

ISSN 2070–4828

МЕЛИОРАЦИЯ

Научный журнал

№ 2 (116)

Основан в 1951 году
Выходит 4 раза в год

Апрель – июнь 2026



Минск
2026

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь,
свидетельство о регистрации № 411 от 25.05.2009 г.

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт мелиорации»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук, проф. **А. П. Лихацевич**

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

д-р с.-х. наук, проф. **В. И. Желязко** (зам. гл. редактора)

акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф. **Н. Н. Дубенок**

д-р с.-х. наук, проф. **Ю. А. Мажайский**

д-р техн. наук, проф. **В. Е. Левкевич**

д-р с.-х. наук, проф. **Н. Н. Цыбулько**

канд. техн. наук, доцент **А. С. Анженков**

канд. с.-х. наук, доцент **А. Л. Бирюкович**

канд. техн. наук **Э. Н. Шкутов**

***Журнал «МЕЛИОРАЦИЯ» рецензируется;
включен в перечень научных изданий Республики Беларусь
для опубликования результатов диссертационных исследований.***

***Журнал включен в Перечень научных изданий ВАК Российской Федерации
для опубликования результатов диссертационных исследований
(распоряжение Министерства образования и науки Российской Федерации
от 12 февраля 2019 г. № 21-р) по следующим группам научных специальностей:
4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),
4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (сельскохозяйственные науки),
4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (технические науки).***

Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Статьи и отдельные выдержки из журнала могут цитироваться при условии указания первоисточника.

Редакция не несет ответственности за возможные неточности по вине авторов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора. Рукописи не возвращаются.

Фотоматериалы взяты из архива РУП «Институт мелиорации» и предоставлены авторами статей.

Подписные индексы: **74856 — для индивидуальных подписчиков, цена – 27,60 руб.;**

748562 — для предприятий и организаций, цена – 31,20 руб.

Подписку можно оформить во всех отделениях связи.

Редактор, корректор **Т. В. Мейкшане**

Компьютерная верстка **И. В. Скуратович**

Подписано к печати 12.06.2026 г. Формат 60 x 84 1/8.
Уч.-изд. л. 5,68. Усл. печ. л. 7,90. Заказ 282. Тираж 50 экз.

Адрес редакции: 220040, г. Минск, ул. Некрасова, 39-2;
тел. (017) 363-49-03;

e-mail: **redaktor@niimel.by, info@niimel.by**

Отпечатано РУП «Информационно-вычислительный центр Министерства финансов».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 2/41 от 29.01.2014.

© РУП «Институт мелиорации», 2026

Содержание Contents

Мелиорация

Land improvement

Э. Н. Шкутов, В. А. Болбышко, А. И. Митрахович, В. П. Иванов.
Оценка эффективности промывки дренажа в условиях Полесья при интенсивном заохривании и заилении

5

E. N. Shkutov, V. A. Bolbyshko, A. I. Mitrakhovich, V. P. Ivanov.
Evaluation of drainage flushing efficiency in Polesie conditions in the conditions of intensive concretion and siltation

З. Г. Ламердонов, А. Е. Хаджиди, Т. Ю. Хаширова, У. Р. Сидаравичуте.
Методика оценки интеграции мелиоративных и противооползневых систем на основе единой дренажной сети

16

Z. G. Lamerdonov, A. E. Khadzidi, T. Yu. Khashirova, U. R. Sidaravichute.
Methodology for assessing the integration of land reclamation and landslide systems based on a single drainage network

А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук.

Вакуумирование дренажа на осушительных мелиоративных системах

24

A. I. Mitrakhovich, I. Ch. Kazmiruk.

Vacuuuming of drainage for drainage and irrigation systems

Кормопроизводство

Forage production

А. Л. Бирюкович, С. В. Абраскова, И. А. Чернякович.

Качество сенажа из зерновых и зернобобовых культур

31

A. L. Biryukovich, S. V. Abraskova, I. A. Chernyakovich.

Quality of silage from grain and leguminous crops

Экология

Ecology

Н. Н. Цыбулько, И. И. Жукова, Е. В. Алексейчик, А. Н. Сергель.

Риски и ограничения при возделывании сельскохозяйственных культур на пищевые цели на почвах, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr

37

N. N. Tsybulka, I. I. Zhukova, E. V. Alexeichik, A. N. Sergel.

Risks and limitations of cultivating agricultural crops for food purposes in soils contaminated with ^{137}Cs and ^{90}Sr

Из истории мелиоративной науки	●	From the history of land reclamation	
<i>В. И. Желязко.</i>			
Памяти Виктора Ивановича Клипперта (1929–2007)			
<i>В. И. Клипперт.</i>			
О сроках службы гончарного дренажа при осушении земель с напорным водным питанием			49
<i>V. I. Klippert.</i>			
About the service life of clay drainage while draining lands with a pressed water supply			
Наши юбиляры	●	Our jubilees	
Валентина Степановна Жилина (к 95-летию)			57
Надежда Владимировна Кабанова (к 75 летию)			58
Николай Николаевич Цыбулько (к 60-летию)			59
Ольга Васильевна Пташец (к 40-летию)			61
Чтобы помнили	●	To be remembered	
Анатолий Егорович Волков (к 95-летию)			62
Анатолий Семенович Мееровский (к 90-летию)			63
Петр Константинович Черник (к 90-летию)			65

• МЕЛИОРАЦИЯ •

УДК 626.862.91

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫВКИ ДРЕНАЖА В УСЛОВИЯХ ПОЛЕСЬЯ ПРИ ИНТЕНСИВНОМ ЗАОХРИВАНИИ И ЗАИЛЕНИИ

