительном покрове и нарушении структуры верхнего горизонта почвы. Отбор почвенных образцов проводили в трехкратной повторности по слоям 0–5, 10–15, 20–25, 40–45, 60–65 и 100–105 см. Должное внимание было уделено морфологическим особенностям (табл. 1).

Таблица 1

Морфологическое описание почвенных разрезов

Горизонт, мощность	Морфологическое описание
Разрез участка 1	
B ₁ (0–21 см)	Сухой, светло-бурый, структура комковатая. Трещины преимущественно вертикальные шириной 1–2 мм, глубиной 1–3 см. Мелкие стяжения солей и мелкие кристаллы гипса (редко). Переход постепенный по степени растрескивания. Уплотненный. Средний суглинок.
B ₂ (21–48 см)	Свежий, бурый, структура мелкая и средне глыбистая. Мелкие обильные стяжения солей гипса. Плотный. Скопление солей по крупной трещине. Переход постепенный по скоплению солей. Средний суглинок.
BC (50–83 см)	Свежий, темно-бурый, структура глыбистая. Редкие стяжения солей по трещинам. Средний суглинок, близкий к тяжелому.
Разрез участка 2	
A (0–16 см)	Сухой, темно-серый, структура мелко и средне комковатая, сильно растрескавшийся, трещины шириной от 1–5 мм, глубина от 0,5 до 3 см, редко до 6, много корней, средний суглинок, граница ровная, переход заметный по цвету.

Горизонт, мощность	Морфологическое описание
B ₂ (34–78 см)	Сухой, светло-бурый, много солевых пятен, плотный, пятна ожелезнения, структура глыбистая, тяжелый суглинок, переход постепенный по окраске и наличию солей.
BC (78–100 см)	Темно-бурый, пятна ожелезнения, оглеения, стяжения солей по порам, свежий, структура мелко и средне глыбистая, уплотненный, тяжелый суглинок.
Разрез участка 3	
A (0–1 см)	Разрез на западной экспозиции бугра с отсутствием проективного покрытия растительности
B ₁ (1–32 см)	Сухой, бурый, на общем фоне выцветы солей, солевые пятна от 2 до 5 мм. Структура глыбистая, при измельчении пылеватая. Плотный. Много трещин от 2 до 10 см длиной и шириной 1–2 мм и глубиной до 4 см. Корней нет. Скопление кристаллов гипса. Граница слабоволнистая, переход заметен по солевым пятнам. Тяжелый суглинок.
B ₂ (32–58 см)	Свежий, темно-бурый, структура средне глыбистая. Мелкие обильные стяжения солей и гипса. Плотный. Скопление солей по трещинам шириной 1–2 см. Переход постепенный по окраске. Средний суглинок, близкий к тяжелому.
BC (58–93 см)	Свежий, темно-бурый, мелко и средне комковатый. Стяжения солей по трещинам (начинающимся в B ₂ и заканчивающиеся на 78 см). Средний суглинок, уплотненный.

Как видно из таблицы 1, иллювиальные горизонты содержат соли, поэтому интерес составляло выявление зависимости солевого состояния на почвенные свойства и растительность.

Изучение солевого состояния почв проведено по величине плотного остатка и электрофизическими методами. Для определения почвенных свойств использовались методы, принятые в почвоведении и физике почв [2, 3]. Влажность почвы определяли традиционным термостатно-весовым методом на влагомере MR-5D, плотность – буровым методом, плотность твердой фазы – пикнометрическим методом. Данные обрабатывали с помощью лицензионных компьютерных интегрированных пакетов GoldenSurfer v.12 и Statistica v.7.0. Полученные экспериментальные данные подвергались анализу и интерпретации результатов.

Растительный покров на участке 2 с сильным растрескиванием верхнего горизонта почвы представлен доминантами: мартук пшеничный, мартук восточный, клоповник пронзеннолистный, полынь Лерха. Проективное покрытие – 10 %, средняя высота травостоя – 20 см.

Растительный покров пастбищных лугов (участок 4) представлен доминантами: пырей ползучий и клубнекамыш морской. Ассоциаторами, соучастниками или наполнителями, фитоценозов являются: тростник южный, вьюнок березка, солодка голая, горец птичий, качим метельчатый, молочай уральский, частуха подорожниковая, ситняг болотный, прибрежница колючая.

На двух других исследуемых территориях (1 и 3) растительность отсутствует.

В результате проведенных исследований было установлено, что влажность почвы всех трех участков закономерно увеличивается вниз по профилю и в целом имеет величины более 6 %. Максимальное значение (22,17 %) было зафиксировано на участке 1 и участке 3 на глубине 100 см. К этим глубинам приурочены слои тяжелого гранулометрического состава. Почва участка с сильным растрескиванием поверхностного слоя отличается гораздо меньшей влажностью по сравнению с другими участками, что обусловлено значительно аэрацией.

Гигроскопическая влажность почвы во многом отображает сорбционную способность. Как видно из рисунка 1, почвы участков 1 и 3 отличаются большей гигроскопичностью.

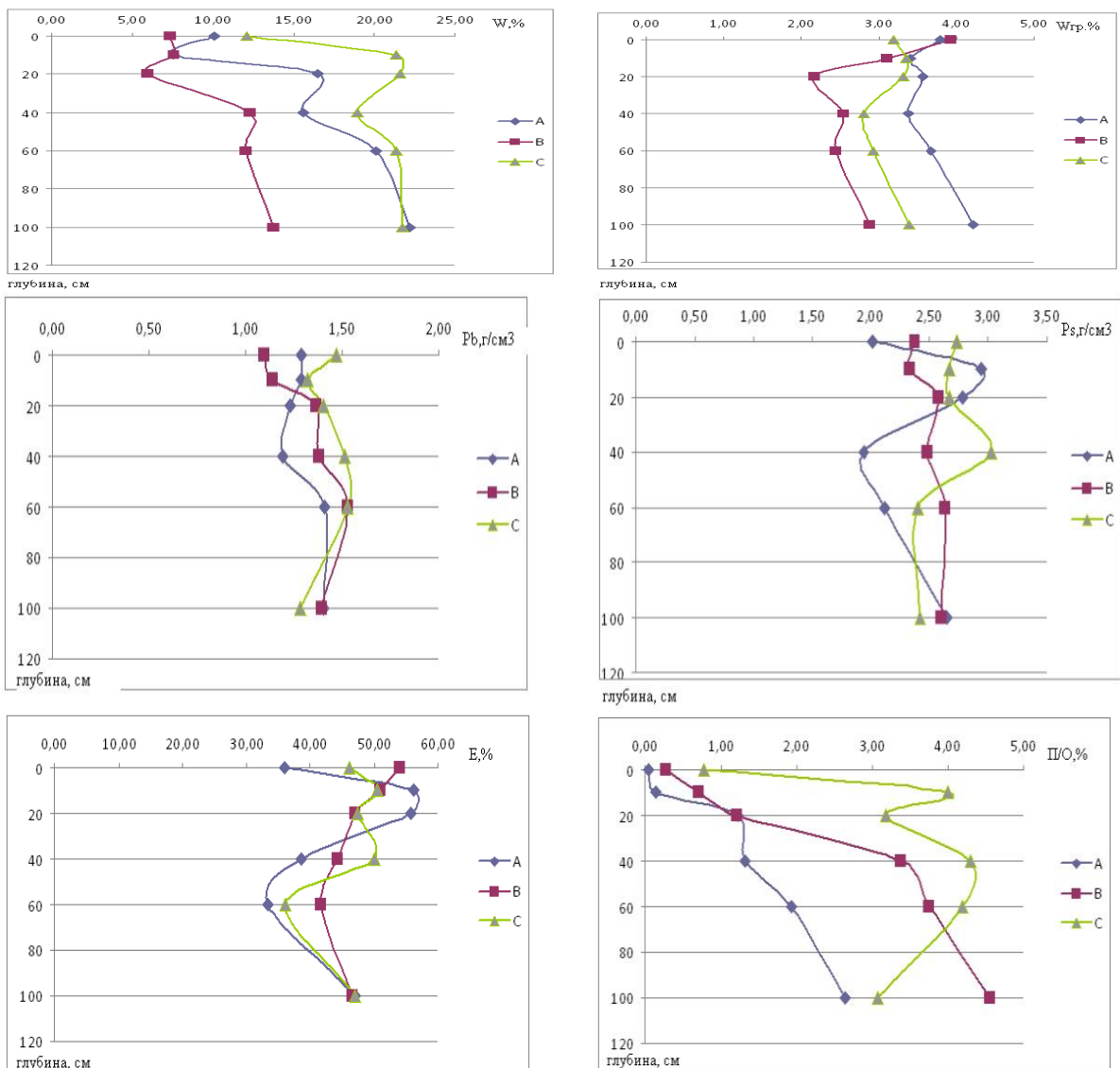


Рис. 1. Графики пространственного распределения по профилю деградированных почв физических свойств и солей (А – почва с сильным эрозийным процессом, В – почва с растрескиванием верхнего горизонта, С – почва с отсутствием растительности)

По всему профилю изученных почв величины плотности варьируют от 1,09 до 1,53 г/см³. Наибольшей плотностью отличается слой 40–

60 см. От плотности почвы зависят водные, воздушные и тепловые свойства, развитие корневых систем растений, интенсивность микробиологических процессов, а в конечном итоге – продуктивность. На участках с растрескиванием поверхности и отсутствием проективного покрытия верхние корнеобитаемые горизонты значительно уплотнены (более $1,5 \text{ г/см}^3$).

Наименьшей порозностью поверхностных слоев отличаются почвы участка 1, где идет постепенное увеличение глубиной до 20 см, ниже по профилю происходит резкое уменьшение величин порозности. Как и следовало ожидать, большими значениями порозности отличаются поверхностные слои почвы участка с сильным растрескиванием верхнего горизонта.

Содержание легкорастворимых солей в почвах всех исследованных участков отличается минимальной концентрацией в поверхностном слое до 10 см. Почва участка 1 отличается наименьшим содержанием солей в своей толще. Здесь их концентрация не превышает 1,7 %, только на глубине 100 см содержание солей достигает 2,5 %. Также следует отметить, что почвы участка 3, по общему распределению солей по профилю, отличаются большей засоленностью.

Авторами [4] методами статистического анализа показано, что содержание солей в почве оказывает неоднозначное влияние на почвенные свойства. Наиболее чувствительными параметрами к солевому состоянию почвы, по результатам статистического анализа, оказались рН, влажность и плотность почвы.

Все полученные результаты почвенных свойств объединяли в одну совокупность без разделения на выборки по каким-либо признакам или параметрам. Использовали автоматическую классификацию методом Варда и «ближайшего соседа». В результате было получено 12 вариантов классификаций по глубинам и средним величинам свойств. Каждая полученная классификация была проанализирована с учетом результатов полевых исследований почвенного и растительного покрова каждого объекта.

Гипотезы о нормальном распределении выборок для каждого анализируемого свойства проверяли по критериям Пирсона и Колмогорова-Смирнова. Результаты показали, что по критерию Колмогорова-Смирнова гипотеза о нормальном распределении не отклоняется для всех показателей, так как все вероятности больше уровня значимости 0,05. По критерию Пирсона гипотеза о нормальном распределении отклоняется для коэффициента водопроницаемости, влажности и плотности почвы.

Статистический анализ показал, что величина коэффициента водопроницаемости не имеет выраженной взаимозависимости ни с одним из исследованных почвенных свойств, в то время как рН и влажность почвы напротив.

Однако наличие солей в почвенном профиле при соответствующем водном режиме значительно влияет на физическое состояние почвы и степень ее деградации. В автоморфных условиях наличие солей в ил-

лювиальном горизонте является следствием процессов осолонцевания и значительного увеличения плотности почвы. Отсутствие растительности на поверхности приводит к развитию эрозионных процессов, в первую очередь дефляции. Дефлированные поверхностные горизонты постепенно выдуваются и на поверхности оказываются иллювиальные горизонты с ясно выраженными трещинами. Нормальная аэрация почвы нарушается и процессы гумусообразования практически останавливаются на фоне отсутствия достаточных запасов влаги и высокой испаряемости.

В гидроморфных условиях, при периодических весенних половодьях, растворимые соли мигрируют по профилю след за уровнем воды. Соли в подобных условиях распространены по всему профилю. Растительность представлена в основном галофитами. Периодическое затопление вызывает кратковременные процессы оглеения.

Список литературы

1. Исследование процессов засоления почв с различной формой деградации почвенного покрова / Л. В. Яковлева [и др.] // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2013. – № 12. – С. 31–34.
2. Ганжара, Н. Ф. Практикум по почвоведению / Н. Ф. Ганжара, Б. А. Борисов, Р. Ф. Байбеков. – М.: Агроконсалт, 2002. – 218 с.
3. Теории и методы физики почв: коллективная монография; под ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского. – М.: Гриф и К, 2007. – С. 571–599.
4. Федотова, А. В. Изучение взаимозависимостей между почвенными свойствами в засоленных почвах / А. В. Федотова, А. Г. Князев // Вестник Оренбургского университета. – 2011. – № 12 (131). – С. 157–159;

STUDY OF THE IMPACT OF OIL POLLUTION ON THE SOIL ECOLOGY IN THE ABSHERON PENINSULA

N. F. Hakimova¹, A. A. Khudai²

¹*Institute of Soil Science and Agrochemistry of Azerbaijan*

²*National Academy of Science. Baku, Azerbaijan*

Today one of the biggest problem in the world is the increasing of the pressure on the environment as a result of technogenic development's reaching a larger scale. In other words, the role of anthropogenic influences in the ecological crisis has reached its peak that it manifests itself shows in abnormal climatic conditions, increasing natural disasters, and so on. Most countries have already been forced spending more power for overcoming these consequences. Of course, it has also been materializing various measures to solve environmental problems in our country that have existed for many years. In spite of this environmental problems in the country are still actual. A number of activities have been carried out to determine the biological activity in the reclaimed areas of Bibi-Heybat OGEİ. First, the names of natural cenoses and their species were identified among the tree trunks. Here are some of them: saline-solsola pestifer Nels; garden butterfly-portulaca oleraceal; leafless killer-anabasis solsa (C. A May) Beuth ex Volkens; willow, water reed-Rudmace cots tail Typha L.; gavan-barkhausia rhoeadifolia Bub; unnuca-diacece Less-Chenopodium ollum; lamb-sow the SonchusL.Ocom; clover-; wormwood Artemisia L.; invitation-Alhagi camelorum and others. It grows 1–1.5 m in the area. Research work was carried out in the reclaimed area of SOCAR Bibi-Heybat OGEİ.

Samples were taken to determine the total number of microorganisms in every 10 cm of soil to a depth of 0–30 cm, and soil samples were taken and analyzed to study the amount of organic matter and the physical and chemical properties of the soil, depending on the degree of contamination. The cut area is 3.2 hectares. The morphogenetic profile of the placed sections is given.

The increase in the world's population and the consequent rapid development of industry and agriculture, as well as the negative impact of human activities on the environment, can be considered one of the most difficult global problems of our time. Thus, people are constantly using nature and natural resources for their lives and activities. As a result of this activity, they have a negative anthropogenic impact on the environment.

This worsens the environment, reduces the activity of biogeocenoses, renews fertile soil, and requires significant labor and material resources to improve it. Currently, oil and oil products are the main toxic substances in the soil, which have a negative impact on fauna and flora.

Increasing control over the use of land resources in the Republic of Azerbaijan, restoration, increase, protection of natural fertility of lands that lost their fer-

tility and degraded lands during the period of social economy, etc. Many such issues have been studied in depth and comprehensively for the first time [1].

Due to the increase in oil and gas production in Azerbaijan, environmental problems are more prominent, and the solution of these problems is a priority, especially in the Absheron Peninsula, because the Absheron Peninsula (especially the territories of oil and gas departments) is one of the most ecologically tense regions of the country.

Oil pollution has a profound effect on natural components, changing the components of the landscape. In this case, along with the change of land cover, flora and fauna, it leads to a complete change in the morphological layers of the landscape, desertification of large areas. This, in turn, is a system of measures aimed at restoring the landscape, creating a fertile soil layer, increasing productivity, and protecting nature, taking into account all the requirements of society. One of the main components of landscape optimization is the reclamation of oil-contaminated lands.

Experience has shown that agro-hydro and bio-ameliorative measures (phytomelioration-planting of perennial grasses, phytoremediation-oil-oxidizing microorganisms and reduction of pollution with oil-tolerant plants) should be added to the processes of cleaning, rehabilitation, rehabilitation and return of oil-contaminated soils. mechanical reclamation (area cleared of oil sludge, oil-contaminated soils and wastewater, the depressions formed are smoothed with a pin, and then covered with a certain level of imported soil) and biological remediation (soil is softened by mixing, organic and inorganic fertilizers, emulsifiers, enzymes). Is added, straw is sprinkled, then the area is irrigated, trees and shrubs are planted in accordance with the season and climatic conditions of Absheron, permanent care is carried out) stages are expedient. It should be noted that while 25 % of trees are allowed to grow on lands where no trees have ever been planted, 70 % of trees planted in Bibi-Heybat zone are likely to turn green, and therefore about 80,000 trees have been planted in a short time in Bibi-Heybat cleared area.

People need to take active and purposeful measures to create a new productive and sustainable natural complex that will meet human needs in a relatively short period of time in areas degraded by the oil industry. In this case, an urgent problem is raised, such as land reclamation. Land reclamation is a relatively new direction in practice, especially in theory. Recently, practical steps have been taken in our country to clean the lands from oil products. In the Absheron Peninsula, where there is a lack of productive lands for agriculture and farming, the reclamation of lands contaminated with large oil products for many years is of great economic importance today.

The area of oil-contaminated lands in Absheron is 11 % of the peninsula's territory. The depth of the layer contaminated with oil and oil products reaches 2,0–2,5 meters. The amount of oil products in the soil is up to 26 % [2].

One of the key issues is to study the biological activity of lands contaminated by the oil industry after recultivation of oil-contaminated lands in the Bibi-Heybat OGEİ in order to restore the productivity of lands contaminated by the

oil industry and return them to use for various agricultural crops. The biological activity of soils is mainly biological activity. Although the fertility of soils contaminated with oil and its products depends on its physical and chemical properties, the role of widespread microorganisms is undeniable, because microorganisms play a role in soil structure and biochemical processes. active participation leads to its revival. Microorganisms are an integral part of the soil.

Although microorganisms are subject to quantitative and qualitative variability in unfavorable environmental conditions, they are not completely destroyed. However, this process is very long and takes hundreds of years [3].

The complete mineralization of oil in the soil by natural microorganisms, its decomposition into carbon dioxide and water is a biochemical process. Thus, microorganisms that break down hydrocarbons are considered permanent components of soil biocenoses and are used as a catalyst in the recovery of oil-contaminated soils. Cleaning of oil-contaminated soils can be carried out by microorganisms in two ways: I-increase the metabolic activity of natural microflora by affecting the physical and chemical properties of the soil; II-transfer of active oil-oxidizing microorganisms from natural microflora to oil-contaminated soils [4].

A number of activities have been carried out to determine the biological activity in the reclaimed areas of Bibi-Heybat OGEI. First, the names of the natural cenoses and their species were identified among the tree trunks. Here are some of them: salty-solsola pesticide Nels; garden butterfly-portulaca oleraceal; leafless killer-anabasis solsa (C. A May) Beuth ex Volkens; willow, water reed-Rudmace cots tail Typha L.; gavan-barkhausia rhoeadifolia Bub; unnuca-diacece Less-Chenopodium ollum; lamb-sow this the SonchusL.Ocom; clover-; wormwood Artemisia L.; invitation-Alhagi camelorum and others. It grows 1-1,5 m in the area. Research work was carried out in the reclaimed area of SOCAR Bibi-Heybat OGEI. Samples were taken to determine the total number of microorganisms in every 10 cm of soil to a depth of 0–30 cm, as well as the amount of organic matter depending on the degree of contamination and soil samples were taken and analyzed in order to study the physical and chemical properties of the soil. . The cut area is 3.2 hectares. The morphogenetic profile of the placed sections is given.

We give a morphogenetic description of the section. Section 1 is located on a smooth terrain near the road to the AZFen plant to the right of the checkpoint when it enters the oil field from the east of the site. The plant is buried in sparse wormwood, ephemerals, dahlias, sam and olive trees in the field.

Sector 9. Section 1. 0–20 cm layer light gray, granulometric composition lightly clayey, unstructured, firm, root, rhizomes, gradual transition, dry, very heavy boiling. 20–38cm – light clayey, soil structure, light yellowish, hard , weak eyes, small stones, roots, moist, clear transition, severe boiling. 38–75 cm –sandy, dark yellow, unstructured, hard, smooth, single shell, transition gradually, medium boiling. 75–120 cm – the top layer is the same. Section 2. 0–16 cm – granulometric composition lightly clayey, color light gray, unstructured, hard, dense root, rhizomes, small smooth stones shell, (small and

large), clear transition very severe. 16–45 cm – lightly clayey, (bottom part sandy), color light gray, unstructured, hard, white kip eyes, weak roots, wet, clear transition, severe boiling. 45–90 cm – sandy, light gray-brown, unstructured, hard, shell, clear transition, severe boiling. 90–110 cm – sandy, sandy, gray-brown, unstructured, grayish, moist, small stones, clear transition, severe boiling. Section 3. 0–30 cm – granulometric composition is clayey, color gray-brown, unstructured, fine-grained, firm, root, rhizomes, dry, very small stones, gradual transition, boiling point (10 % HCl) is severe. 30–64 cm – clayey, light gray-brown, unstructured, hard, weak roots, small stones, shell, sparse very weak eyes, weakly moist, gradual transition, severe boiling. 64–95 cm – light clayey, light gray-brown, unstructured, soft, weak eyes, small roots, moist, medium boiling. 95–125 cm – sandy, light gray, unstructured, soft, moist, gradual transition, weak boiling.

The granulometric composition of contaminated soils in the territory of Bibi-Heybat OGEI. The amount of physical clay in section 1 (< 0.01) is between 8,20–12,60 % and varies in the soil profile. The analysis shows that this section is sandy soils. The granulometric composition of the soil in section 2 is considered to be sandy soils according to the amount of physical clay. Here the amount of particles varies between 9,40–15,40 %. In section 3, the granulometric composition of the soil in the top layer of 0–30 cm is 26,72 % clayey layer. However, the granulometric composition of the soil towards the lower layers is sandy and loamy.

The amount of humus in the territory of Bibi-Heybat OGEI varies along the profile ie decreases. The amount of humus is 1,21–1,16 % in the upper layer and 0,82–0,60 % in 20–30 cm in the lower layers.

Salinity of 3 % contaminated soils was determined in the established vegetation experiment.

As can be seen, the dry residue in clayey soils is between 1,100 % and 1,560 %, and in sandy soils, 0,6 cm in the upper layer and 2,623 % in the lower layers, gradually decreasing to 1.168 %. The salt content is sulphate-chloride-calcium. Compared to previous years, the amount of salts in these soils has increased.

The organic content of the soil is mainly humus. Humus is the main factor that ensures soil fertility and nitrogen nutrition of plants. In addition, it is important to determine the humus in the agronomic assessment of the soil. The soils of the study area are low in humus. The amount of humus in the upper layer is 1,46–1,16 %, gradually decreasing by 20–30 cm in the lower layers and is 0,64–0,60 %.

It is known that the role of microbiocinoses and bacteria in the restoration of soils contaminated with oil products is great. It is based on microorganisms that break down oil. Due to the poor supply of nutrients to the soils of the Absheron Peninsula, it is especially noticeable that these soils are poorly supplied with microorganisms. In our research, we also determined the total number of microorganisms in the reclaimed lands in the territory of Bibi-Heybat OGEI. While the total number of microorganisms in these soils is 1922.32–1895.98 thousand / g in the upper layer, the total number of microorganisms decreases sharply as the

amount of humus decreases to the lower layers, and their number in 1 gram of soil fluctuates between 1790.60–813.26 thousand. The number of microorganisms in this area depends mainly on the amount of humus in the soil.

According to P. A. Samadov's research, the number of microorganisms in oil-contaminated soils varies in different parts of the Absheron Peninsula. This figure depends on the vegetation, the type of cultural and natural cenoses. P. A. Samadov notes that the total number of microorganisms in 10,6–13,0 % oil pollution of the soil decreases by 2835 thousand/g compared to unpolluted soil and falls to 500 thousand/gr. In higher soil contamination, the total number of microorganisms decreases to 425–300 thousand/g [5].

During the research, the names of natural cenoses growing in sections on the reclaimed soil were determined and the total amount of green mass per 1 m² per plant was determined separately and comparatively.

As can be seen from the table, the green mass of plants per 1 m² area around the first section is 708,15 g (7,08 %) of saline, 315,78 g of garden mulch. (3.15 %), licorice 620.22 grams (6.20 %), horse feed 900 grams (9.0 %), wormwood 1112 grams (11,12 %), invitations 1350 grams (13,50 %), unnuca 582 g (5,82 %), while in the other section 7 in the area of 1 m² the above-mentioned plants are relatively minor. In general, natural cenoses are 55,88 % of the green mass per 1 m² area around the first section, relatively 66,40 % in the third section, and very little 36,34 % in the other section.

References

1. Ismailov, N. M. Cleaning of oil-contaminated soils and drilling cuttings / N. M. Ismailov. – Baku: Science, 2007. – 166 p.
2. Mirzayev, A. B. Environmental problems of oil fields in the Absheron Peninsula and the Azerbaijani sector of the Caspian Sea and ways to overcome them / A. B. Mirzayev, E. B. Shikhaliyev. – Elm, 2012. – 368 p.
3. Mammadov, Q. Sh. Socio-economic and ecological bases of efficient use of land resources in Azerbaijan / Q. Sh. Mammadov. – Baku: Science, 2007. – 854 p.
4. Российская академия естественных наук [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.hmro-raen.ru>.
5. Samedov, P. A. Biological characteristics of man-made contaminants / P. A. Samedov [et al.]. – Baku: Science, 2011. – 104 p.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДА ВОЛОГДЫ

С. М. Хамитова¹, Е. И. Федченко¹, Л. М. Воропай², А. С. Пестовский¹

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии,
п. Большие Вяземы, Россия*

² *Вологодский государственный университет,
г. Вологда, Россия*

Город Вологда расположен на севере европейской части России в юго-западном углу Сухонской впадины. Город расположен на обоих берегах реки Вологды [1]. Территория города расположена на почвах дерново-среднеподзолистых, дерново-подзолистых окультуренных, болотных и пойменных дерновых. Такие почвы отличаются малым содержанием гумуса и, следовательно, невысоким плодородием. Поэтому важно исследовать химический состав почв, в том числе и рекреационных территорий, таких как парки и скверы города, так как они являются местом отдыха горожан и на их территории находятся значительная часть зеленых насаждений.

На территории города Вологды заложен несколько десятков скверов, все они рассредоточены в разных местах города и имеют разную площадь. На содержание химических элементов в почве может влиять географическое положение сквера.

Цель – анализ химического состава почв скверов города Вологды.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Определить химический состав и индекс гумусообразования почв скверов города Вологды.

2. Сравнить полученные данные по скверам города Вологды.

Объектом исследования являются почвы скверов города Вологды. Для изучения химического состава почв были отобраны почвы сквера на Проспекте Победы и сквера у памятника 800-летия Вологды.

Сквер на Проспекте Победы. От площади Свободы начинается проспект Победы. На проспекте Победы в 1958 году был заложен сквер, при строительстве памятника В. И. Ленину. Были посажены ели колючие и голубые, устроены цветники. Сквер занимает территорию площадью в 0,2 гектара и является одной из достопримечательностей города Вологда. В советский период были проведены серьезные работы по реконструкции и озеленению сквера. Такая работа ведется и сегодня. Активное участие в ней принимают жители города. Ежегодно в сквере появляются новые саженцы деревьев, поэтому сквер кажется молодым и ухоженным. Сквер на Проспекте Победы находится в центре города Вологды и окружен со всех сторон дорогами, движение автотранспорта значительное,

что способствует дополнительному антропогенному загрязнению воздуха и почв сквера.

Сквер у памятника 800-летию Вологды. Памятник 800-летию Вологды располагается на набережной реки Вологды в самой древней части нашего города. В 1959 году был воздвигнут обелиск в честь 800-летия Вологды с барельефами, отображающими основные вехи истории города. В июле 1965 года после завершения космического полета космонавты П. И. Беляев и А. А. Леонов побывали в Вологде и посадили возле памятника 800-летию молодые дубки. Сквер находится вдали от автотранспортных магистралей, поэтому значительного антропогенного воздействия на почву не оказывается.

При выполнении работы использовали следующие физико-химические методы анализа: титриметрический, гравиметрический (Лабораторные весы Госметр ВЛТЭ-410), потенциометрический (Иономер универсальный ЭВ-74), флуориметрический (Флюорат-02-2М) и фотометрические (Фотометр КФК-3-01-«ЗОМЗ», Спектрофотометр ПЭ-5400В) методы.

При определении содержания гумуса в почвах образцы подвергались термической обработке при температуре 800 °С. При этой температуре происходят процессы разложения органических соединений, окисления неорганических примесей. Содержание органических фракций определяли по разнице масс почвы до сжигания и зольного остатка. Отбирали навески почвы массой 10 г и помещали в тигли, после прокаливания зольный остаток взвешивали. Индекс гумусообразования рассчитывали по формуле 1:

$$I = \frac{m_{\text{аоі}}}{m_{\text{п±}}}, \quad (1)$$

где I – индекс гумусообразования;

$m_{\text{гум}}$ – масса гумуса, г;

$m_{\text{поч}}$ – масса почвы, до сжигания, г.

Для приготовления водных вытяжек из почвы отбирали 100 г почвы и помещали в стаканы, дистиллированную воду подогрели до температуры 50–60°С и наливали в стаканы с почвой, смесь тщательно перемешивали и оставляли на 30 минут для перехода водорастворимых соединений в вытяжку. Затем растворы фильтровали через «Фильтры обеззоленные ТУ 6-09-1678-72». Далее определяли значение рН, содержание кальция, магния, хлорид-, карбонат-, гидрокарбонат-, нитрит-ионов, содержание катионов аммония, алюминия, марганца, железа, ртути и свинца.

В городе Вологде, в основном, преобладают дерново-подзолистые, суглинистые типы почв с кислотностью более 5,5 [2, 3]. Химический состав почв скверов города Вологды представлен в таблице.

Химический состав почв скверов города Вологды

Показатели	Сквер на Проспекте Победы	Сквер у памятника 800-летия Вологды
pH	6,5	6,1
Ca ⁺² , мг/экв	0,552	0,727
Mg ⁺² , мг/экв	0,252	0,144
Cl ⁻ мг/кг	116,7	97,8
CO ₃ ⁻ , мг/кг	2,32	1,84
HCO ₃ ⁻ , мг/кг	3971,8	4171,5
NO ₃ ⁻ , мг/кг	74,1	47,92
NH ₄ ⁺ , мг/кг	10,12	19,17
Al ⁺³ , мг/кг	1,96	1,47
Fe ⁺³ , мг/кг	2,31	2,56
Mn ⁺² мг/кг	0,32	0,11
Hg ⁺² , мг/кг	0,007	0
Pb ⁺² , мг/кг	0,18	0,05
Индекс гумусообразования	0,037	0,045

Содержание карбонатов, нитритов и алюминия выше в почвах сквера на Проспекте Победы, гидрокарбонатов и катионов аммония - в почвах сквера у памятника 800-летия Вологды. Содержание тяжелых металлов не превышает ПДК. Однако почвы сквера на Проспекте Победы больше загрязнены тяжелыми металлами чем, почвы сквера у памятника 800-летия Вологды. Индекс гумусообразования выше в почвах сквера у памятника 800-летия Вологды.

Список литературы

1. Вологда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Вологда>.
2. Иванова, М. А. Оценка загрязненности почв и распространенности пороков древесины в насаждениях на урбанизированных территориях / М. А. Иванова, Е. И. Федченко, С. М. Хамитова // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2020. – № 2(234). – С. 94–99.
3. Самофалова, И. А. Химический состав почв и почвообразующих пород [Текст]: учебное пособие / И. А. Самофалова, М-во с.-х. РФ, ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА». – Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2009. – 132 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЕСТИЦИДОВ В ЗЕРНОВЫХ СЕВООБОРОТАХ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

С. В. Хлюпина

*Курский федеральный аграрный научный центр,
г. Курск, Россия*

Одним из способов повышения урожайности зерновых культур является применение адаптивных севооборотов, основанных на эффективном использовании агроклиматических условий при возделывании культуры, что обеспечивает увеличение ее урожайности и качества зерна [1]. Термин севооборот подразумевает под собой научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур и пара по полям и во времени [2].

Для зерновых культур применимы следующие виды севооборотов:

- простые севообороты с многолетними культурами;
- составные севообороты;
- сложные севообороты;
- двухлетние севообороты;
- частичные двухлетние севообороты [3].

В то же время сформировавшаяся в настоящее время ситуация с засорённостью посевов не может быть разрешена лишь севооборотом и другими агротехническими приёмами. В связи с этим, в дополнение к приёмам агротехники используют химические средства защиты растений (гербициды), которые облегчают борьбу с сорняками и позволяют сохранить урожай сельскохозяйственных культур.

Поэтому классическое определение севооборота, как научно обоснованное чередование сельскохозяйственных культур (и пара) по полям и во времени, изжило себя. В соответствии с принципом углубленной адаптации нами предложен новый методологический подход на базе откорректированного определения севооборота как научно обоснованного чередования сельскохозяйственных культур (и пара) по полям и во времени, обеспеченных химическими средствами защиты растений от сорняков. Руководствуясь данным определением, углубленную адаптацию севооборотов следует проводить в неразрывной связи с системой защиты сельскохозяйственных культур от сорняков.

Современное ведение растениеводческого хозяйства предполагает не только правильное проектирование севооборота, но и изучение возделывания культур с учётом возможных противоречий между плодосменом и применяемыми средствами защиты растений как негативного, так и положительного продолжительного последствия [1].