*Э. Н. Шкутов, кандидат технических наук
В. А. Болбышко, кандидат технических наук
А. И. Митрахович, кандидат технических наук
В. П. Иванов, кандидат технических наук*

*РУП «Институт мелиорации»,
г. Минск, Беларусь*

Аннотация. На основе данных, полученных при физическом моделировании промывки полиэтиленовых дренажных труб, оценена эффективность мероприятий по поддержанию работоспособности дренажа. Для исследований использовали образцы ненарушенной структуры, содержащие отложения охры и грунтовых наносов. Материал был отобран из дренажных линий, эксплуатировавшихся 14 лет в условиях интенсивного заиления пылеватыми песчаными грунтами и высокого содержания закисных соединений железа в грунтовых водах.

Ключевые слова: заохривание на фоне заиления, поддержание работоспособности, промывка дренажа.

*E. N. Shkutov, V. A. Bolbyshko, A. I. Mitrakhovich,
V. P. Ivanov*

EVALUATION OF DRAINAGE FLUSHING EFFICIENCY IN POLESIE CONDITIONS IN THE CONDITIONS OF INTENSIVE CONCRETION AND SILTATION

Abstract. On the basis of the data obtained on the physical model of the washing process of samples of polyethylene drainage pipes, an assessment of the effectiveness of the application of the measure to maintain the efficiency of drainage was carried out. In physical modeling, drainage samples with undisturbed deposits of ochre and ground sediments were used, they were selected from drainage lines that had worked for 14 years in conditions of high content of acidic iron compounds in groundwater, against the background of intense silting by dusty sandy deposits.

Keywords: chlorination against siltation, maintenance, drainage.

Введение

Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025 годы (подпрограмма «Механизация агропроцессов и "точное" сельское хозяйство», задание 6.20 «Исследование динамики водоприемной способности дренажа при использовании различных видов защитно-фильтрующих материалов и их специальных обработок»).

Существует большое количество исследований и ряд нормативов, касающихся борьбы с заилением и заохриванием дренажа. Имеющаяся база разработок позволяет обеспечить качественное строительство и эксплуатацию дренажных систем [1–4]. Однако до настоящего времени ощущается нехватка нормативных документов, в которых учитывалось бы совместное воздействие на работу дренажа неблагоприятных факторов: например, за-

охривание и заиливание полостей дренажных трубок часто сопровождаются кольматацией защитно-фильтрующих обмоток грунтовыми частицами, что приводит к выбору неверных технических решений при проектировании и, как следствие, быстрому и безвозвратному выходу дренажных систем из строя. Возможные риски распространяются на 8–10 % земель, осушенных дренажем [5]. По экс-

пертным оценкам, площадь, требующая мероприятий по обеспечению долговременной работоспособности дренажа, составляет около 70 тыс. га.

Статья обобщает результаты наблюдений за процессами потерь работоспособности дренажа и обосновывает производственные решения по противодействию комплексу неблагоприятных воздействий.

1. Оценка эффективности и перспектив широкого применения методов борьбы с заохриванием в условиях заиливания дренажа в Беларуси

Все мероприятия по аэрации грунтового слоя в зоне колебания грунтовых вод вблизи дрен и междренья вызывают окисление железистых соединений и выпадение нерастворимых охристых частиц в грунте. Тем самым уменьшается количество растворенных в грунтовых водах закисных соединений железа, которое может выпасть в защитно-фильтрующем материале (ЗФМ) дренажа или в дренажных трубах [1–7].

Глубокое рыхление междренья способствует поступлению воздуха в зону капиллярной каймы и даже к уровню грунтовых вод (УГВ). В результате происходит окисление закисных соединений и их осаждение в почве, снижается содержание железа в воде, поступающей в дрены. Ввиду отсутствия данных об экспериментальной оценке хозяйственной эффективности этого мероприятия в нашей стране авторы провели экспертную оценку на основе общих методических подходов.

Безусловно, глубокое рыхление окажет заметный комплексный эффект на работу дренажа, прежде всего за счет увеличения водопроницаемости прорыхленного слоя. Следует иметь в виду, что эффект последствия длится обычно до трех лет, после чего рыхление необходимо будет периодически повторять. Однако проведение глубокого рыхления возможно только при реализации проекта реконструкции, если оно там предусмотрено. В рамках эксплуатационных работ данный вид работ прямо запрещен постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 10 июля 2009 г. № 920. Поэтому ожидания его широкого применения мало обоснованны – по крайней мере, до внесения изменений в действующую нормативную базу.

Снижение содержания ионов Fe^{2+} в грунтовой воде за счет осаждения охры в почвогрунте обеспечит уменьшение интенсивности кольматации ЗФМ и дренажных труб. Увеличение дренажного стока, характерное для влажных периодов, повышает скорость течения воды, что обеспечит вынос свежих (незатвердевших) охристых и песчаных отложений. Это свидетельствует о возможности частичного самоочищения дренажной системы.

Влияние заохривания придренного грунтового массива на водопроницаемость зависит от вида грунтов в месте закладки дренажа. Изменение гидрологических и гидрохимических условий может спровоцировать возобновление восстановительных процессов, обратный переход отложенной в почве охры в водорастворимые закиси железа и их поступление в ЗФМ и дренажные трубы.

Таким образом, применение глубокого рыхления целесообразно только при реконструкции и наличии обоснования необходимости повышения водопроницаемости грунтового массива вблизи дренажных линий. Снижение интенсивности заохривания следует рассматривать лишь как вероятный дополнительный эффект данного мероприятия.