Исследования проводили в многофакторном полевом опыте научно-производственного подразделения № 2 ФГБНУ «Курский ФАНЦ» в 2018–2020 гг. на трех видах севооборотов:

1) зернопаропропашном (ЗПП): чистый пар – озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – кукуруза (*Zéa máys*) на зелёный корм – яровой ячмень (*Hordeum vulgare*);

2) зернотравянопропашном (ЗТП): многолетние травы 1-го года пользования (*Onobrychis arenária*) – озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – кукуруза (*Zéa máys*) на зелёный корм – яровой ячмень (*Hordeum vulgare*) + многолетние травы (*Onobrychis arenária*);

3) зернотравяном (ЗТ): многолетние травы 1-го года пользования (*Onobrychis arenária*) – многолетние травы 2-го года пользования (*Onobrychis arenária*) – озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – яровой ячмень (*Hordeum vulgare*) + многолетние травы (*Onobrychis arenária*).

В качестве многолетних трав возделывали эспарцет песчаный (*Onobrychis arenária*).

Повторность опыта 2-кратная, размещение вариантов – рандомизированное методом расщепленных делянок. Площадь делянок в севооборотах – 100 м².

Почва опытного участка – чернозём типичный, среднемощный, тяжёлосуглинистый, подстилаемый палевым средним лёссовидным суглинком.

Географическое положение: Курская область, северная часть Медвенского района, с. Панино [2].

В 2018 году в ЗПП и ЗТП выращивали яровой ячмень. На его посевах во второй декаде мая проводилась обработка гербицидом Ланцелот против однолетних и многолетних двудольных сорняков, включая подмаренник цепкий, виды осота, бодяк и горчак ползучий.

В состав гербицида входят два действующих вещества из разных химических классов. Аминопиралид – вещество является заменителем естественных гормонов роста, из-за чего у чувствительных к нему растений происходит замедление процесса клеточного деления. Проведенные опыты с применением изотопа углерода ¹⁴C продемонстрировали способность препарата распространяться по всей корневой системе сорняка, что полезно в борьбе с многолетними сорными растениями, обладающими мощными корнями (осот желтый, бодяк полевой). Флорасулам обладает системным действием, в растения проникает через листья и корни, не попадая в зерно. Механизм действия заключается в ингибировании ацетолактатсинтазы, которая является ключевым ферментом в образовании валина, изолейцина и лейцина.

После применения данного гербицида в качестве последующих культур севооборота можно выращивать: через 1 месяц – зерновые, кукурузу, сорго; осенью этого же года – озимые зерновые, озимый рапс, злаковые травы; весной следующего года – яровые зерновые, яровой рапс, кукурузу, сорго; через 11 месяцев при выпадения 300 мм осадков в виде дождя – подсолнечник, картофель, люцерну, лук, сахарную свеклу, лен-долгунец, капусту; через 14 месяцев – чечевицу, нут (турецкий горох), сою, кормовые бобы, горох, морковь (табл.).

**Проводимые пестицидные обработки культур в изучаемых севооборотах
(2018–2020 гг)**

Культура, севооборот	Пестицид, норма расхода	Действующее вещество	Оказываемое последствие (согласно Списку пестицидов и агрохимикатов [5])
2018 год			
Яровой ячмень (ЗПП, ЗТП)	Ланцелот, 30 г/га	Аминопирамид + флорасулам	При необходимости пересева в сезон применения препарата, на том же поле можно выращивать кукурузу, сорго, яровые зерновые и злаковые травы через 1 месяц после внесения препарата, при этом перед посевом необходимо провести глубокую вспашку.
2020 год			
Озимая пшеница (ЗПП, ЗТП, ЗТ)	Прима 0,5 л/га	2,4-Д (сложный 2-этилгексилловый эфир) + флорасулам	Нет
	Аксиал 1,0 л/га	Пиноксаден + антидотклоквинтосет-мексил	Нет
	Абакус 1,5 л/га	Пиракlostребин + эпоксиназол	Нет

По итогам вегетации 2018 года более засоренным показал себя ЗТП севооборот, число сорных растений в нем на 1,14 раза выше в сравнении с ЗПП как до гербицидной обработки, так и после нее.

В ротации 2019 года в ЗПП поле паровало, в ЗТП были высеяны многолетние травы, в ЗТ – многолетние травы 2 года пользования. Развитие трав проходило равномерно, без выпадения из посевов культурных растений на фоне низкой засоренности.

В 2020 году во всех изучаемых севооборотах возделывалась озимая пшеница [4]. На ее посевах применяли следующие средства защиты растений: Прима – двухкомпонентный гербицид системного действия против широкого спектра двудольных сорняков на посевах пшеницы, ячменя, ржи и кукурузы. В его состав входят два действующих вещества: 2,4 Д (2-этилгексилловый эфир) и флорасулам. Первый тормозит процесс фотосинтеза сорных растений, происходит гидролитический распад белков, инулина и крахмала, резко снижается поступление в растение калия, фосфора и азота, водный обмен нарушается, теряется состояние тургора, растение увядает. Второй компонент – флорастулам, обладающий системным действием. В растения проходит через листья и корни, не проникая в зерно. Механизм действия заключается в ингибировании

ацетолактатсинтазы, которая является ключевым ферментом в образовании валина, изолейцина и лейцина.

В баковой смеси с Примой производили обработку Аксималом, это селективный, послевсходовый гербицид избирательного действия для защиты зерновых культур от злаковых сорняков. Его высокая эффективность обусловлена наличием действующего вещества и антидота. Так, пиноксаден ингибирует ацетил-КоА-карбоксилазу. В растение проникает через листья, транспортируется акропетально и базипетально.

Клоквинтосет-мексил (антидот) ускоряет процесс специфической детоксикации действующего вещества в растениях пшеницы, преобразуя его в нейтральные метаболиты, которые не оказывают отрицательного действия на культуру.

Данный гербицил относительно недавно включен в список разрешенных препаратов [5]. Это граминицид нового поколения фирмы «Сингента», который в наших исследованиях показал очень высокую биологическую эффективность, как против овсяга, так и против просовидных сорняков (90-100%). В ходе наших исследований отмечено, что Аксиал обладает пролонгированным действием (почвенный экран) в период вегетации, тем самым предотвращая повторное нарастание злаковых сорняков практически на протяжении всей вегетации растений (рис.).



а)



б)

Рис. Посевы озимой пшеницы: а) до обработки гербицидами; б) после обработки гербицидами

Также на посевах озимой пшеницы была проведена обработка фунгицидом Абакус против широкого спектра заболеваний. Это двухкомпонентный препарат, один из которых – пиракlostробин ингибирует дыхание патогена, сосредотачивается на поверхности листа, затем постепенно перераспределяется во внутренние ткани. Второй компонент – эпоксиназол, обладающий широким спектром фунгицидного действия против комплекса заболеваний вегетативных органов злаковых культур, характеризуется быстрым началом продолжительного действия

(от 3 до 6 недель). Помимо этого, фунгицид обладает AgCelence-эффектом, т. е. защищает урожай от неблагоприятных факторов окружающей среды на всех фазах вегетации культуры.

Применение средств защиты растений в 2020 году дало свой положительный эффект. Доля сорных растений к уборке озимой пшеницы уменьшилась от 1,7 до 1,2 раза в ЗПП и ЗТ севооборотах соответственно. Показатели по засоренности в ЗТП имели промежуточные значения.

Таким образом, научно обоснованный подход к применению пестицидов во всех изученных нами севооборотах позволил как защитить зерновые культуры от сорных растений, так и обеспечить широкое продолжительное положительное последствием, сохранившиеся на протяжении всей ротации их возделывания.

Список литературы

1. Гуреев, И. И. Углубленная адаптация технологий производства зерновых культур в Центрально-Черноземном регионе / И. И. Гуреев, Л. Б. Нитченко, И. А. Прущик. – Курск: ФГБНУ «Курский ФАНЦ», 2021. – 238 с.

2. Хлюпина, С. В. Севооборот культур как элемент адаптивного земледелия // Рациональное землепользование, оптимизация земледелия и растениеводства: сб. докладов Междунар. науч.-практ. конф. посвященной 80-летию со дня рождения академика РАСХН А. П. Щербакова (28–30 сентября 2021 г.). – Курск: ФГБНУ «Курский-ФАНЦ», 2021. – С. 251–253.

3. Методика оптимизации севооборотов и структуры использования пашни. – Москва: Изд-во Россельхозакадемии, 2004 – 76 с.

4. Prushchik, I. Effectiveness of winter wheat cultivation in adaptive crop rotation on chernozem typical / Ivan Prushchik and Svetlana Khlupina // III International Scientific and Practical Conference «Problems and Prospects of Scientific and Innovative Support of the Agro-Industrial Complex of the Regions» BIO Web Conf. – 2021. – № 32 (2021). 01007 – DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213201007>.

5. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории Российской Федерации. Ч. 1. Пестициды. – М., 2021. – 816 с.

ПОЧВЫ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

Д. М. Хомяков

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

Введение. Устойчивое развитие и связанное с этим корпоративное управление и поведение на рынке, основанное на принципах ESG (Environmental, Social and Governance) – экология, социальная ответственность, руководство – становятся общепринятыми стандартами.

Почвы – основа получения первичной продукции АПК, функционирования не только продовольственных, но всех наземных экосистем определенного пространственного уровня. Они потенциальный источник секвестрации углерода и азота, входящих в состав парниковых газов. В России за период с 1990 года площадь земель сельскохозяйственного назначения уменьшилась с 638 млн га до 383 млн га, а площадь пашни – со 132 млн га до 116 млн га. За 30 лет переведены в лесной фонд 231 млн га земель сельскохозяйственного назначения.

При этом площадь посевов – около 81 млн га, а паров – до 12 млн га [1–3]. О почвах и их характеристиках на участках земель сельскохозяйственного назначения, которые используются в агропроизводстве или являются резервом для его расширения, нет адекватной и полной информации.

На наш взгляд, агроэкологию можно определить как отрасль экологии, изучающую взаимодействие человека с окружающей средой в процессе ведения сельского хозяйства и обеспечения продовольственной безопасности. Основной объект исследований – экосистемы, функционирование которых поддерживается агрономическими мероприятиями. Цель исследований – прогнозирование экологических последствий применения различных видов, способов и технологий агропроизводства для природно-территориальных комплексов различного уровня и для биосферы в целом.

Результаты и обсуждение. Федеральным законом от 30.12.2021 г. № 475-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», внесены изменения в Федеральный закон от 16.07.1998 г. № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения», направленные на развитие государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и создание нового информационного ресурса.

Считается, что будет создан инструмент, позволяющий осуществлять управление землями, в том числе обеспечивающий оперативное получение актуальных и достоверных сведений о них, а также пригодности земельных участков в составе таких земель для сельскохозяйственного производства.

Государственный мониторинг земель подразделяется на мониторинг использования земель и земельных участков в соответствии с их целевым назначением, а также мониторинг состояния земель. В его рамках осуществляются наблюдение за изменением количественных и качественных характеристик земель, в том числе с учетом данных результатов наблюдений за состоянием почв, их загрязнением, захламливанием отходами производства и потребления, деградацией, нарушением земель, оценка и прогнозирование изменений состояния земель. Выявляются количественные характеристики изменения площадей земель и земельных участков различных категорий, а также видов разрешенного использования.

Оценка состояния земель выполняется путем анализа ряда последовательных (периодических, оперативных) наблюдений, направленности и интенсивности изменений и сравнения полученных показателей со значениями базового наблюдения. Здесь возникает вопрос о наблюдаемых параметрах и показателях: насколько адекватно и полно они позволяют оценить состояние почв?

Проблема в том, что в данный момент в российском правовом поле отсутствует полноценное, научно обоснованное и легальное (юридически значимое), общеправовое, точное, однозначное, дефинированное, устойчивое, неконтекстное определение почвы и ее плодородия как фундаментального уникального свойства.

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

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

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

Напомним, что согласно преамбуле Закона РФ от 21.02.1992 г. № 2395-1 «О недрах» «Недра являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии - ниже земной поверхности и дна водоемов, и водотоков, простирающейся до глубин, доступных для геологического изучения и освоения».

Тематические карты состояния и использования земель, материалы почвенных, геоботанических и других обследований и изысканий, оценки качества, инвентаризации земель, полученные в ходе мониторинга, хранятся в государственном фонде данных, полученных в результате проведения землеустройства, в порядке, установленном в соответствии со статьей 24

Федерального закона от 18.06.2001 г. № 78-ФЗ «О землеустройстве». Сейчас готовится его новая редакция, а также нужны алгоритмы (механизмы) его реализации и создание условий эффективного их применения.

Для сельскохозяйственного производства должна производиться классификация и группировка именно почв, а не земель. Плодородие – свойство, присущее только почвам. Это требует принципиально новой методологии и наборов методик исследования, основанных на получении, накоплении, проверке и алгоритмах использования массивов цифровых геопространственных данных о состоянии почвенного покрова. Именно почвы, их характеристики и плодородие должны быть в числе обязательных критериев эффективности осуществления всех мероприятий по землеустройству на землях сельскохозяйственного назначения.

Почвенная съемка и почвенное картографирование – это отдельный вид исследований, который в современной России в масштабе страны не проводился, в отличие от РСФСР.

До конца прошлого века среднемасштабные почвенные карты создавались путем генерализации данных крупномасштабной почвенной съемки, которой в советский период были покрыты практически все участки сельскохозяйственных земель. Сейчас создание крупномасштабных почвенных карт таким методом невозможно вследствие трудоемкости и высокой стоимости полевых исследований. Развитие ГИС-технологий и цифровой картографии, разнообразие материалов дистанционного зондирования подстилающей поверхности открыли возможности для создания среднемасштабных карт нового поколения. На цифровых почвенных картах среднего масштаба сложно отображать мелкоконтурный почвенный покров и антропогенно-измененные почвы. Их качество определяется методологией создания, объемом и качеством информации о факторах почвообразования и наличии материалов полевых исследований почвенного покрова. Для целей цифрового земледелия нужны крупномасштабные почвенные карты хозяйств, сопряженные с землеустроительной документацией.

Отметим, что в задачи агроэкология входит разработка концепции оценки, совершенствования и развития аграрной деятельности человека, основанной на ESG принципах, а так же создание системы агроэкологического мониторинга, обеспечивающей наблюдение, получение адекватной информации и прогнозирование изменений состояния компонентов окружающей среды (в том числе почв и объектов гидросферы), вовлеченных в сферу сельскохозяйственного производства.

С позиций агроэкологии «климатически нейтральное» и «регенеративное» сельское хозяйство базируется на экологически обоснованной ландшафтной адаптации системы земледелия, где используется полноценный севооборот. Предполагается следующее: 1) обязательное обеспечение воспроизводства плодородия почв, желательно расширенное, достигающиеся за счет технологий, включающих оценку и корректировку расходных и приходных статей баланса элементов минерального питания растений в агроценозах; 2) сокращение числа стадий, этапов или техно-

логических операций полного цикла получения удобрений (агрохимикатов) и товарной продукции растениеводства; 3) максимально возможное использование ресурсов органического вещества, включая продукцию (вторичные ресурсы) животноводства, солому, ботву и сидераты; 4) не допущение снижения запасов гумуса в пахотных почвах (декарбонизации); 5) исключение их деградация и всех видов эрозии; 6) отсутствие неконтролируемого обращения и поступления углерод-, фосфор- и азот-содержащих соединений в окружающую среду.

Следовательно, особое значение имеет территориальное и внутрихозяйственное землеустройство. Оно может быть определено, как комплекс мероприятий по изучению состояния почв, планированию и организации рационального их использования и охраны, описанию местоположения и (или) установлению на местности границ объектов землеустройства, организации рационального (по разработанному, согласованному и утвержденному проекту) использования гражданами и юридическими лицами земельных участков для осуществления сельскохозяйственного производства.

Для сельских территорий нет требований по обязательному проведению землеустройства на всех площадях, где ведется (или временно не ведется) агропроизводство. В имеющихся схемах территориального планирования муниципальных районов, генеральных планах поселений и городских округов, земли сельскохозяйственного назначения представлены единым массивом. Для них отсутствует собственное зонирование и соответствующие правила землепользования. Большие площади земель, в том числе, сельскохозяйственного назначения, в нашей стране не разграничены [2].

Федеральной службой государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) руководит непосредственно Правительство РФ (Указ Президента РФ от 21.01.2020 г. № 21 «О структуре федеральных органов исполнительной власти»). Росреестр не имеет функций управления земельными и почвенными ресурсами и не несет ответственность за их не рациональное использование.

По состоянию на 1 июля 2021 г. в Единый государственный реестр недвижимости внесены сведения о 43,1 % участков границ между субъектами Российской Федерации, 39,2 % границ населенных пунктов, 76,2 % границ муниципальных образований субъектов Российской Федерации, а также о 26,1 % границ территориальных зон.

Таким образом, более 23 млн земельных участков не имеют установленных границ, что сопровождается большим количеством споров, в отношении 48,3 млн объектов недвижимости отсутствуют сведения о правообладателе. Низкие темпы сбора и актуализации пространственных данных, отсутствие единой технологической базы свидетельствуют о том, что наполнение единой электронной картографической основы составляет 30 % в территории страны. Мониторинг и сопровождение государственной кадастровой оценки осуществляются преимущественно в ручном режиме.