Внесение извести в почвогрунты. Внесение извести в почвогрунты при глубокой запашке, совмещенной с рыхлением и кротованием, способствует осаждению железа в почвенном профиле и около дрен, что снижает содержание железа в грунтовых водах, поступающих к ЗФМ дренажа и в сами дрены.

Лабораторные и полевые исследования показали, что снижение кислотности среды (известкование) является эффективным методом инициирования выпадения железистых

осадков [3]. Однако широкого применения в Беларуси он пока не получил, что обусловлено высокой стоимостью материалов и логистическими сложностями при организации строительных работ. Кроме того, рядом исследователей были получены отрицательные результаты применения извести [3].

В РУП «Институт мелиорации» также проводились исследования по смежной тематике: оценивалась эффективность внесения негашеной извести в засыпку дренажных траншей на суглинистых слабопроницаемых грунтах с целью повышения водоприемной способности дренажа. Результаты работ показали высокий уровень результативности данного мероприятия в течение трех лет. Однако при последующем обследовании дренажных труб был обнаружен слой извести, что может свидетельствовать о том, что он будет способствовать выпадению охры и в ЗФМ, и в дренажных трубах, что не соответствует первоначальной задаче. Процессы восстановления закисных соединений железа в засыпке дренажных траншей освещены преимущественно в зарубежной научной литературе [3].

Таким образом, приведенные аргументы не дают достаточных оснований для расширения масштабов использования извести в Беларуси.

Применение объемных фильтров дренажа в зоне колебания УГВ инициирует кольматацию охристыми соединениями элементов конструкции, расположенных вне дренажной трубы. Предлагаемое решение применимо исключительно при реконструкции систем и не затрагивает вопросы их эксплуатации. Желательно использовать бактерицидные свойства материалов фильтров (опилки, щепу древесно-кустарниковой растительности, солому и др.) и объемные фильтры, которые, как правило, характеризуются повышенным коэффициентом фильтрации и увеличенным объемом пор по сравнению с уплотненными грунтами.

К этому же типу мероприятий относится использование в качестве объемного фильтра древесных опилок и щепы. Однако при разложении древесины в дренажные воды выделяются фенол и танины. Такие воды токсичны для рыб при концентрации фенолов от 10 до 200 мг/л. В ходе опытов превышения опасных концентраций не зафиксировано, но интенсивная окраска и присутствие токсичных сое-

динений в дренажном стоке ограничили широкое внедрение данной технологии.

В мелиоративном строительстве Беларуси не нашли широкого применения проектные решения с использованием объемных фильтров для противодействия заохриванию. Однако общепризнано, что это увеличивает водоприемные возможности дренажа.

Вместе с тем при современном уровне обеспечения строительства эффективными материалами для ЗФМ, а также при наличии развитых технологий и нормативов их подбора широкий переход мелиоративного строительства Беларуси на объемные фильтры маловероятен.

Обеспечение выноса охристых соединений водным потоком из дренажа. Вынос охристых соединений из дренажа – простой, хотя и не всегда эффективный метод, основанный на транспортировке железистых осадков до их затвердевания. Традиционным методом является проектирование завышенных уклонов (более 0,4 % для частично заполненных дрена), более современным и эффективным решением – импульсный сброс дренажного стока, при котором в коллекторе искусственно создаются повторяющиеся попуски повышенного расхода, чтобы обеспечить вынос отложений из дренажных коллекторов.

Достоверно установлено, что охристая плёнка прилипает к пластмассовой поверхности дренажных труб сильнее, чем к поверхности керамических труб, и может закрывать перфорационные отверстия дренажных труб. В ходе исследования РУП «Институт мелиорации» зафиксированы случаи интенсивного зарастания перфорации дренажных труб охристыми отложениями. Дренаж прекращал работать уже при очень небольшом слое наносов в трубах.

Преодоление интенсивного заиливания дренажных труб требует увеличения продольного уклона до 10–20 мм/м (0,01–0,02) в зависимости от степени заполнения сечения. Однако на равнинных и слабоволнистых рельефах, характерных для осушаемых земель Беларуси, обеспечение таких уклонов технически затруднительно. Для устранения такого препятствия предлагаются пока не получившие широкого применения различные вари-

анты устройств и сооружений для организации импульсного режима стока.

РУП «Институт мелиорации» предложил следующий вариант самопромывки дренажных систем на малоуклонных землях Полесья (0,0003–0,0006): метод основан на использовании открытых водоприемных колодцев, обеспечивающих импульсный режим подачи воды за счет аккумуляции и интенсивной подачи в дренаж поверхностных ливневых или талых вод. Также ранее были предложены варианты систем с одиночными дренами, выходящими в водоподающие и водопринимающие каналы. При создании напора в водоподающей сети происходит подача повышенных расходов в дренаж, что обеспечивает повышенный вынос мелких частиц в открытую сеть.

Для уточнения проектных параметров и обеспечения эффективной борьбы с потерей работоспособности дренажа вышеупомянутые конструкции нуждаются в дополнительных исследованиях и производственной проверке. Природные условия Полесья, вероятно, окажутся малопригодными для обеспечения требуемых уклонов дренажных линий.

Затопление устьев дренажных трубопроводов. Одним из признанных способов замедления образования нерастворимых охристых отложений является ограничение доступа кислорода во внутренние полости дренажных систем. Постоянное подтопление устьев дренажных коллекторов теоретически обеспечивает снижение аэрации, для чего применяются специальные конструкции устьев, поддерживающие заданный уровень затопления труб.

Опыт исследования экспериментальных дренажных систем с подтопленными устьями в Финляндии показал их эффективность [8], однако широкое применение данного подхода было ограничено вследствие значительных уклонов территории. В то же время текущие исследования, в том числе и нашего института, ставят под сомнение практическую эффективность названного приема. Установлено, что в типичных условиях мелиоративных объектов центральной части Полесья затруднительно обеспечить круглогодичное затопление устьев коллекторов. С другой стороны, при постоянном подтоплении наблюдается интенсивное

отложение железистых соединений и ила по всей внутренней поверхности устьевой части труб, а не только на ее дне. В то же время у обследованных образцов при свободном (неподтопленном) истечении дренажного стока заохриванию подвержена лишь зона переменного уровня воды в трубе, а более высокие скорости (по сравнению с работой в подпоре) течения способствуют выносу отложений в канал, что в любом случае снижает количество отложений и несколько повышает работоспособность дренажа.

Несмотря на предпринятые при строительстве опытного участка меры по обеспечению постоянного подтопления устьев одиночных дрен, полностью изолировать их полости от доступа кислорода не удалось. В зонах подпора скорость течения падала и происходило более интенсивное отложение охры и ила. В связи с этим данный технический прием представляется в условиях Полесья труднореализуемым на практике.

Использование кислот. Для размягчения и удаления плотных железистых отложений дренажные трубы заполнялись 10%-м раствором соляной кислоты в течение 10 часов и затем промывались водой. Установлено, что эффективность растворения охристых отложений в верхней части труб ниже из-за их высокой плотности и повышенного содержания железа. Однако, несмотря на результативность, этот метод признан – из-за согласований с природоохранными структурами – капиталоемким и труднореализуемым уже на этапе проектирования, что ограничивает его применение.

Внесение бактерицидных материалов в дренажную траншею. Около 80–90 % железа осаждается в дренажных трубах из-за жизнедеятельности бактерий, поэтому для снижения интенсивности отложений целесообразно создавать бактерицидную среду внутри ЗФМ и труб.

В Финляндии железистые соединения часто заиливают дренаж практически во всех типах грунтов, поэтому ученые этой страны проводили интенсивные исследования и обобщали мировой опыт по борьбе с данной проблемой [8]. Так, было выявлено, что на интенсивность образования трехвалентного железа влияют общая кислотность среды,

содержание кислорода, а также присутствие гуминовой и кремниевой кислот. Последние, будучи гидрофобными коллоидами, способствуют образованию гуматов железа и соединений железа с кремниевой кислотой, что увеличивает вязкость жидкости и уменьшает скорость ее течения в дрене, что, в свою очередь, вызывает усиленную коагуляцию железистых соединений.

Хорошие результаты показали эксперименты с использованием медной проволоки диаметром 4 мм, протянутой внутри дрены [8]. По мнению финских ученых, медь выступает не как бактерицидное средство, а участвует в электрохимической реакции: гидроксид меди – в зависимости от концентрации гуминовой кислоты – может сдерживать или стимулировать выпадение железистых соединений, что актуально для почв, богатых гумусом (торфяников и постторфяных почв). Однако наши расчеты показали, что стоимость одной жилы медной проволоки составит 405–810 руб/га, что экономически неэффективно для условий Беларуси.

Другим вариантом требуемого воздействия на заохривание является применение мелкодисперсного порошка серного колчедана (по методу А. Е. Касьянова¹), который можно условно определить как метод использования ингибиторов для защиты дренажа.

Данная технология предусматривает внесение на придренных участках шириной 3–4 м около 40–60 г/м порошка серного колчедана (размер частиц 0,02–0,05 мм) в полость кротовин или следа от рыхлителя. По сравнению с традиционными методами рекомендуемый способ снижает интенсивность отложения окиси железа в дренах на 24 % и экологически безопасен. Этот же исследователь предлагает вносить мелкодисперсный порошок торфяной золы сухого удаления на поверхность обработанного поля в основание гребня с последующей его отсыпкой². Это расширяет функциональные возможности способа гребневания за счет создания условий для подавления жизнедеятельности железобактерий, способ-

ствующих заохриванию дренажа, а также снижает интенсивность заохривания дренажа на 31 %. Метод осуществляют следующим образом: поверхность дренируемого поля выравнивают комбинированным агрегатом РВК-3,6; окучником КОН-2, снабженным устройством для равномерного полосового внесения мелкодисперсного порошка, вносят мелкодисперсный порошок торфяной золы сухого удаления, а затем формируют гребень высотой 20–25 см и шириной 30–35 см.

Далее осуществляют стандартный комплекс агротехнических работ. Дрены отводят избыточную влагу, перемещая частицы золы (размером 0,1–0,4 мм) в придренную зону. За счет высокого содержания карбоната кальция (40–45 %) зола подавляет жизнедеятельность железобактерий, прекращая заохривание дрена. Фракция 0,1–0,4 мм является оптимальной, так как более мелкие частицы повышают трудоемкость без улучшения распределения, а более крупные снижают равномерность внесения.

Дозировка внесения торфяной золы сухого удаления (40–96 кг/га) дифференцируется в зависимости от гранулометрического состава почвы и содержания закисного железа в дренажном стоке. Меньшие нормы (40 кг/га) рекомендованы для легких почв при концентрации $Fe^{2+} < 4$ мг/л, большие (96 кг/га) – для тяжелых почв при $Fe^{2+} > 6$ мг/л. Исследования А. Е. Касьянова показали, что применение золы снижает интенсивность заохривания дрена с 49 до 18 %, обеспечивая эффективность в 31 %. Предложенный способ гребневания, включающий нанесение порошка золы в основание гребня, расширяет функциональные возможности мелиоративных мероприятий и существенно снижает заохривание дренажа.