Выводы:

1. Земля – понятие территориально-обобщенное. В состав одного участка (или одного земельного угодья), объекта, имеющего свою топографию и пространственные характеристики, включаются почвы с различными свойствами и режимами. С позиций агроэкологии на основании данных о земле, а не о почвах, невозможно проектировать и создавать природоохранные системы землепользования и мелиорации, а также адаптивно-ландшафтные системы земледелия. Эффективны и безопасны они будут только в случае учета строения почвенного покрова территорий и его неоднородности.

2. В российское право следует ввести полноценное, научно обоснованное и легальное (юридически значимое), общеправовое, точное, однозначное, дефинированное, устоявшееся, неконтекстное определение почвы и ее плодородия как фундаментального уникального свойства. Действующие информационные системы для оценки и мониторинга состояния и использования почвенных ресурсов страны еще предстоит создать.

3. В статье 7 Федерального закона от 29.12.2006 г. № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства» указано, что государственная поддержка развития сельского хозяйства, устойчивого развития сельских территорий, осуществляется, в том числе (пункт 8), обеспечением мероприятий по повышению плодородия почв. Очевидно, что пока данное положения не реализуется в полном объеме.

4. Почвенные ресурсы – это активы, постоянно растущие в цене. Сложившееся правовое регулирование не дает представления об их месте в реализации земельной политики, развитии АПК, организации землепользования основанного на ESG принципах. В настоящее время отсутствуют государственные документы, определяющие, сколько, каких и где расположенных пахотных почв и сельскохозяйственных угодий нужно России для реализации положений доктрины национальной и продовольственной безопасности, а также обеспечения растущего экспорта сельскохозяйственной продукции.

Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова «Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды».

Список литературы

1. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2018 году. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 340 с.
2. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2019 году. – М.: Росреестр, 2020. – 206 с.
3. Сельское хозяйство в России. 2021: статистический сборник. – М.: Росстат, 2021. – 100 с.

МОНИТОРИНГ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ РАЗНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ВНИЗ ПО ПРОФИЛЮ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КУРИНОГО ПОМЁТА

М. В. Царёва

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

Органические удобрения являются основой плодородия почв, так как оказывают большое влияние на структуру почвы, служат своеобразным резервом необходимых растениям питательных веществ, а также источником энергии для многих полезных микроорганизмов.

Куриный помёт является ценным органическим удобрением с высоким содержанием основных элементов питания азота, фосфора и калия, они повышают ферментативную активность, дыхание и потенциальную азотфиксирующую способность почвы. В золе птичьего помёта около 30 микроэлементов, в том числе магний, сера, железо, бор, марганец. По содержанию питательных веществ и действию на урожай он превосходит любое органическое удобрение, а по доступности – не уступает минеральным удобрениям. Наряду с органическим веществом значительную роль в общей массе помёта играет зола, которая для растений одновременно является калийно-фосфорным и известковым удобрением, так как содержит фосфор, калий, кальций. Но его действие более благоприятное по сравнению с минеральными удобрениями, так как часть азота здесь находится в органической форме и постоянно переходит в доступное для растений состояние. Благодаря высокой концентрации органических компонентов и их постепенному высвобождению птичий помёт оказывает влияние на урожай и в последующие 2–3 года [1].

При внесении больших доз помёта наблюдается закрепление фосфатов в почве и последующее их накопление до аномальных величин. По мере увеличения обеспеченности почвы фосфором снижается фиксирующая способность почв в отношении этого элемента и вместе с этим увеличивается его подвижность и миграционная способность. Это, в свою очередь, увеличивает вероятность попадания фосфора в грунтовые воды и открытые водоемы. Попадающие в природные воды азот и фосфор способствуют развитию водорослей и планктона, вызывая эвтрофирование водоемов. Изменяются биологические, физико-химические и органолептические показатели воды, что приводит к возрастанию риска заболеваемости людей. Вероятна полная утрата водоемом хозяйственного и биогеоценотического значения. Вместе с фосфором в почве увеличивается содержание обменного калия, избыток которого также является одним из факторов неблагополучия. Калий блокирует усвоение растениями магния и может привести к заболеванию животных. Аммонийный азот, содержащийся в птичьем

помете, хорошо поглощается почвенно-поглощающим комплексом и слабо вымывается из почвы [2]. В целом птичий помет обеспечивает положительный баланс основных элементов питания. Но птичий помет может отрицательно влиять на окружающую среду через миграцию элементов питания по почвенному профилю до грунтовых вод; выделение азота и других веществ в газообразной форме в атмосферу; через ухудшение агрохимических показателей и баланса питательных веществ почвы вследствие длительного применения высоких доз на постоянных участках.

Длительное применение высоких доз куриного помёта под сельскохозяйственные культуры оказывает существенное влияние на её плодородие. Мониторинг агрофизических свойств и агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы разного гранулометрического состава вниз по профилю при использовании куриного помёта проводили в ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика» и на кафедре почвоведения УО БГСХА. Выход куриного помёта ежегодно составляет 120000 тыс. т. В среднем по хозяйству под кормовые культуры вносят 80–100 т/га, зерновые – 40–60 т/га куриного помёта.

Для более полной характеристики глубины изменения физических, физико-химических, водных свойств и агрохимических показателей почвы при длительном использовании куриного помёта необходимо рассмотреть их распределение по профилю почвы. С этой целью были заложены два разреза на дерново-подзолистой, слабосмытой с признаками временного избыточного увлажнения, среднесуглинистой почве, развивающейся на лессовидном суглинке, подстилаемая с глубины 70 см моренным суглинком и дерново-подзолистой, хорошо окультуренной, рыхло-супесчаной почве, сменяемая с глубины 0,3 м водно-ледниковым связным песком, подстилаемая с глубины более 1 м моренной супесью.

Агрофизические свойства и агрохимические показатели почвы определяли по общепринятым методикам.

В результате исследований установлено, что вниз по профилю дерново-подзолистой эродированной среднесуглинистой почвы увеличилась плотность сложения ($A_1 - 1,20$; $B_3Д - 1,39$ г/см³), снижается общая пористость с 53 до 49 %, увеличивается степень насыщенности основаниями (97,97 и 99,41 %). При такой плотности твердой фазы почвы горизонта $B_3Д$ массе слоя почвы – 8720 т/га миграция элементов питания вниз по профилю будет затруднена, но почва эродированная, это внесет свои коррективы (табл. 1)

Таблица 1

Физико-химические и физические свойства по профилю дерново-подзолистой слабосмытой среднесуглинистой почвы

Горизонты	Масса слоя почвы, т/га	Мэкв/100 г почвы			V, %	г/см ³		P общ., %	P аэр., %
		Hg	S	ЕКО		dv	d		
Ап	360	0,44	21,24	21,68	97,97	1,20	2,61	53,94	29,11
B ₁	1320	0,59	21,14	21,73	97,28	1,20	2,65	55,55	22,72
B ₂	5830	0,44	51,58	52,02	99,15	1,26	2,65	53,46	20,49
B _{3Дк}	8720	0,30	50,29	50,59	99,41	1,39	2,73	49,15	19,21

Полевая влажность (W %) выше в горизонте (В_{3Д}) – 33,76 %, в этом же горизонте выше общий запас влаги (ОЗВ), запас труднодоступной влаги (ЗТВ), полезный запас влаги (ПЗВ) и составляет 2944,23, 1398,32, 1545,85 т/га соответственно. Таким образом, возможность растворения и миграции элементов питания до почвообразующей породы и далее до грунтовых вод на дерново-подзолистой эродированной почве высокая. Вниз по профилю дерново-подзолистой слабосмытой среднесуглинистой почвы кислотность меняется от слабокислой (А_п и В₁) до нейтральной (В_{3Дк}), содержание общего азота увеличивается вниз по профилю с 0,09 до 0,11 %. В пахотном и иллювиальном горизонтах повышенное содержание подвижного фосфора (201,2 и 231,7 мг/кг), среднее его содержание вниз по профилю (144,4 и 125,1 мг/кг). Содержание подвижного калия низкое (140 мг/кг) в пахотном горизонте, среднее в иллювиальном (В₁) и повышенное в В_{3Д} (296 мг/кг). Вниз по профилю отмечается высокое содержание меди, цинка, избыточное марганца, фоновое кадмия и свинца. По всему профилю почвы высокое содержание гумуса (5,29–4,13 %), а запасы его колеблются от 19,06 до 360,14, т/га. В подстилающей породе эродированной среднесуглинистой почвы отмечается высокое содержание калия, меди, цинка, марганца. Таким образом, в почве подверженной эрозии элементы питания мигрируют активно по профилю до почвообразующей породы, возможно предположить, что и далее до грунтовых вод [3].

Таблица 2

Агрохимические показатели вниз по почвенному профилю дерново-подзолистой, слабосмытой, среднесуглинистой почвы

Горизонты профиля	рН _{KCl}	N, %	мг/кг почвы							Содержание гумуса, %	Запасы гумуса, т/га
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Pb	Cd	Mn		
А _п	5,72	0,09	201,2	140,0	3,26	8,68	3,224	–	307,14	5,29	19,06
В ₁	5,90	0,11	231,7	146,5	3,53	9,40	2,584	0,116	211,08	5,00	65,99
В ₂	6,65	0,10	144,4	221,5	3,29	11,95	3,864	–	270,83	5,02	292,46
В _{3Дк}	6,65	0,11	125,1	296,0	3,26	11,89	4,433	0,090	294,73	4,13	360,14

Вниз по профилю дерново-подзолистой хорошо окультуренной рыхло-супесчаной почвы снижается гидролитическая кислотность с 1 до 0,14 мэкв/100г почвы, увеличивается степень насыщенности основаниями с 93,5 до 99,6 %, плотность твердой фазы – с 2,59 до 2,72 г/см³. Особенно выделяется иллювиальный горизонт (В₁), где масса его слоя 6258 т/га, степень насыщенности основаниями 97,5 %, плотность сложения – 1,49 г/см³, общая пористость – 43,28 % (табл. 3). Данный горизонт при таких физических и физико-химических свойствах для рыхло-супесчаной почвы является хорошим буфером от миграции вниз по профилю элементов питания.

Полевая влажность (W %) горизонта А_п дерново-подзолистой хорошо окультуренной, рыхло-супесчаной почвы – 23,58 %, полная влагоёмкость – 39,29, запас общей, труднодоступной, полезной влаги выше в горизонте В₁ и составляет 1141,88, 106,0, 1035,88 т/га соответственно, что

свидетельствует о возможности подпитывать влагой горизонт A_n , и растворять элементы питания. Учитывая, что плотность твердой фазы горизонта B_1 составляет $2,63 \text{ г/см}^3$ (табл. 3), а масса слоя почвы – 6258 т/га хорошо окультуренная почва способна удерживать миграцию элементов питания вниз по профилю, предотвращая их попадания в грунтовые воды.

Таблица 3

Физико-химические и физические свойства по профилю дерново-подзолистой хорошо окультуренной рыхло-супесчаной почвы

Горизонты	Масса слоя почвы, т/га	Hg	S	ЕКО	V, %	dv	d	Р общ.	Р аэр.
		Мэкв/100 г почвы				г/см ³			
A_n	3640	1,00	14,32	15,32	93,5	1,30	2,59	49,87	19,22
B_1	6258	0,28	10,92	11,20	97,5	1,49	2,63	43,28	16,09
B_2	3600	0,14	13,55	13,69	99,0	1,44	2,69	46,57	22,42
B_3	2808	0,14	49,72	49,86	99,7	1,56	2,85	45,34	20,85
Д	5476	0,14	31,24	31,38	99,6	1,48	2,72	45,53	20,95

Пахотный (A_n) и иллювиальный (B_2), горизонты дерново-подзолистой хорошо окультуренной, рыхло-супесчаной почвы, имеют близкую к нейтральной реакцию почвенного раствора, высокое (288,6 и 264,2 мг/кг) содержание подвижного фосфора. Отмечается высокое содержание подвижного калия, гумуса, цинка, меди, марганца, кадмия и свинца в пахотном горизонте, но вниз по профилю их содержание снижается (табл. 4), что согласуется с физическими и водными свойствами почвы.

Таблица 4

Агрохимические показатели вниз по профилю хорошо окультуренной, рыхло-супесчаной почвы

Горизонты профиля	pH_{KCl}	N, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Zn	Pb	Cd	Mn	Содержание гумуса, %	Запасы гумуса, т/га
			мг/кг почвы								
A_n	6,18	0,17	288,6	347,5	3,06	5,12	3,228	0,097	258,22	5,65	205,57
B_1	6,09	0,10	153,0	190,0	0,72	1,14	1,369	0,118	63,18	3,36	210,13
B_2	6,52	0,09	264,2	109,0	0,78	1,67	1,437	0,063	62,33	2,82	101,40
B_3	7,71	0,06	116,4	130,0	1,21	1,47	0,874	0,092	96,90	1,37	38,44
Д	7,05	0,07	247,1	126,5	1,31	1,83	1,098	0,052	75,92	4,40	240,77

Таким образом при внесении куриного помёта в дерново-подзолистой почве, подверженной эрозии, элементы питания мигрируют активно по профилю до почвообразующей породы, на хорошо окультуренной рыхло-супесчаной почве элементы питания аккумулируются в основном в пахотном и иллювиальном горизонтах.

Список литературы

1. Лысенко, В. П. Птичий помет – отход или побочная продукция / В. П. Лысенко // Птицеводство. – 2015. – № 6. – С. 55.
2. Головатый С. Е. Эколого-геохимическая оценка земель в зоне воздействия птицеводческих комплексов / С. Е. Головатый, В. С. Барановский, С. В. Савченко // Экологический вестник. – 2015. – № 4(34). – С. 90–95.
3. Персикова, Т. Ф. Оценка и прогноз загрязнения поверхностных и подземных вод при использовании куриного помёта / Т. Ф. Персикова, Т. Н. Мыслова, М. В. Царёва // Вестник Белорусской гос. сельхоз. академии. – № 4. – 2018. – С. 39–45.

РОЛЬ ДЫХАНИЯ ПОЧВЫ В ЕЕ ПЛОДОРОДИИ И ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В. С. Цховребов

*Ставропольский государственный аграрный университет,
г. Ставрополь, Россия*

Декарбонизация (от англ. "decarbonization") – это комплекс мероприятий, направленных на снижение количества выбросов парниковых газов, которые образуются в процессе сжигания ископаемого топлива.

Декарбонизация земледелия – это комплекс мероприятий, направленных на снижение количества выбросов парниковых газов из почв, которые образуются в результате минерализации органического вещества. Предполагается закрепление органического вещества в почве. Идея не новая, т. к. многие ученые, занимающиеся гумусом, утверждают, что необходимо сохранять органическое вещество почв и предотвращать его минерализацию. Необходимо удалить лишний углерод из атмосферы и сохранить его в почве.

Основными причинами увеличения содержания углерода в атмосфере считаются сжигание топливных ресурсов, вырубка лесов, минерализация органического вещества почвы. С антропогенной эмиссией CO_2 всё предельно ясно. А вот с вырубкой лесов и почвенной углекислотой возникает много вопросов и необходимо учитывать все исследования и наблюдения, собранные учёными, занимающимися в данной области.

Самой основной причиной поступления CO_2 в атмосферу является сжигание ископаемых видов топлива: угля, нефти и природного газа. В 2008 г. в результате сжигания ископаемого топлива в атмосферу было выделено 8,67 млрд т углерода (31,8 млрд т CO_2), в то время как в 1990 г. годовая эмиссия углерода составляла 6,14 млрд т.

Вырубка лесов является второй по значимости причиной. Но основные легкие нашей планеты не леса, а океан. В них диоксида углерода в сто раз больше, чем в атмосфере – $36 \cdot 10^{12}$ т в пересчёте на углерод.

Естественные источники углерода находятся в некотором равновесии с биогеохимическими процессами. Часть CO_2 растворяется в морской воде и часть удаляется из воздуха в процессе фотосинтеза. На наш взгляд и углерод антропогенного происхождения также включается в глобальные процессы, гарантирующие равновесное состояние данного элемента. Установлено, что при увеличении антропогенных выбросов поглощение CO_2 биосферой превосходило его выделение на ≈ 17 млрд т в середине 2000-х годов. Скорость его поглощения имеет устойчивую тенденцию к увеличению вместе с ростом атмосферной концентрации [1].

По способу фиксации CO_2 подавляющее большинство растений относятся к типам фотосинтеза C3 и C4. К группе C3 принадлежит боль-

шинство известных видов растений (около 95 % растительной биомассы Земли – это С3-растения). По мнению ученых добавление в атмосферу 0,03 % CO₂ приведет к росту продуктивности у С3-растений на 49 % и у С4 – на 20 %, у фруктовых деревьев и бахчевых культур – на 24 %, бобовых – на 44 %, корнеплодов – на 48 %, овощных – на 37 %. С 1971 по 1990 гг., на фоне роста концентрации CO₂ на 9 %, отмечалось увеличение содержания биомассы в лесах Европы на 25–30 % [2].