Известен ряд технических решений по использованию выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания¹. В частности, для защиты горизонтального дренажа от заохривания в полость трубы подают отработанные газы. Наиболее эффективный и новый способ – это одновременная подача в полость

¹ Способ защиты горизонтального закрытого дренажа от заохривания: пат. RU E02B 11/00 F16L 58/00. № 2527044 / А. Е. Касьянов. Опубл. 27.08.2014.

² Способ защиты горизонтального закрытого дренажа от заохривания: пат. RU МПК E02B 11/00. № 2672380 / А. Е. Касьянов. Опубл. 14.11.2018.

дрены выхлопных газов и мелкодисперсного порошка угольной (или буроугольной) золы ТЭС, содержащего не менее 28 мг/кг меди. Порошок золы (угольной и/или буроугольной) уносится с потоком выхлопных газов и поступает на внутреннюю поверхность и в щели дренажных труб. Содержащиеся в золе медь и карбонат кальция блокируют бактериальное превращение соединений железа в нерастворимые формы, что приводит к гибели железобактерий и прекращению процесса заохривания. Изобретение снижает интенсивность заохривания дренажа на 42 % по сравнению с аналогами.

Данный способ осуществляют следующим образом. Устье дрены закрывают заглушкой, оснащенной патрубком с отводом, вентилем и дозаторной емкостью. Патрубок соединяют шлангом с выхлопной трубой трактора для подачи газов в полость дрены. Дозаторную емкость заполняют мелкодисперсным порошком золы (угольной или буроугольной), после чего открывают вентиль. Инжекция газового потока обеспечивает подачу порошка в дренаж. Подачу газов прекращают после завершения опорожнения дозаторной емкости. На сегодняшний день метод проходит стадию исследования эффективности в различных ус-

ловиях. Условием эффективности является наличие вблизи мелиоративных объектов запасов угольной или буроугольной золы, которую необходимо утилизировать. Таких мест в Республике Беларусь не так много, чтобы можно было рассчитывать на широкое применение этого предложения.

Эксплуатационная промывка дренажных труб. В течение длительного жизненного цикла дренажа коллекторы могут неоднократно промываться для уменьшения степени заполнения внутреннего сечения. Несмотря на простоту, это самый эффективный на сегодня способ поддержания работоспособности системы.

Промывка под напором небольших осушительных систем дает хорошие результаты в случае «свежих», не затвердевших отложений. Одиночные дрены легче промываются, чем, например, системы типа «рыбья кость». Регулярность промывки через 2–3 года обеспечивает требуемый уровень работоспособности дренажа на большинстве коллекторов [9].

Ниже представлены результаты лабораторной оценки эффективности промывки дренажа, проработавшего 14 лет в условиях суффозионных грунтов и повышенного содержания закисных соединений железа.

2. Моделирование влияния промывки на водоприемную способность дренажа после 14 лет эксплуатации в неблагоприятных условиях

В РУП «Институт мелиорации» для уточнения эффективности промывки как метода восстановления работоспособности заохривных дренажей (в условиях длительной эксплуатации на суффозионных грунтах с повышенным содержанием закисного железа) была модифицирована специальная установка для моделирования процесса с заданными параметрами [9]. Общий вид установки и процесса промывки приведен на рис. 1.

Промывку испытывали при однократном проходе промывочной головки на метровых образцах дренажных труб, отобранных с опытного участка с сохранением ненарушенной структуры слоя наносов с охрой. Конструкция промывочной головки и параметры подачи воды были подобраны для имитации рабочих режимов машины УПД-120 [9]. В ходе эксперимента фиксировались расход воды и продолжительность промывки образца. Для определения массы

удаленных из внутренней полости наносов проводилось взвешивание образца дренажной трубы до и после промывки. Разница соответствовала массе удаленных наносов из внутренней полости образца.

В результате анализа и обобщения результатов лабораторных и полевых исследований оценена эффективность предложенных вариантов. В частности, на основе физического моделирования изучено влияние промывки на восстановление водоприемной способности дренажа на Полесской полевой опытной станции (ПОС). Эксперименты выполнены для условий 14-летнего заохривания на фоне суффозионного заиливания пылеватыми частицами. Общий вид внутренней полости образцов до и после промывки приведен на рис. 2. Масса удаленных наносов при исследуемом режиме промывки, отнесенный к погонному метру трубы коллектора, представлена в табл. 1.

Таблица 1. Определение массы промытых наносов из образцов заиленных дрена на ОПУ ПОС* Лунинецкого р-на Брестской обл.

Масса дренажных труб ($L = 40$ см) до и после промывки			Удалено наносов, г
№ образца	Масса до промывки, г	Масса после промывки, г	
103	892,30	633,40	258,90
109	453,69	409	44,69
111	1237,20	682,25	555
113	1037,28	686,68	350,60
114	529,15	479,16	50

*ОПУ ПОС – опытно-производственный участок Полесской опытной станции.



1



2



3

Рис. 1. Установка для моделирования промывки дренажа:
1–2 – общий вид элементов установки; 3 – процесс моделирования промывки



Труба 109 – до промывки



Труба 109 – после промывки



Труба 113 – до промывки



Труба 113 – после промывки

Рис. 2. Общий вид образцов дренажных труб после 14 лет эксплуатации в неблагоприятных условиях (суффозионные грунты, высокое содержание закисного железа в грунтовых водах)

Промывка образцов дренажных труб осуществлялась штатной промывочной насадкой устройства промывки дренажа УПД-120. Параметры струи соответствовали параметрам этой установки: расход воды составлял 1,5–2 л/с при давлении 1МПа [9]. В течение 2–3 секунд промывочная насадка проходила через образец дренажной трубы и с такой же скоростью возвращалась обратно.

В ходе однократной промывки труб на опытном участке при помощи дренопромывочной машины масса удаленных отложений

(охристые соединения с песчанистыми наносами) составила от 111 до 1387 г/м. Результаты визуального осмотра подтверждают высокую эффективность однопроводного режима: отмечено значительное улучшение состояния внутренней полости дрен (рис. 2).

На рис. 3–5 представлены графики изменения водоприемной способности (дебита) в объемных показателях от напора (метровой трубы): в заиленном состоянии, после промывки, в исходном состоянии сразу после закладки дренажа. Приведены материалы

по дренам: 3ФМ дрены № 109 выполнены с использованием нетканого геотекстильного полотна из полипропиленовых волокон Typar® SF (Typar® SF, класс 27, производитель – DuPont, США); 3ФМ дрены № 113 выполнены с использованием нетканого термообработанного полотна из полипропиленовых волокон ПНМ-ППВ-Т-150 (без гидрофильной добавки; производитель – ОАО «ПИНЕМА», г. Пинск).

На рис. 5 приведена относительная оценка водоприемной способности образцов труб до и после промывки, выраженная в процентах относительно контрольных значений (чистая труба), и показателей 3ФМ сразу после закладки дренажа (стандарт).

В среднем до промывки водоприемная способность дрены № 109 составляла 35,6 % от исходной, зафиксированной сразу после закладки, при чистой трубе и 3ФМ. После проведения промывки этот показатель увеличился

до 45,8 %, обеспечив прирост эффективности на 10,2 процентных пункта.

Исследовались следующие состояния образцов дрена: сразу после закладки (стандарт); заиленная дрена после 5 (экспедиционно) и 14 лет работы (по всем вариантам 3ФМ) в условиях заохривания и заиления суффозионными частицами; дрена после промывки наносов в дрена, одним проходом дренапромывочной головки.

Водоприемная способность дрена для опытных образцов увеличилась на 10–16 % от показателей стандарта (новой заложеной трубы с незакольматированным 3ФМ). Объекты исследования – дренажные трубы в различных состояниях: 1) исходном (стандартные образцы сразу после закладки); 2) после 5 и 14 лет эксплуатации в условиях заохривания и кольматации суффозионными частицами (для всех вариантов 3ФМ); 3) после однократной промывки дренапромывочной головкой.

3. Оценка динамики водоприемной способности дренажных линий опытного участка ПОС до и после промывки

В лабораторных условиях определялась водоприемная способность заиленных и заохренных образцов дренажа с различными видами 3ФМ. Результаты сравнивались с водоприемной способностью эталонного образца (чистой трубки с чистым слоем 3ФМ).

Разница в показателях водоприемной способности между стандартом и текущим состо-

янием служит объективным критерием потери работоспособности дренажа. На ОПУ ПОС в 2017, 2024 и 2025 гг. проводился отбор образцов дренажных труб с сохранением слоя заиления и заохривания. Фрагменты результатов анализа этих образцов, дополненные данными об изменении водоприемной способности после однократной промывки, приведены на рис. 6.

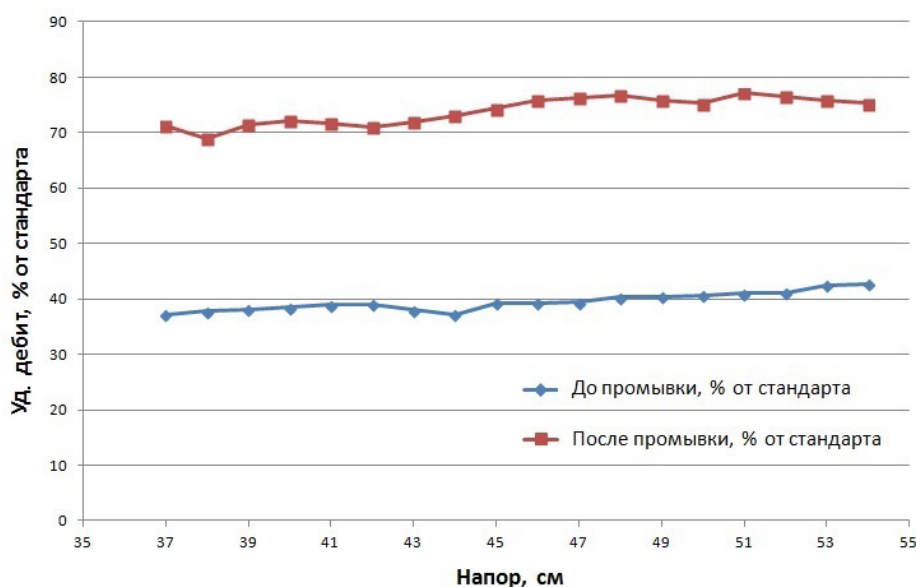


Рис. 3. График зависимости дебита от напора для дрены 109 (3ФМ – Typar-27, метровый отрезок) на опытном участке ПОС (Лунинецкий р-н)