Существуют мнения некоторых ученых-экологов, что увеличение содержания углекислоты в атмосфере в 2 раза по сравнению с фоновым приведёт к катастрофическим последствиям. Учёные-палеоклиматологи утверждают, что 150–200 млн лет назад были очень высокие концентрации CO₂ составляли 0,3 %, т. е. в 10 раз выше по сравнению с современным периодом. А 400–600 млн лет назад этот показатель составлял 0,6 %, т. е. в 20 раз выше. Снижение уровня атмосферного CO₂ прекратилось в начале пермского периода, но продолжилось, начиная примерно с 60 млн лет назад. На рубеже эоцена и олигоцена во время формирования современного ледяного щита Антарктиды, количество CO₂ составляло 0,76 % [3]. И ни каких катастроф не было. Гигантизм растений и животных в эпоху конца карбона и в начале девона связан с высоким содержанием CO₂.

Так чего же мы боимся? Почему стараемся декарбонизировать земледелие? Правильно ли это?

Почвообразование – это процесс взаимодействия между живой и косной материями. Косная материя представлена минералами и горными породами, измельченными в различной степени, а также органической мортмассой. Живая материя представлена корнями растений и микроорганизмами. Именно микроорганизмы являются поварами для растений. Благодаря голофитному способу питания и выделению кислот в результате метаболизма микробы разрушают минералы и органическое вещество и переводят элементы питания из недоступной в доступную форму. Другого пути получения элементов минерального питания для растений нет. Таким образом, уровень плодородия контролируется почвенной микробиотой и зависит от её активности [4].

Дыхание почвы – это выделение углекислого газа при дыхании почвенных организмов (корней растений, микроорганизмов и фауны). Эта величина показывает общую микробиологическую (биологическую) активность почвы.

Дыхание почвы приводит к следующему:

1. Появлению вторичных карбонатов на солонцах, образованных на морских загипсованных отложениях, (элювий майкопских глин) что приводит к рассолонцеванию и повышению их плодородия: $\text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ (с образованием производных солей).

2. Переходу карбонатов кальция в бикарбонат, увеличению его растворимости, внедрению кальция в ППК и оструктуриванию слитых почв. Без этого не бывает мелиоративного эффекта при внесении кальцийсо-

державших пород. Чем выше активность дыхания почв, тем больше мелиоративный эффект.

3. Трансформации органического вещества.

4. Увеличению содержания элементов питания, перевод из недоступных в доступные формы.

5. Увеличению концентрации CO_2 в приземном слое, без которого не может быть высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Исследования, проведенные кафедрой почвоведения Ставропольским ГАУ [5], показали, что при внесении в почву горных пород, богатых по химическому составу, привели к увеличению интенсивности дыхания чернозёма выщелоченного и урожайности кукурузы (табл. 1)

Таблица 1

Влияние внесения горных пород на дыхание чернозёма выщелоченного и урожайность кукурузы на зерно

Варианты опыта	Дыхание почв мг/(м ² ×час)	Урожайность т/га	Прибавка	
			т/га	%
Контроль	418	4,19	–	–
Известняк-ракушечник 6 т/га	516	4,36	0,17	4,11
Известняк-ракушечник 12 т/га	545	4,44	0,25	5,94
Апатит 1,5 т/га	502	4,46	0,27	6,40
Апатит 3 т/га	524	4,55	0,36	8,68
Фосфогипс 12 т/га	540	4,59	0,40	9,59
Известняк-ракушечник 6 т/га + апатит 1,5 т/га	586	4,86	0,67	16,00
Известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га	602	4,94	0,75	17,81
Известняк-ракушечник 6 т/га + фосфогипс. 12 т/га	621	4,86	0,67	15,98
Известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га + фосфогипс 12 т/га	634	5,01	0,82	19,63
НСР ₀₅		0,21		

В контрольном варианте выделялось из почвы 418 мг/м²×час CO_2 . В вариантах с внесением горных пород исследуемый показатель был в 1,3–1,5 раза выше. В соответствии с увеличением дыхательной активности почвы возрастает и урожайность культуры.

В другом опыте, где исследовалось влияние различных способов обработки солонцевато-слитых почв на изучаемые показатели, получили аналогичную картину (табл. 2). Изучали действие вспашки и различных безотвальных рыхлителей солонцов. Наилучшие результаты показал ПЧ-4,5 (плуг чизельный и РСН 2,2 (рыхлитель солонцов).

Влияние различных способов обработки на дыхание солонцевато слитых почв, содержание элементов питания и урожайность озимой пшеницы

Варианты опыта	Дыхание почв мг CO ₂ /(м ² ×ч.)	NO ₃ мг/кг	P ₂ O ₅ мг/кг	Урожайность, т/га	Прибавка	
					т/га	%
Контроль, вспашка ПН-8-35 (0–22 см)	380	19,6	17,8	2,35	–	–
Стойки СиБИМЭ (0–35см)	412	24,8	21,2	2,86	0,51	22,0
ПЧ-4,5 (0–40 см)	550	28,9	24,4	3,61	1,26	53,6
РСН-2,2 (0–40 см)	580	31,6	25,5	3,82	1,47	62,5
НСР ₀₅	28	2,4	2,2	0,18		

При обработке почвы агрегатом РСН-2,2 на глубину до 40 см выделение CO₂ почвой в фазу цветения достигло 580 мг/м²×ч., что на 200 мг/м²×ч. выше контрольного. Этому, конечно, способствовали более благоприятные физические свойства солонцевой почвы на этом варианте. Но удобрения вносились одинаково, а разница в содержании нитратного азота и подвижного фосфора значительная. Это может быть объяснено только увеличением микробиологической активности почвы, о чем свидетельствует ее дыхательная активность. В соответствии с изменениями вышеуказанных показателей меняется и урожайность озимой пшеницы. Она ожидаемо и напрямую зависит от дыхания почвы и содержания элементов питания.

Таким образом, надо ли сохранять органическое вещество почвы и снижать активность ее дыхания? Не надо его сохранять, его надо восполнять и причем постоянно. Здоровая почва должна дышать. Разве не от дыхательной активности зависит активность и здоровье человека.

Список литературы

1. Interannual extremes in the rate of rise of atmospheric carbon dioxide since 1980 / С. D. Keeling [et al.] / Nature, V. 375, 1995. – P. 666–670.
2. Акатов, П. В. Тенденция изменения верхней границы распространения клёна остролистного на Северо-Западном Кавказе / П. В. Акатов, В. В. Акатов // Лесоведение. – 2010. – № 5. – С. 12–19.
3. Ice shelf disintegration by plate bending and hydro-fracture: Satellite observations and model results of the 2008 Wilkins ice shelf break-ups / T. Scambos [et al.]. – Earth and Planetary Science Letters, 2009.
4. Цховребов, В. С. Современные проблемы плодородия почв Ставрополя / В. С. Цховребов // Агрехимический вестник. – 2017. – № 4. – С. 3–8.
5. Цховребов, В. С. Агрогенная деградация чернозёмов Центрального Предкавказья / В. С. Цховребов. – Ставрополь: Изд-во «АГРУС», 2003. – 224 с.

ПАДЫХОДЫ ДА ПЕРАКЛАДУ НАЗВАЎ ГЛЕБАВЫХ РАЗНАВДНАСЦЯЎ З БЕЛАРУСКАЙ МОВЫ НА АНГЛІЙСКУЮ

В. Б. Цырыбка, І. А. Лагачоў, І. І. Касьяненка

*Інстытут глебазнаўства і аграхіміі,
г. Мінск, Беларусь*

Імклівае развіццё сучаснай навукі ўвогуле, і развіццё глебазнаўства асабіста, патрабуюць актывізацыі міжнароднага супрацоўніцтва, абмену ідэямі і вопытам. Для гэтага неабходна карыстацца агульнаразумелай тэрміналогіяй, але, на жаль, гэта з'яўляецца істотнай праблемай, так як уніфікаваць дэфініцыі вельмі складана.

Глебазнаўчая навук атрымлівала развіццё ў розных краінах неадначасова, пры распрацоўцы асноўных падыходаў і тэрмінаў ужываліся неаднолькавыя ідэі. Таму вельмі добрым пачынаннем магчыма назваць стварэнне міжнароднай даведчнай базы па глебавым рэсурсам WRB [1], якая атрымала ўжо некалькі рэдакцый. На наш погляд яна грунтуецца на не зусім удалых падыходах, але гэта выдатны інструмент для распаўсюджвання інфармацыі пра глебы. Таму, калі збіраецца друкаваць артыкул у замежжы, лепш карыстацца міжнароднай класіфікацыяй, альбо праводзіць карэляцыю, некаторыя ідэі якой прапанаваны раней беларускімі навукоўцамі [2]. Для выпадкаў, калі гэта немагчыма патрэбна выкарыстоўваць пераклады, якія будуць зразумелымі замежным калегам і найлепшым чынам адлюстроўваць даследаваную глебу.

Мэта гэтага артыкула распрацоўка найлепшых варыянтаў перакладу назваў глеб на англійскую мову, якія паспрыяюць распаўсюджванню ідэй беларускага глебазнаўства ў свеце.

Асновай для гэтага даследавання з'яўляецца інфармыцыя з розных літаратурных крыніц, а таксама асабісты вопыт аўтараў пры зносінах з замежнымі навукоўцамі.

Найпершай праблемай пры публікацыі артыкула пра даследаванне глебы з'яўляецца яе назва. Пераклады тыпаў і падтыпаў глеб прыведзеныя ніжэй ў табліцы.

Неабходна адзначыць, што сустракаюцца і іншыя варыянты перакладу, акрамя тых, што паказаны ў табліцы. Напрыклад, дзярновападзолістую перакладаюць, як *sod-podzolic*, *humus-podzolic* і нават *dermo-podzolic* [3], апошні вельмі дрэнны пераклад на наш погляд, бо з'яўляецца транслітараваным. Таксама шмат варыянтаў для тарфяных глеб: *peat swamp*, *peat bog*, *moor* [3]. Неабходна падкрэсліць, што магчыма выкарыстоўваць кожны варыянт, але найлепшым бачыцца выкарыстанне пры публікацыі ў замежных выданнях перакладзеных назваў беларускай тэрміналогіі з дадаткам адпаведнай назвы ў сістэме WRB.

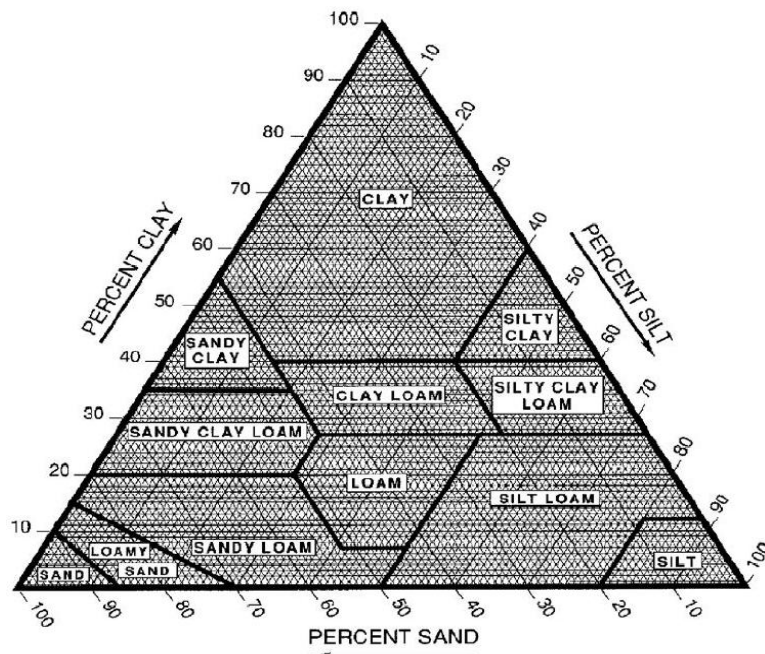
Тыпы і падтыпы глеб і іх пераклад на англійскую мову

Назва тыпа	Назва тыпа на англійскай мове	Назва падтыпа	Назва падтыпа на англійскай мове
Дзярнова-карбанатныя	Sod-carbonate	Тыповыя	Typical
		Вышчалачаныя	Leached
		Ападзоленыя	Podzolized
Бурія лясныя	Brown forest	Рэшткава карбанатныя	Residual carbonate
Падзолістыя	Podzolic	Уласна падзолістыя	Podzolic
Дзярнова-падзолістыя	Sod-podzolic	Дзярнова-палева-падзолістыя	Sod-pale-podzolic
		Дзярнова-падзолістыя	Sod-podzolic
		Дзярнова-падзолістыя эрадзіраваныя	Sod-podzolic eroded
		Дзярнова-падзолістыя акультураныя	Sod-podzolic cultivated
Падзолістыя забалочаныя	Podzolic waterlogged	Падзолістыя забалочаныя	Podzolic waterlogged
Дзярнова-падзолістыя забалочаныя	Sod-podzolic waterlogged	Паверхнева-аглееныя	Stagnic
		Грунтава-аглееныя	Gleyic
		Паверхнева-аглееныя асушаныя	Stagnic drained
		Грунтава-аглееныя асушаныя	Gleyic drained
Балотна-падзолістыя	Moor-podzolic	Тарфяніста-падзоліста-глеевыя	Peaty-podzolic-gleyed
		Тарфяніста-падзоліста-глеевыя асушаныя	Peaty-podzolic gleyed drained
Дзярновыя забалочаныя	Sod waterlogged	Дзярнова-паверхнева-слабаглееватыя	Hypostagnic
		Дзярнова-паверхнева-глееватыя	Stagnic
		Дзярнова-паверхнева-глеевыя	Hyperstagnic
		Дзярнова-грунтава-слабаглееватыя	Hypogleyic
		Дзярнова-грунтава-глееватыя	Gleyic
		Дзярнова-грунтава-глеевыя	Hypergleyic
		Дзярнова-паверхнева-глеев(ат)ыя асушаныя	Stagnic drained
		Дзярнова-грунтава-глеев(ат)ыя асушаныя	Gleyic drained
Тарфяна-балотныя нізінныя	Low moor	Тарфяна-глеевыя	Peat gley
		Тарфяныя	Peat
		Тарфяна-глеевыя асушаныя	Peat-gley drained
		Тарфяныя асушаныя	Peat drained
Тарфяна-балотныя верхавыя	High moor	Тарфяна-глеевыя	Peat gley
		Тарфяныя	Peat
		Тарфяна-глеевыя асушаныя	Peat-gley drained
		Тарфяныя асушаныя	Peat drained

Назва тыпа	Назва тыпа на англійскай мове	Назва падтыпа	Назва падтыпа на англійскай мове
Алювіяльныя дзярновыя і дзярновыя забалочаныя	Alluvial sod and sod waterlogged	Неразвітыя	Undeveloped
		Ападзоленыя	Podzolized
		Слабглееватыя	Hypogleyic
		Глееватыя	Gleyic
		Глеевыя	Hypergleyic
		Глееватыя і глеевыя асушаныя	Gleyic drained
Алювіяльныя балотныя	Alluvial boggy	Лавата -перагнойна-глеевыя	Silt-humic-gleyed
		Лавата-тарфяна-глеевыя	Silt-peat-gleyed
		Лавата-тарфяныя	Silt-peat
		Лавата -перагнойна-глеевыя асушаныя	Silt-humus-gleyed drained
		Лавата-тарфяна-глеевыя асушаныя	Silt-peat-gleyed drained
		Лавата-тарфяныя асушаныя	Silt-peat drained
Антрапагенна-ператвораныя	Anthropogenically transformed	Рэкультываваныя	Recultivated
		Антрапагенна-дэградаваныя	Anthropogenically degraded

Таксама складана перакладаць такую характарыстыку, як магутнасць глебавага профілю. Лепшымі варыянтамі з'яўляюцца: shallow – для маламагутных глебаў, moderate deep – для сярэднемагутных і deep – для магутных.

Вялікія цяжкасці праяўляюцца пры перакладзе грануламетрычнага складу глебы. Па-першае, гэта адсутнасць тэрміна «супескі» ў англамоўных публікацыях. Па-другое, пры вызначэнні грануламетрычных класаў выкарыстоўваюцца тры параметры: гліна, іл, пясок.



Мал. Трохвугольнік Фяррэ [1]

Па-трэццяе, лічбавыя характарыстыкі не супадаюць. Згодна замежным крыніцам [1] гліна – часціца менш 0,002 мм, іл – ад 0,002 да 0,05 мм і пясок ад – 0,05 і да 2 мм. Такім чынам, для правільнага перакладу неабходна мець вынікі грануламетрычнага аналізу. І карыстаючыся імі адзначыць клас згодна трохвугольніку Фяррэ (малюнак).

У іншых выпадках, калі ведаем толькі назву грануламетрычнага класу, лепшымі бачацца наступныя суадносіны: пясок – sand, супесак – loamy sand, лёгкі суглінак – loam, лёсападобны суглінак – silt loam, сярэдні суглінак – loam, цяжкі суглінак – clay loam, гліна – clay.

Пры публікацыі даследаванняў эразіраваных глеб лепш выкарыстоўваць наступныя тэрміны: неэрадаваная – non-eroded, слабаэрадаваная – slightly eroded, сярэднеэрадаваная – eroded (moderate eroded), моцнаэрадаваная – strong eroded, намытая – drift soil [3].