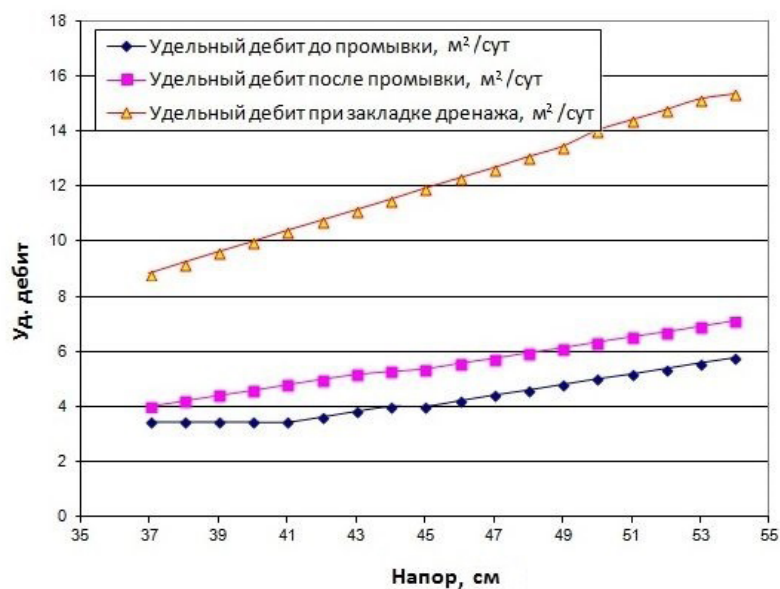


Рис. 4. График зависимости дебита от напора для дрена 113 (ЗФМ – Пинема-Т-150, метровый отрезок) на опытном участке ПОС (Лунинецкий р-н)

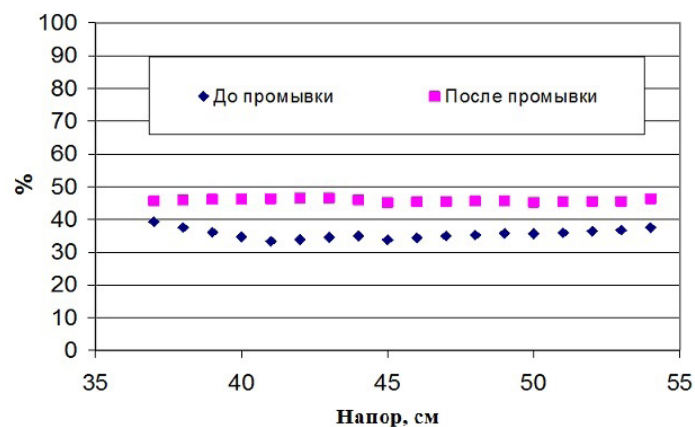


Рис. 5. Водоприимная способность дрена № 109 до и после промывки (в % от проектной способности при закладке)

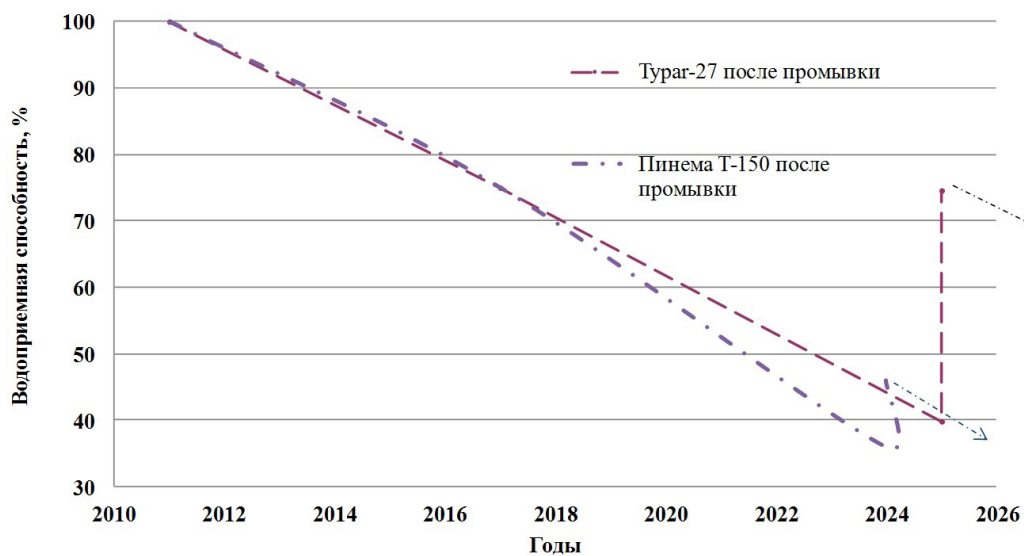


Рис. 6. Динамика изменения водоприимной способности дренажа в неблагоприятных условиях (заиление и заохривание) и ее восстановления после имитации промывки

Снижение водоприемной способности дренажа происходило по зависимости, близкой к линейной (4–5 % в год от водоприемной способности эталона). По нашим наблюдениям, снижение этого параметра до 38–40 % от эталона все еще обеспечивает приемлемое качество водного режима в условиях ОПУ

ПОС. Промывка (даже в один проход) позволяет повысить водоприемную способность на 10–35 % от эталона.

Можно заключить, что в условиях ОПУ ПОС промывка эффективно поддерживает требуемую кондицию дренажа и заданный водный режим.

Выводы

1. Из всех известных способов поддержания работоспособности дренажа в неблагоприятных природных условиях (заохривание и закупорка мелкоземом) его периодически повторяемая промывка – самый эффективный эксплуатационный метод.