Прапанаваныя ў дадзеным артыкуле пераклады будуць зразумелымі для замежных калег. Аднак, улічваючы адрозненні ў падыходах да класіфікацыі глебаў у Беларусі і іншых краінах, найлепшым выйсцем пры напісанні артыкула ў замежнае выданне будзе выкарыстоўванне WRB.

Спіс літаратуры

1. World Reference Base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. World Soil Resources Report 106. – Rome: IUSS Working Group WRB, 2015. – 188 pp.
2. Tsyrybka, V. Soil classification in Belarus: history and current problems / V. Tsyrybka, H. Ustsinava // Bulletin of Geography. Physical Geography Series – 2018. – № 1(14). – P. 37–47.
3. Почвенная номенклатура на русском и иностранном языках [Текст]: (Рекомендации к материалам X Междунар. конгресса почвоведов): Энцикл. словарь / Сост. д-р биол. наук, проф. Б. Г. Розанов; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. М-во мелиорации и водного хоз-ва СССР. Ин-т агрохимии и почвоведения АН СССР. 10 Междунар. конгресс почвоведов. – Москва: [б. и.], 1974. – Кн. 1. – 1974. – 483 с.

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ГЕОГРАФИИ ПОЧВ И ПОЧВЕННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

А. Н. Червань, А. Л. Киндеев

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь*

В конце XIX века наряду со становлением генетического почвоведения, усилиями В. В. Докучаева и его учеников была доказана необходимость исследования пространственной variability почв и заложены основы почвенного картографирования. В основу почвенного картографирования легла важнейшая составляющая учения Докучаева о почвах – «закон географической почвенной зональности».

В ходе развития представлений об особенностях строения почвенного покрова исследования конкретизировались в особенностях формирования, эволюции, а также картографирования почвенного покрова. Разномасштабность исследований пространственной вариации типов и более мелких таксонов почв предопределили формирование представления о почвенных зонах – ареалах определенного ранга почвенных комбинаций, концепция макроструктурного почвенного покрова и было создано учение о структуре почвенного покрова [1].

В настоящее время почвоведение и география почв в странах СНГ носит довольно консервативный характер, доминирует приверженность генетическим принципам и факторному картографированию. Поиск причинно-следственных связей внутри ландшафта позволил развить отечественное почвоведение «вширь» на разных уровнях структурной организации. Учение В. М. Фридланда позволило опуститься на локальный уровень и попытаться приложить теоретические знания к практическим нуждам, в том числе сельскохозяйственного производства. Тем не менее, с момента выдвижения парадигмы «факторы-процессы-свойства» полувековой давности, развитие почвоведения заметно замедлилось и требует эволюции методических подходов, соответствующих современному развитию информационных технологий.

Примером непринятия «нового» является внедрение методов математической статистики в почвоведение в конце 60-х годов. Усилиями Е. А. Дмитриева было доказано, что неоднородность почв явление не только вертикальное, заметное всем, но и пространственное, которое можно обнаружить только с помощью отбора образцов и проведения анализов. Ряд вышедших статей «О точности механического анализа почв методом пипетки» и «Об асимметрии в распределении водопроницаемостей» (обе статьи совместно с Манучаровым А. С.), «О математических методах в почвоведении» (1967), «О возможности использования непараметрической статистики в почвоведении» (1968), «Об использовании корреляци-

онного анализа при работе с картами» (1968) [2] доказал значимость и необходимость внедрения математико-статистического аппарата в почвоведение и географию почв, что в конечном итоге привело к формированию концепции «статистической модели почвенного покрова» и «зависимости результатов обследования почв от способа опробования» [3].

С началом XXI века почвенное картографирование неразрывно связано с геоинформационными системами, в Беларуси единый подход к кодированию почвенной информации в базах земельно-кадастровых данных позволяет оперировать ими как «большими данными», подключая методические и инструментальные средства геостатистики и педометрики. Геосистемный анализ структуры почвенного покрова по цифровым почвенным картам позволяет по установленной методике идентифицировать почвенные комбинации и использовать картометрические коэффициенты неоднородности для целей территориального планирования, например, формирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия на основе мультимасштабной оценки неоднородности почвенного покрова [4].

Богатство методов геостатистики и их активное применение в странах Европы, США, Австралии и др. позволили развиваться почвоведению по другому эволюционному пути, опираясь на передовые технологии и современное программное обеспечение оптимизировать методы точного или «математического» картографирования почвенного покрова и его свойств. В рамках развития географии почв и почвоведения, на стыке с такими науками как статистика и ГИС, в Вагенингене (Нидерланды) в 1992 году констатировали появление новой отрасли почвоведения, получившей название – педометрика («педос» – почва; «метрон» – измерение). Определение педометрике дал один из ее основателей – Alex McBratney, определивший ее еще в 1986 году, как отрасль почвоведения, которая изучает математические и статистические методы, с помощью которых можно понять, как в почве распределяются разные свойства, как произошли почвы, какой у них генезис и как они распределены в пространстве [5]. В Австралии в 2018 году педометрика впервые была охарактеризована как отдельная наука в фундаментальном одноименном труде [6], определив новый виток в географии почв сродни тому, что более 100 лет назад сделал Докучаев.

Педометрика в настоящее время, переживает быстрый рост, стимулируемый развитием доступности цифровых данных и новых инструментов, и методов в статистике, машинном обучении и информационных системах. Такая ситуация побудила ведущих почвоведов мира сформировать десять глобальных задач, которые будут определять вектор развития педометрики, как науки на ближайшие десятилетия. Проблемы сгруппированы в три основных раздела отвечающие на вопросы: 1. Как лучше понять почвообразование? 2. Как улучшить методы получения данных о почве? 3. Как улучшить способность удовлетворять потребности землепользователей? [7]

Прямое (математическое) картографирование и геостатистика не противопоставляется классическому подходу, однако из теории хаоса известно, что если на одном иерархическом уровне присутствует упорядоченность и закономерность, то на другом они могут вовсе отсутствовать. Эксперименты, опыты и исследования в области педометрики, доказали, что при рассмотрении почвенных свойств при крупномасштабном и детальном картографировании системный подход перестает работать и, как следствие, на место классификационного почвоведения должна прийти педометрика, основанная на теории вероятности.

Об объединении этих двух подходов, базирующихся на противоположных философских началах, Красильниковым (один из первых и немногих ученых-почвоведов, кто начал продвигать геостатистику и педометрику, как альтернативный взгляд на картографирование почв [8]) в 2019 г. начал подниматься вопрос о переходе к «новой географии почв», предлагая почвенно-географическому сообществу сформировать теоретическую основу для осмысленного развития познания пространственной структуры педосферы и начать синтез прогнозного картографирования с педометрикой [9].

В нашем представлении педометрика все-таки является предшественником прогнозного картографирования, которое основывается на многомерных регрессионных уравнениях, выведенных педометрикой благодаря объединению факторного и прямого способов картографирования и их теоретико-методологических основ (рис.).

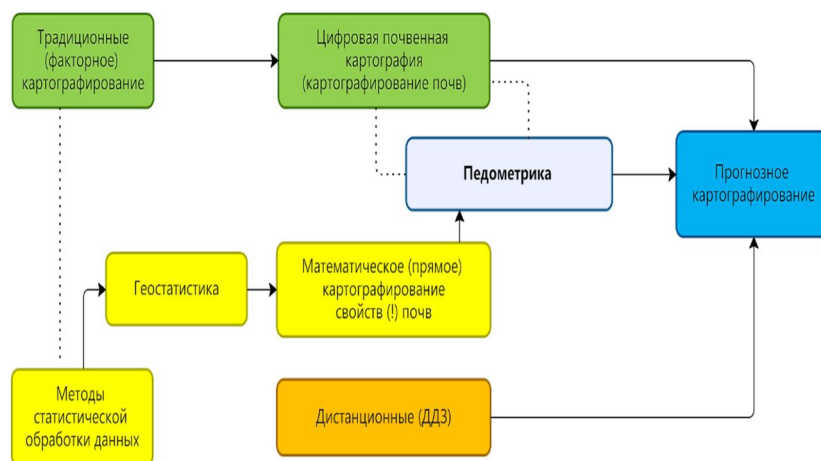


Рис. Эволюция методов картографирования почв и их свойств

Хотя геостатистическое моделирование изменчивости почвы, а затем и цифровое почвенное картографирование были основным направлением педометрики в течение почти трех десятилетий [10], это только один из аспектов педометрии. Педометрика также включает в себя, помимо прочего, изучение планов выборки и их оптимизацию, интеграцию моделей процессов прямо или косвенно влияющих на почвенный покров и их мониторинг, количественную оценку неопределенности в выходных данных модели, использование математических методов для объяснения вариации

почвы в разных масштабах и новые подходы к планированию экспериментов, особенно в ландшафтном масштабе. Педометрика как поставщик знаний и данных играет ключевую роль в участии в более широкой повестке дня в области почвоведения и в решении глобальных экологических проблем, таких как продовольственная безопасность, деградация земель и изменение климата [11]. Развитие современных геоинформационных технологий несомненно отразится на математической, пространственной и методической точности данных цифрового почвенного картографирования и анализа.

Список литературы

1. Фридланд, В. М. Структура почвенного покрова / В. М. Фридланд. – Москва: Изд-во «Мысль», 1972. – 336 с.
2. Дядькина, С. Е. История математической статистики на факультете почвоведения МГУ / С. Е. Дядькина // Природная и антропогенная неоднородность почв и статистические методы ее изучения : сборник науч. Ст. по материалам Всерос. науч. интернет-конф. с междунар., посвящ. 90-летию со дня рожд. заслуж. проф. Е. А. Дмитриева; под общ. ред. В. П. Самсоновой, М. И. Кондрашкиной, Ю. Л. Мешалкиной; МГУ им. М. В. Ломоносова, факультет почвоведения. – М.: Дашков и Ко, 2022. – С. 9–11.
3. Богатырев, Л. Г. Основные концепции, законы и принципы современного почвоведения: монография / Л. Г. Богатырев. – М.: МАКС Пресс, 2015. – 196 с.
4. Червань, А. Н. Типизация структуры почвенного покрова средствами ГИС для оценки производительного потенциала агроландшафтов (на примере Республики Беларусь) / А. Н. Червань // Вестник Удмуртского ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2021. – Т. 31. Вып. 3. – С. 280–289. <https://doi.org/10.35634/2412-9518-2021-31-3-280-289>.
5. McBratney, A. B. Introduction to Pedometrics. A course of lectures / A. B. McBratney. – South Australia: CSIRO Division of Soils Technical memorandum, 1986. – 150 p.
6. McBratney, A. B. Pedometrics / A. B. McBratney, B. Minasny, U. Stockmann. – Australia: The University of Sydney, 2018. – 713 p.
7. Ten challenges for the future of pedometrics/ Alexandre, M. J.-C. Wadoux [et al.] // Geoderma, 2021. – Vol. 401. – 11 p.
8. Геоэстатистика и география почв / отв. ред. П.В. Красильников; Ин-т биологии КарНЦ РАН – М.: Наука, 2007. – 175 с.
9. Красильников, П. В. На пути к «новой географии почв» вызовы и решения (обзор) / П. В. Красильников, В. О. Таргульян // Почвоведение. – 2019. – № 2. – С. 131–139.
10. McBratney, A. B. Pedometrics timeline / A. B. McBratney, J. de Gruijter, A. Bryce // Geoderma. – 2019. – 338. – P. 568–575.
11. Finke, P. A. On digital soil assessment with models and the Pedometrics agenda / P. A. Finke // Geoderma, February 2012. – Vol.171–172. – P. 3–15.

ВЛИЯНИЕ БЕЗОТВАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ЕЁ АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

И. В. Чечеткина, М. И. Гуляка

*Опытная научная станция по сахарной свёкле,
г. Несвиж, Беларусь*

Введение. Для обеспечения устойчивого развития земледелия перво-степенное значение имеет осуществление комплекса мер по сохранению и повышению плодородия почвы. Создание высокоплодородного фона – залог стабильных по годам урожаев сельскохозяйственных культур. Применение интенсивных систем обработки почвы, включающих ежегодную отвальную вспашку под все культуры севооборота, способствует возникновению и быстрому развитию эрозионных процессов. В Республике Беларусь водной и ветровой эрозии подвержено 7,2 % от общей площади сельскохозяйственных земель [1]. Ежегодно повторяющиеся в весенний период пыльные бури приводят к задуванию (выдуванию) до 5–7 %, иногда 10–12 % посевных площадей свеклы, более 15–20 % площадей повреждаются частично [2]. Одним из способов снижения эрозионных процессов является система безотвальной обработки почвы с оставлением на поверхности поля мульчи из растительных остатков [3, 4].

В Республике Беларусь исследования по изучению безотвальной обработки почвы в севообороте с сахарной свеклой проводились только на Опытной станции по сахарной свекле (г. Несвиж). Длительный стационарный опыт был заложен в 1974 году. За 40 с лишним лет исследований получен богатый экспериментальный материал, на основании которого мы можем утверждать, что применение безотвальной обработки почвы в севообороте с сахарной свеклой улучшает обеспеченность растений водой и повышает противозерозионную устойчивость почвы, не снижая продуктивность культур [5].

Материал и методика исследований. Почва опытного участка дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на валунном хрящевидном песке, подстилаемом с глубины 70–80 см песком. Севооборот 8-польный: занятый пар, озимое тритикале (оз. рожь), сахарная свёкла, ячмень с подсевом клевера, клевер 1 года пользования, озимая рожь (оз. тритикале), сахарная свекла, ячмень. В пространстве расположено три поля, по которым проходила каждая культура севооборота.

Варианты систем основной обработки почвы:

1. В 100 % – отвальная вспашка на глубину 20 см под все культуры севооборота (контроль).
2. Д 25 % – дискование на 8–10 см в 2-х полях (ячмень), вспашка – в 6-ти.
3. Д 50 % – дискование в 4-х полях (ячмень и озимые), вспашка – в 4-х.
4. Д 75 % – дискование в 6-ти полях (ячмень, озимые, занятый пар), вспашка – в 2-х.

5. Д 100 % – дискование во всех полях.

6. БР 100 % – безотвальное рыхление на 20 см во всех полях.

Удобрения: под сахарную свеклу – 100 т/га навоза, N₁₂₀P₉₀K₁₅₀, под зерновые – N₆₀P₄₅K₆₀, под культуры занятого пара и клевер – P₄₅K₄₅, в двух полях севооборота под озимые – известкование (5 т/га доломитовой муки).

Результаты исследований и их обсуждение. Агрохимические свойства пахотного (0–20 см) слоя почвы с момента закладки опыта и по истечении трех ротаций севооборота изменились таким образом: кислотность (рН_{KCl}) на всех вариантах снизилась с 5,9 до 6,8; содержание гумуса возросло с 2,5 до 3,7 %, подвижного фосфора – со 160 до 300 и обменного калия – со 120 до 260 мг/кг почвы. Действие систем основной обработки почвы проявилось в следующем: при ежегодной безотвальной обработке почвы в севообороте содержание элементов питания увеличилось в верхнем (0–10 см) слое почвы и не снизилось в нижнем (10–20 см). Так, если по ежегодной отвальной вспашке (вар. 1) к концу 3-ей ротации содержание гумуса в слое почвы 0–10 см составило 3,9 %, а в слое 10–20 см – 3,6 %, то по дисковому лущению (вар. 5) – 4,2 и 3,8 % соответственно (табл. 1).

Таблица 1

Агрохимические показатели почвы в зависимости от систем основной обработки в севообороте

Годы	Слой почвы, см	Варианты систем обработки почвы					
		1	2	3	4	5	6
рН _{KCl}							
1974–1976	0–20	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9
2000–2002	0–20	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8
Гумус, %							
1983–1985	0–20	2,5	2,6	2,6	2,5	2,6	2,6
2000–02	0–10	3,9	3,8	3,7	3,7	4,2	3,9
	10–20	3,6	3,8	3,6	3,7	3,8	3,9
P ₂ O ₅ , мг/кг почвы							
1974–1976	0–20	177	150	164	156	156	165
2000–2002	0–10	306	311	310	316	323	309
	10–20	311	303	313	308	291	306
K ₂ O, мг/кг почвы							
1974–1976	0–20	121	122	122	107	122	129
2000–2002	0–10	328	279	291	312	295	225
	10–20	287	306	297	294	308	310

Такая дифференциация обусловлена различием в характере распределения пожнивных остатков и вносимых органических и минеральных удобрений в пахотном слое, так как создаются различные условия для разложения органической массы. В аэробных условиях верхнего слоя почвы активизируется процесс гумификации, что и приводит к более высокому содержанию гумуса. Новейшие данные ученых свидетельствуют, что дифференциация пахотного слоя почвы на фоне постоянной мелкой или безотвальной обработки по содержанию доступных форм питательных веществ не относится к факторам, ограничивающим получение в этих условиях стабильно высоких урожаев. Этот вывод подтверждается и экспериментальными данными, полученными в нашем стационаре.

Урожайность и качество возделываемых культур севооборота являются обобщающим показателем, позволяющим объективно оценить разные системы основной обработки почвы. Самой требовательной к условиям выращивания является сахарная свекла. Она служит индикатором всей системы земледелия и, в частности, обработки почвы. В наших исследованиях в среднем за пять ротаций севооборота урожайность корнеплодов сахарной свеклы и содержание сахара в них были близкими независимо от систем основной обработки (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность сахарной свеклы в зависимости от системы обработки почвы, т/га (среднее за 1977–2017 гг.)

Ротация	Система обработки почвы					
	В 100 %	Д 25 %	Д 50 %	Д 75 %	Д 100 %	БР 100 %
1-я	38,0	38,0	37,6	36,4	34,7	37,2
2-я	37,8	37,7	37,3	37,2	36,3	36,3
3-я	39,2	38,0	39,2	37,6	39,0	38,0
4-я	52,9	51,7	53,6	53,2	52,7	51,0
5-я	52,1	50,9	52,6	54,2	54,8	52,2
Среднее	44,0	43,3	44,1	43,7	43,5	43,0

Даже длительное бесменное применение дискования или безотвального рыхления под все культуры севооборота не привело к достоверному снижению урожайности и качества корнеплодов сахарной свеклы [1].

Заключение. Многолетними исследованиями установлено, что в регионах, подверженных водной или ветровой эрозии, замена отвальной вспашки под сахарную свеклу дисковым лущением на глубину 8–10 см или безотвальным рыхлением на 20–22 см позволяет существенно повысить противозерозионную стойкость почвы без снижения продуктивности и качества свеклы и других культур севооборота.

Систематическое внесение оптимальных доз органических и минеральных удобрений приводит к повышению плодородия пахотного слоя независимо от систем основной обработки почвы. Некоторая дифференциация пахотного слоя на фоне постоянной безотвальной обработки по содержанию питательных веществ (увеличение их в слое 0–10 см) не ограничивает получение стабильно высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

Список литературы

1. Эрозионная деградация почв Беларуси / Н. Н. Цыбулько [и др.] // Земледелие и защита растений. – Приложение к журналу № 2. – 2018. – С. 19–26.
2. Лукьянюк, Н. А. Эффективность влияния мульчи и способов ее формирования на продуктивность сахарной свеклы / Н. А. Лукьянюк // Сахар. – 2020. – № 3. – С. 42–48.
3. Безотвальная обработка почвы в севообороте / Н. П. Вострухин [и др.]. – Минск: Беларуская навука. – 2013. – С. 66–71.
4. Гуреев, И. И. Современные технологии возделывания и уборки сахарной свеклы / И. И. Гуреев. – М.: Печатный город, 2011. – С. 61–73.
5. Вострухин, Н. П. Земледелие и свекловодство / Н. П. Вострухин. – Минск: Беларуская навука, 2009. – С. 232–293.

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ТИПИЧНОГО В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ АГРОБИОТЕХНОЛОГИИ

Н. А. Чуян

Курский федеральный аграрный научный центр,
г. Курск, Россия

Применение биологических препаратов на основе штаммов бактерий в технологии возделывания сельскохозяйственных культур является одним из способов управления микробным сообществом для повышения плодородия и продуктивности растений, защиты от фитопатогенной микробиоты [1]. Отмечено заметное влияние ассоциативных микроорганизмов на увеличение численности бактерий аммонификаторов (на 41 %), актиномицетов (на 13,2 %), грибной микрофлоры (на 70,6 %), ответственных за первичную деструкцию органических остатков [2].

Показано, что введение аборигенного штамма целлюлозолитического микромицета и дополнительных компонентов в систему способствовало ускорению разложения соломы, что обеспечивало оптимизации микробного сообщества почвы и повышения ее эффективного плодородия [3].

В процессе трансформации соломы для компенсации потерь азота необходимо внесение азотных удобрений из расчета 10 кг азота на 1 т заделанной в поверхностный слой соломы. При этом положение не вполне исправляется, так как солома содержит некоторые вещества, токсичные для растений. Требуется некоторый период времени для их детоксикации, которую проводят микроорганизмы, разлагающие эти соединения. Внесением биопрепаратов, есть вероятность, ускорить процесс деструкции остатков соломы и тем самым снизить токсический эффект продуктов их разложения.

Цель исследований – изучить влияние агrobiотехнологии с обработкой семян, почвы и побочной продукции микробиологическими препаратами на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas aureofaciens* и совместного их внесения с азотными удобрениями на микробиологический состав чернозема типичного.

Исследования проводили в 2018–2020 гг. на опытном поле ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (с. Панино, Медвенский район Курская область), расположенном в стационарном полевом опыте с биопрепаратами на северном склоне в звеньях зернового и зернопропашного севооборотов. Влияние обработки семян, почвы и измельченной побочной продукцией культур биопрепаратами на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas aureofaciens* и совместного их использования с азотными удобрениями из расчета 10 кг д. в. N на 1 т соломы на микробиологический состав черно-

зема типичного изучали на четырех вариантах научно-производственного опыта в трехкратной повторности. В 2020 г. на опыте звена зернового севооборота «ячмень – гречиха – кормовые бобы» возделывали кормовые бобы (*Vicia faba L.*) сорта «Стрелецкие ранние», в звене зернопропашного севооборота «подсолнечник – ячмень – соя» размещалась соя (*Glycine max. L.*) сорта «Казачка».

Схема опыта включала следующие варианты:

1. измельченная побочная продукция культур; **2.** измельченная побочная продукция культур + азотные удобрения из расчета 10 кг д. в. N на 1 тонну соломы; **3. агробиотехнология** – измельченная побочная продукция + биопрепараты (БП) (обработка семян БП на основе *Trichoderma viride* (2 л/т) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/т) перед посевом + обработка почвы перед посевом БП на основе *Trichoderma viride* (5 л/га) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/га) + обработка посевов 2 раза в течение вегетации БП на основе *Trichoderma viride* (5 л/га) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/га) + обработка побочной продукции перед заделкой БП на основе *Trichoderma viride* (5 л/га) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/га); **4. агробиотехнология** – измельченная побочная продукция + биопрепараты (БП) (обработка семян БП на основе *Trichoderma viride* (2 л/т) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/т) перед посевом + обработка почвы перед посевом БП на основе *Trichoderma viride* (5 л/га) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/га) + обработка посевов 2 раза в течение вегетации БП на основе *Trichoderma viride* (5 л/га) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/га) + обработка побочной продукции перед заделкой БП на основе *Trichoderma viride* (5 л/га) и *Pseudomonas aureofaciens* (3 л/га) + азотные удобрения из расчета 10 кг д. в. N на 1 тонну соломы. Во избежание конфликта интересов производителей марки препаратов и наименования производителей не указываются.

В опыте представлено совместное действие двух биологических препаратов: биопрепарат, содержащий споры и мицелий гриба *Trichoderma viride*, а также продуцируемые грибом в процессе производственного культивирования биологически активные вещества (антибиотики, ферменты, витамины, фитагормоны), экологически безопасный, обладающий биофунгицидным, ростстимулирующими и фосфатмобилизирующими свойствами; вторым являлся биологический препарат, содержащий ризосферные бактерии *Pseudomonas aureofaciens*, биофунгицид, ростостимулятор, фосфатмобилизатор контактного и системного действия.

Почва исследуемого поля представлена черноземом типичным тяжелосуглинистым на карбонатном лессовидном суглинке.

Образцы почвы для учета численности микроорганизмов отбирали перед уборкой сельскохозяйственных культур.

В составе микробоценоза мы учитывали численность сапрофитных микроорганизмов, использующих в качестве источника питания органические формы азота, произрастающих на мясо-пептонном агаре (МПА), численность микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота,

произрастающих на крахмало-аммиачном агаре, и численность микромицетов (микроскопических грибов) – на среде Чапека [4].

Об усилении минерализационных процессов свидетельствует и коэффициент минерализации (Км) [5], который отражает интенсивность микробиологической мобилизации азота в почве. Расширенное соотношение КАА к МПА свидетельствует о более глубоких процессах потерях азота из почвы и снижения плодородия. Коэффициент минерализации (Км.) можно рассчитать по формуле: $K_{\text{мин.}} = \text{КОЕ}_{\text{КАА}}/\text{КОЕ}_{\text{МПА}}$, где: $\text{КОЕ}_{\text{КАА}}$ и $\text{КОЕ}_{\text{МПА}}$ – численность микроорганизмов на средах КАА и МПА соответственно.

Учет количества бактерий аммонификаторов под соей позволяет утверждать о положительном влиянии ризобактерий на активность этой группы микроорганизмов, где вариант с внесением биопрепаратов на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas aureofaciens* превышал контроль на 14,8 %, но уступал варианту с использованием азотных удобрений и совместного внесения их с биопрепаратами на 5,0 и 14,3 % соответственно. Максимальная численность аммонифицирующих (МПА) микроорганизмов в почве под соей наблюдалась при комплексном внесении азотных удобрений и биопрепаратов, что превышало контроль на 31,3 % (табл.).

Таблица

Микробиологические показатели почвы в опыте с биопрепаратами в посевах сои и кормовых бобов

Культуры	Варианты	МПА*	КАА	Микромицеты
		млн КОЕ на 1 г почвы		тыс. КОЕ/1 г почвы
Соя	Измельченная побочная продукция культур (без обработки)	12,8	15,2	62,7
	Измельченная побочная продукция + N ₁₀ кг д. в. на 1 т побочной продукции	15,4	22,4	75,8
	Измельченная побочная продукция + биопрепараты на основе <i>Trichoderma viride</i> и <i>Pseudomonas aureofaciens</i>	14,7	18,3	70,0
	Измельченная побочная продукция + биопрепараты на основе <i>Trichoderma viride</i> и <i>Pseudomonas aureofaciens</i> + N ₁₀ кг д. в. на 1 т побочной продукции	16,8	23,0	82,0
	НСР₀₅	0,26	0,30	0,41
Кормовые бобы	Измельченная побочная продукция культур (без обработки)	12,9	15,5	57,8
	Измельченная побочная продукция + N ₁₀ кг д. в. на 1 т побочной продукции	16,0	20,5	70,7
	Измельченная побочная продукция + биопрепараты на основе <i>Trichoderma viride</i> и <i>Pseudomonas aureofaciens</i>	15,1	17,9	53,9
	Измельченная побочная продукция + биопрепараты на основе <i>Trichoderma viride</i> и <i>Pseudomonas aureofaciens</i> + N ₁₀ кг д. в. на 1 т побочной продукции	19,4	24,0	76,9
	НСР₀₅	0,31	0,37	0,33

*МПА – аммонифицирующие микроорганизмы – на мясо-пептонном агаре; КАА – амилитические микроорганизмы – на крахмало-аммиачном агаре; микромицеты (микроскопические грибы) – на среде Чапека.

Максимальная численность амилотических микроорганизмов (КАА) в почве под соей выявлена в вариантах с внесением азотных удобрений и совместным использованием их с микробиологическими препаратами, что превышало таковую в 1,4 и 1,5 раза соответственно по отношению к контролю. Внесение измельченной побочной продукция биопрепаратами по сравнению с контролем повысило численность микроорганизмов (КАА) на 20 % (табл.).

Установлено, что численность аммонифицирующих (МПА) и амилотических микроорганизмов (КАА) в почве под кормовыми бобами была максимальной в варианте с совместным внесением биопрепаратов и азотных удобрений и превышала контроль на 50 и 55 % соответственно. В варианте с биопрепаратами наблюдалось повышение численности аммонифицирующих и амилотических микроорганизмов на 17 и 15 % соответственно по сравнению с контролем. В варианте с азотными удобрениями численность аммонифицирующих (МПА) и амилотических микроорганизмов (КАА) в почве под кормовыми бобами была выше на 24 и 32 % соответственно, чем на контроле.

Преобладающая концентрация микромицетов обнаружена в почве на вариантах совместного внесения биопрепаратов с азотными удобрениями: для кормовых бобов – 76,9 тыс. КОЕ на 1 г почвы, для сои – 82 тыс. КОЕ на 1 г почвы, что превышало контрольные варианты на 33 и 31 % соответственно по кормовым бобам и сое. Внесение с побочной продукцией азотных удобрений способствовало увеличению содержания микромицетов в почве по сравнению с контролем под кормовыми бобами и соей на 22 и 21 % соответственно. При обработки побочной продукцией биопрепаратами на сое отмечалась тенденция к увеличению содержания микромицетов в почве на 12 %, а под кормовыми бобами наблюдалось снижение их содержания на 7 % по сравнению с контролем.

По отношению численности амилотических микроорганизмов к аммонифицирующим можно выявить коэффициент минерализации (Км), характеризующий интенсивность минерализационных процессов органического вещества в почве. Прием совместного внесения биопрепаратов с азотными минеральными удобрениями по сравнению с приемами отдельного их использования обеспечивал более интенсивный процесс разложения органического вещества по сое и превысил таковой на контроле на 25 %. Под кормовыми бобами эта разница была незначимой (3 %) (рис.).

Таким образом, анализ основных физиологических групп микроорганизмов, участвующих в разложении растительных остатков показал, что численность аммонифицирующих, амилотических микроорганизмов была выше при обработке измельченной побочной продукцией биопрепаратами на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas aureofaciens* по сравнению с необработанной побочной продукцией (контроль) как по сое, так и кормовым бобам.

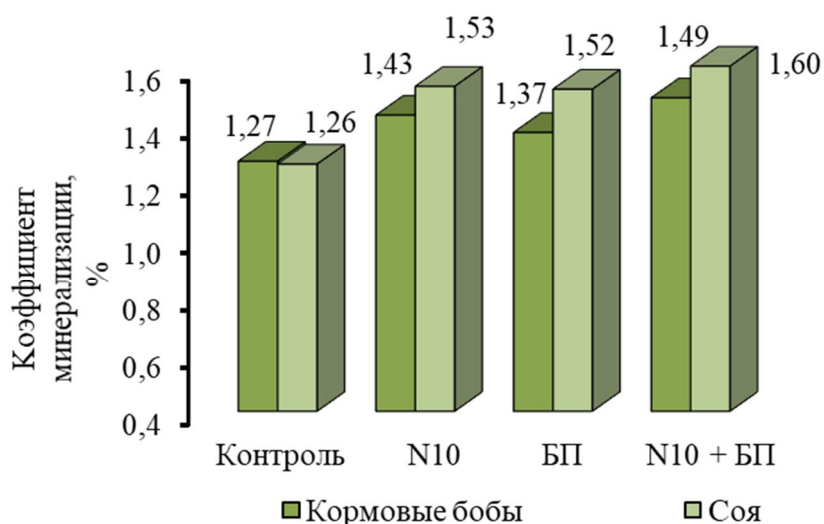


Рис. Коэффициент минерализации в посевах кормовых бобов и сои в опыте с биопрепаратами на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas aureofaciens*.

Полученные результаты дают основание для продолжения экспериментальных исследований по изучению эффективности биопрепаратов в полевых опытах с различными культурами и разработки в дальнейшем приемов их применения для инокуляции побочной продукции в целях ускорения ее разложения.

Список литературы

1. Пусенкова, Л. И. Влияние биопрепаратов на биологическую активность почвы и продуктивность сахарной свеклы / Л. И. Пусенкова, Е. Ю. Ильясова, Н. А. Киреева // *Агрохимия*. – 2012. – №10. – С. 20–26.
2. Чевердин, А. Ю. Влияние биопрепаратов на основе ассоциативных микроорганизмов на плодородие чернозема обыкновенного и урожайность ячменя в ЦЧР: дис. на соискание ученой степени кандидата с.-х наук: 06.01.01. – общее земледелие, растениеводство / А. Ю. Чевердин. – Каменная Степь – 2021. – 167с.
3. Черепухина, И. В. Зависимость эффективности использования соломы зерновых культур с дополнительными компонентами от погодных условий года / И. В. Черепухина, Н. В. Безлер, М. В. Колесникова // *Агрохимия*. – 2019. – №6. – С. 64–71.
4. Емцев, В. Т. Микробиология: 5-е изд., перераб. и доп. / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин. – М.: Дрофа, 2005. – 445 с.
5. Титова, В. И. Методы оценки функционирования микробиоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества: научно-методическое пособие / В. И. Титова, А. В. Козлов. – Нижний Новгород: Нижегородская с.-х. академия, 2012. – 64 с.

ВЛИЯНИЕ ОТКЛИКА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВОГРУНТОВ РАЗЛИЧНОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА НА ПРИМЕНЕНИЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТА НАТРИЯ

М. Г. Юркевич, Р. Р. Сулейманов, А. А. Курбатов

*КарНЦ РАН,
г. Петрозаводск, Россия*

Северные регионы России являются основными площадками размещения предприятий целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБК). При производстве целлюлозы одним из побочных продуктов, создающим определенные экологические проблемы при утилизации, является лигносульфонат натрия. Лигносульфонаты – водорастворимые сульфопроизводные биополимера лигнина, представляют собой побочный продукт при сульфитном способе производства целлюлозы. Данный побочный продукт целлюлозно-бумажной промышленности является источником получения биологически-активных соединений, органических азотсодержащих удобрений пролонгированного действия, поверхностно-активных и комплексообразующих веществ, нужных растительным организмам. Лигносульфонаты богаты различными органическими и минеральными веществами. В состав входит лигнин древесины, полисахариды, неотмытые после гидролиза моносахара, минеральные и органические кислоты, зольные элементы и некоторые другие соединения. Лигносульфонаты содержат серу, кальций, магний, калий, углерод, водород, кислород, фосфор, а также 28 микроэлементов [1].

В связи с вышесказанным, цель наших исследований состояла в изучении отклика дерново-подзолистых почвогрунтов различного гранулометрического состава на применение лигносульфоната натрия.

Материалы и методы. В модельном эксперименте исследовали влияние лигносульфоната натрия (ЛГС) на почвенные показатели. Предварительно готовили почвогрунт путем внесения в дерново-подзолистую суглинистую, дерново-подзолистую глинистую, дерново-подзолистую песчаную почву лигносульфоната натрия в дозе 0 %, 1 %, 2,5 %, 5 % и 10 % от веса сухой почвы. Образцы инкубировали при постоянной температуре (23 °С), постоянной влажности 70 % и регулярным перемешиванием (1 раз в 7 дней) в течение 90 дней. В почвенном растворе определяли содержание общего азота по Кьельдалю, К, Na, Ca, Mg атомно-эмиссионным и атомно-абсорбционным методом на атомно-абсорбционном спектрофотометре (Shimadzu, Япония), pH_{KCl} .

Результаты и обсуждения. Анализ полученных данных позволил установить, что внесение лигносульфоната (ЛС) натрия в дерново-подзолистый суглинистый почвогрунт в малых концентрациях (1 и 2,5 %) существенно повышало содержание в нем калия (от 169,7 мг/кг в контроле до 389,1–431,6 мг/кг соответственно) и обменных катионов, но снижало содержание азота независимо от внесенной дозы отхода. Концентрация Mg, Ca и Na возрастала в среднем в 4,3, 2,3 и 5,7 раз соответственно, что

оказывало подщелачивающее действие на почву. Реакция почвенного раствора увеличивалась на 0,7–0,8 единиц. При концентрации ЛС в почве 2,5 % величина рН солевого раствора возрастала с 4,93 до 6,19. При этом существенно увеличивалась концентрация буферного раствора, что проявлялось в физиологическом отклике растений. Значительное снижение содержания азота в почве влияло на долю его инвестирования в процесс фотосинтеза и скорость роста растений. На дерново-подзолистом глинистом почвогрунте внесение лигносульфоната натрия содействовало снижению содержания калия пропорционально концентрации вносимого лигносульфоната с 276,4 мг/кг в контроле до 77,6 мг/кг при максимальной концентрации (10 %). Пропорционально увеличению дозы лигносульфоната натрия в почво-грунте возрастает содержание Na, Ca, Mg в 1,7–3,8 раза. Содержание азота и фосфора практически не изменилось.

На дерново-подзолистом песчаном почвогрунте внесение лигносульфоната не оказало существенного влияния на содержание калия при средних концентрациях (5 и 10 %) и снижало при малых концентрациях в 1,2–1,5 раза. Концентрация Mg, Ca и Na возрастала соответственно в 3–5,3; 2–3 и 3–9 раз, что оказывало подщелачивающее действие на почву. Содержание азота и углерода изменилось в пределах погрешности. Содержание фосфора увеличилось пропорционально дозе в 1,2 раза, однако при высокой концентрации (10 %) содержание фосфора практически не изменилось. При этом существенно увеличивалась концентрация буферного раствора, что проявлялось в физиологическом отклике растений. Значительное снижение содержания азота в почве оказало влияние на долю его инвестирования в процесс фотосинтеза, что повлияло на снижение роста растений.

В связи со значительным увеличением буферности почвенного раствора высокий уровень магния, кальция и особенно натрия в суглинистой и глинистой почве привела к изменению агрегатного состояния почвы, её уплотнению и свойственным солонцам характеристикам. Солонцы отличаются агрономически отрицательными водно-физическими и физико-механическими свойствами. В сухом состоянии они плотного сложения, а во влажном сильно набухают, вязкие, липкие. Водопроницаемость низкая, количество влаги, недоступной растениям, высокое. Переход суглинистой и глинистой почвы в солонцовую оказывает крайне негативное влияние на развитие растений.

Выводы. Содержание лигносульфоната натрия в суглинистом почвогрунте оказывало раскисляющее действие независимо от внесенной концентрации. Внесение ЛГС повышало содержание в почве калия, кальция, магния и натрия, но снижало содержание азота. Лигносульфанат снижал накопление растениями биомассы и долю корней в общей массе. С повышением концентрации ЛГС в почве степень ингибирования ростовых процессов увеличивалась.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 19-29-05174/19.

Список литературы

1. Максимов, В. Ф. Введение в специальность: учеб. пособие для вузов / В. Ф. Максимов, Г. В. Стадницкий. – Л.: Химия, 1988. – с. 168.

О ПРАВОВОМ СТАТУСЕ ПОЧВ БЕЛАРУСИ И ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ

В. М. Яцухно

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь*

В последние годы на международном и страновом уровнях весьма активно с конструктивных позиций обсуждаются вопросы научного обеспечения и практического осуществления устойчивого использования и охраны почв. С одной стороны, они рассматриваются в качестве ключевого компонента окружающей среды, характеризующиеся биопродукционной способностью и определяющих продовольственную безопасность, с другой – выполняют незаменимую экологическую роль в регулировании и поддержании многочисленных природных процессов, и предоставлении экосистемных услуг [1]. Подтверждением этому служит ряд международных и межрегиональных документов и инициатив, направленных на более глубокие исследования функционирования и оценки почв и интеграции их результатов при разработке условий, порядка устойчивого использования почвенных ресурсов и долговременного их сохранения.

К таким документам следует отнести принятые 05.12.2016 г. на сессии ФАО ООН «Добровольные руководящие принципы рационального использования почвенных ресурсов», а также подготовленный в 2019 г. под эгидой ЮНЕП аналитический обзор «Восстановление земель и почв для достижения целей устойчивого развития». Из одобренных ООН 17 основных целей и связанных с ними 169 задач устойчивого развития в период до 2030 г., почвы прямо или косвенно способствуют достижению 12 таких целей. Описанию, оценке и последствиям основных современных угроз для почв, которые отражаются на функциях экосистем в глобальном и региональном масштабах, а также путях и средствах борьбы с их деградацией посвящен обширный доклад «Состояние мировых почвенных ресурсов: основной отчет», впервые выполняемый в 2015 г. С привлечением многочисленных ученых и специалистов со всего мира. Заметным событием в этой области является межстрановая разработка по инициативе ФАО ООН, посвященная управлению почвенными ресурсами в условиях проявления деградации земель в Евразийском регионе, включающего 13 государств, в том числе Республику Беларусь [2]. Для научного обоснования и реализации всех этих задач в 2012 г. создано и успешно функционирует Глобальное почвенное партнерство и его консультативный орган – Межправительственная техническая группа по почвам. По инициативе последней в 2015 г. обновлена и принята Всемирная хартия почв – политический документ, закрепляющий роль почв как многофункционального природного компонента, являющегося неотъ-

емлемой, обязательной и незаменимой частью наземных экосистем. О возрастающей роли почв в природопользовании и жизнедеятельности людей свидетельствует принятие 17.11.2021 г. Европейской комиссией Почвенной стратегии Европейского Союза до 2030 г., которая может служить своеобразной моделью перспективного использования и охраны почв в будущем. Наконец, почва в контексте бурно развивающегося учения об экосистемных услугах, отнесена, наряду с лесными, водными, болотными, урбанизированными, естественными луговыми, агроэкосистемами к самостоятельному типу экосистем, предоставляющих указанные услуги в форме материальных и нематериальных выгод и благ [3].

Несмотря на значимость почв как одного из основных компонентов окружающей среды, выполняемых ряд жизненно важных экологических, хозяйственных, социальных, санитарно-гигиенических и других функций, их сущность, характерные черты, сфера общественных отношений часто не имеют юридическую идентификацию, закрепленную в правовом отношении. Это ведет к возникновению неопределенностей, а также создает основу для коллизий правовых норм, регулирующих использование земельных ресурсов и меры ответственности за правонарушения в сфере землепользования.

Указанные выше недостатки не удалось избежать в белорусском земельном и природоохранном законодательствах. Так, согласно Кодексу Республики Беларусь о земле и Закону Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» земля (земли), включая почвы, является самостоятельным компонентом природной среды, который является объектом праворегулирования в области охраны окружающей среды, а также определяется его роль как средства производства в сельском и лесном хозяйствах и пространственного базиса для размещения отраслей хозяйственного комплекса. Таким образом, два понятия «земля» и «почва» в законодательстве республики не разграничиваются. В правовой практике и обиходе земля, а также земельный участок, имеющий границы и целевое назначение, ассоциируются с земной поверхностью. С семантической точки зрения последний термин, означающий лишь наружную сторону земли, не раскрывает внутреннее ее строение и поэтому не позволяет отнести их к категории вещей. Изменить указанную ситуацию можно, если в законодательстве более полно раскрыть понятие «почва» как сложной природной биокосной системы, обладающей плодородием и выполняющей многофункциональную роль в окружающей среде и хозяйственной деятельности. В данном контексте целесообразно различать почву как компонент окружающей среды, а земли как социально-экономическую и территориально-организационную категории и рассматривать их в тесной взаимосвязи.

Так, почвы ограничены территорией проявления процессов почвообразования, их оценка производится и нормируется с учетом их природных свойств, определяющих экологическое состояние и плодородие. Земельный же компонент окружающей среды представляет собой

заклученный в фиксированные границы территории, природный комплекс определенного функционального назначения и использования, закреплённый 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.

Отсутствие разделения на правовом уровне понятий «земля» и «почва» привело к тому, что в отраслях, не связанных с использованием плодородия почв, ценность земельного участка не связывается с ценностью почвы ни как природного объекта, ни как средства производства, а рассматривается лишь только как территориальный его базис. В отраслях же, ориентированных на использование почвенного плодородия, качество почвы оценивается преимущественно со стороны ее плодородия, при фактически полном игнорировании природно-экологических функций почвы. Существует единственная закреплённая в земельном законодательстве почвозащитная норма, обязывающая снимать и сохранять для последующего использования плодородный слой почвы при производстве строительных и иных работ.

Требуется 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 пропадает под определение вещи, признаваемой в гражданском праве. В целом статус почв, расположенных в пределах земельных участков с позиции отечественного законодательства, остается не определенным и требует его закрепления на законодательном уровне, ибо почва, как и земля, необходимо относить к самостоятельным компонентам природной среды.

В настоящее время сложилась ситуация, при которой правообладатель земельного участка получает акт о владении и пользовании земельным участком лишь с отмеченными его границами, их координатами и общей площадью без указания того, в каком состоянии находится почвенный покров и какие риски связаны с использованием полученного объекта недвижимости.

Определённые недоработки и несогласования, к сожалению, нашли отражение в Законе Республики Беларусь о мелиорации земель. Согласно ему, объектами мелиорации земель являются мелиоративные системы. В преамбуле же данного закона указывается, что он определяет правовые основы мелиорации земель, направляет обеспечение и поддержание оптимальных режимом почв: водного, воздушного, теплового и питательно-

го. Однако, согласно этому же закону (ст. 17 и ст. 23), все сведения о почвах не входят в перечень проектной документации по мелиорации земель и ведения учета мелиоративных систем.

К числу слабо разработанных направлений белорусского природоохранного и земельного законодательства является не полное, нередко, непоследовательное и противоречивое закрепление правовых норм охраны земель и почв. В соответствии со статьей 1 Кодекса Республики Беларусь о земле последнее рассматривается весьма узко и с отсутствием в нем некоторых признаков природоохранной деятельности, только как систему мероприятий, направленных на предотвращение деградации земель, восстановления деградированных земель. Следует согласиться и принять во внимание предложение ряда юристов о более расширенной формулировке понятия «охрана земель и почв», определив ее как «...деятельность государственных органов, общественных объединений, иных юридических лиц, граждан, направленную на рациональное использование, воспроизводство и улучшение земель, предотвращение деградации и восстановление деградированных земель» [4, с. 669].

При этом, при указании видов деградации и определений направлений охраны ключевым компонентом должна оставаться почва, ибо только она при протекании деградационных процессов (водная и ветровая эрозия, загрязнение, уплотнение, дегумификация, минерализация торфяных почв, разрушении при строительстве и др.) подвергается деградации, сопровождающейся снижением или потерей плодородия и других ее экологических функций.

В Республике Беларусь получено широкое распространение практики установления ограничений по использованию земельных участков, определенных законодательством. Анализ законодательства показывает, что при создании таких зон охрана земель обеспечивается установлением особого режима землепользования и природопользования на землях, смежных с подлежащими охране антропогенными и природными объектами, в том числе объектами, которые могут оказать отрицательное воздействие на эти земли. Назрела необходимость для более объективной систематизации и выделения охранных зон, зон санитарной охраны, защитных зон учитывать почвенный фактор и разработать Классификатор экологических требований и ограничений землепользования и, соответственно, закрепить его основные положения в земельном законодательстве. В свою очередь, это дает возможность более оправданно именовать статью 15.10 «Нарушение порядка использования почв и требований по их охране» и статью 15.11 «Порча почв» Кодекса Республики Беларусь об административных правонарушениях.

Целесообразно законодательно закрепить осуществление мониторинга за состоянием почв, ведения реестра почв и подготовку почвенных карт, в том числе с применением ГИС-технологий, в качестве обязательной составной части пространственных данных и государственного информационного ресурса при принятии управленческих решений, прове-

дении работ контрольными и надзорными органами в сфере землепользования. В условиях развития и расширения рынка недвижимости приобретает актуальность обеспечение проведения стоимостной оценки почв и разработки механизмом экономического стимулирования устойчивого использования почв. В первую очередь, это вызвано необходимостью учета почвенного фактора при земельно-оценочных работ и расширение сфер практического применения из результатов. 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 [5]. 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. и определяет ценность земель/почв на основе предоставления ими экосистемных услуг. Последние, наряду с выполняемыми почвами экологическими функциями должны быть отражены в законодательных актах, что будет содействовать обязательному проведению эколого-экономической оценки почв при кадастровой оценке сельскохозяйственных земель, определении рыночной стоимости земельных участков, установлении размеров вреда (ущерба), причиняемого почвам, определении потерь при установлении ограничений (обременений) в использовании земель, а также стоимости земель как основных средств в системе финансовой отчетности. Успешное решение этих и других задач по совершенствованию правового статуса почв требует унифицировать и закрепить на законодательном уровне ряд ключевых терминов и понятий, используемых в практике научного обоснования, планирования, проектирования и реализации мер по использованию и охране почв с целью исключения неоднозначности и неопределенности их трактовки и применения. В первую очередь ученым и специалистам в области почвоведения и смежных с ним наук необходимо приложить усилия по разработке юридически корректного определения понятия «почва». Его содержание требует не только научного, но законодательного и разрешительного его толкования, отражающее все многообразие свойств и параметров, отличающих почву от других объектов природной среды, которые определяются надежными сертифицированными методами и приемами, доступными для широкого круга заинтересованных.

С целью ликвидации существующих пробелов, недочетов и противоречий в области правового регулирования почв необходимо принятие специального Закона Республики Беларусь «Об использовании и охраны земель и почв» или одноименной расширенной главы, дополняющей Кодекс Республики Беларусь о земле, с целью создания полноценной и всесторонней законодательной базы в области охраны, многофункционального использования, оценки, нормирования, контроля и мониторинга

почв и почвенного покрова. При подготовке вышеуказанных законодательных актов следует конструктивно использовать основные положения Модельного закона об охране почв, принятом на XXIX пленарном заседании Межпарламентской Ассамблеи государств-участников СНГ (постановление № 29–16 от 31 октября 2007 г.), Стратегии охраны почв Европейского союза, а также ряда законодательных актов стран Центральной и Восточной Европы по данному вопросу.

Список литературы

1. Status of the World's Soil Resources: Main Report, FAO. – Roma (Italy), 2015. – 650 p.
2. Устойчивое управление почвенными ресурсами в Евразийском регионе / ФАО ООН. – Рим, 2021. – 140 с.
3. Mapping and Assessment of Ecosystem and Their Services. Soil Ecosystem, European Commission, DR Environment. – Brussels, 2018. – 142 p.
4. Комментарий к Кодексу Республики Беларусь о земле / С. А. Балашенко [и др.]; под общ. ред. С. А. Балашенко, Н. И. Шингель. – Минск: Дикта, 2009. – 720 с.
5. Яцухно, В. М. О значении, учете и перспективах использования почвенного фактора при эколого-экономической оценке земель / В. М. Яцухно // Плодородие почв и эффективное применение удобрений: материалы Междунар. конф., Минск, 2021. – Ч. 1. – С. 232–239.

Научное издание

Плодородие почв – основа
продовольственной безопасности государства

Материалы VI съезда Белорусского общества
почвоведов и агрохимиков

(Минск, 21 июля 2022 года)

Ответственный за выпуск *Н. Ю. Жабровская*
Редакторы *А. С. Атлас, Т. Н. Самосюк*

Издано по заказу РУП «Институт почвоведения и агрохимии».
Подписано в печать. 13.07.2022. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Усл. печ. л. 20,93. Уч.-изд. л. 22,96.
Тираж 50 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.