2. На специально построенном опытно-производственном участке Полесской опытной станции в условиях повышенного содержания закисных соединений железа в грунтовых водах и склонности грунтов к закупориванию внутренних полостей коллекторов минеральными частицами дренаж в виде одиночных дренажей увеличенного диаметра на протяжении 14 лет обеспечивал приемлемый водный режим. При этом ежегодная потеря водоприемной способности составляла 4–5 % от эталон-

ного значения. В условиях ОПУ ПОС система функционировала эффективно даже при потере 60–62 % первоначальной водоприемной способности, поддерживая водный режим, приемлемый для интенсивного сельскохозяйственного производства.

3. Промывка дренажа (даже в один проход) восстановила водоприемную способность до уровня, актуального 2,5–8 лет назад. Достигнутые показатели обусловлены совокупностью природных факторов ОПУ ПОС. В других условиях показатели эффективности могут отличаться, тем не менее природные условия Полесской опытной станции считаются типичными для центральной части Припятского Полесья. Следовательно, выводы данной работы репрезентативны для значительных площадей региона.

Список использованных источников

1. Шкутов, Э. Н. Рекомендации по проектированию и возведению мелиоративных систем и сооружений / Э. Н. Шкутов, В. М. Макоед, А.И. Митрахович. – Мн. : Институт мелиорации, 2019. – 99 с.
2. Митрахович, А. И. Рекомендации по применению геотекстиля ТУРАР®SF в качестве защитно-фильтрующего материала полиэтиленового дренажа в мелиоративном строительстве / А. И. Митрахович, В. М. Макоед, А. П. Сергеева. – Мн. : РУП «Институт мелиорации», 2019. – 52 с.
3. Кунце, Г. Загрязнение почвы железом и заохривание труб / Г. Кунце ; под ред. Ф. Р. Зайдельмана ; пер. с англ. А. Ю. Конкина. – М. : Агропромиздат, 1986. – 103 с.
4. Митрахович, А. И. Рекомендации по применению полимерных материалов для защиты дренажа от заиливания в различных почвенно-грунтовых условиях / А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук. – Мн. : РУП «Институт мелиорации», 2019. – 65 с.
5. Шкутов, Э. Н. Из истории исследований процессов заохривания дренажных труб / Э. Н. Шкутов, А. И. Митрахович, В. П. Иванов // Мелиорация. – 2025. – № 2. – С. 24–31.
6. Зонн, С. В. Железо в почве / С. В. Зонн. – М. : Наука, 1982. – 207 с.
7. Маслов, Б. С. Заиливание дренажей железистыми отложениями: природа и способы борьбы / Б. С. Маслов // Гидротехника и мелиорация. – 1972. – № 10. – С. 34–42.
8. Опыты финских мелиораторов по предотвращению заиливания дренажа (по материалам ЦБНТИ) // Научно-техническая информация. Мелиорация и водное хозяйство : сб. ст. / М-во мелиорации и вод. хоз-ва. – М., 1971. – № 2. – С. 9.
9. Анженков, А. С. Оценка воздействия насадок на поток пульпы при гидродинамическом способе очистки дренажа / А. С. Анженков, В. А. Болбышко // Мелиорация. – 2023. – № 1. – С. 5–10.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНТЕГРАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ И ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЕДИНОЙ ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ

З. Г. Ламердонов¹, доктор технических наук

А. Е. Хаджиди², доктор технических наук

Т. Ю. Хаширова³, доктор технических наук

У. Р. Сидаравичуте², магистрант

¹ Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова,
г. Нальчик, Россия

² Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

³ Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, г. Нальчик, Россия

Аннотация. В горных и предгорных районах России часто возникает две задачи: необходимость создания мелиоративной системы и формирование противооползневой защиты. Интеграция мелиоративной (осушительной и оросительной) инфраструктуры с противооползневой защитой позволяет достичь двойного эффекта: обеспечить оптимальные режимы увлажненности почвы для сельскохозяйственного производства и одновременно стабилизировать потенциально оползнеопасные склоны. Создание единой системы дренирования вместо отдельных сооружений может привести к значительной экономии капитальных и эксплуатационных затрат при условии тщательного технико-хозяйственного обоснования. Предлагаемая методика устанавливает критерии и процедуру сравнения интегрированного решения с традиционным подходом раздельной реализации.

Ключевые слова: мелиоративная система, противооползневая защита, дренажные системы, мониторинг, интеграция.

**Z. G. Lamerdonov, A. E. Khadzidi, T. Yu. Khashirova,
U. R. Sidaravichute**

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE INTEGRATION OF LAND RECLAMATION AND LANDSLIDE SYSTEMS BASED ON A SINGLE DRAINAGE NETWORK

Abstract. In the mountainous and foothill regions of Russia, two tasks often arise: the need to create a reclamation system and to create an anti-landslide protection system. The integration of reclamation (drainage and irrigation) infrastructure with anti-landslide protection allows for a dual effect: to ensure optimal soil moisture conditions for agricultural production and to simultaneously stabilize potentially landslide-prone slopes. The creation of a single drainage system instead of separate structures can lead to significant savings in capital and operating costs, provided that a thorough feasibility study is conducted. The proposed methodology establishes criteria and a procedure for comparing an integrated solution with the traditional approach of separate implementation.

Keywords: system, landslide protection, drainage systems, monitoring, integration.

Введение

Защита от опасных природных явлений, таких как оползни, сели, эрозия почв, — одна из наиболее значительных инженерных и природоохранных задач. В Российской Федерации развивается интегрированный подход [1–5], объединяющий биолесомелиоративные, гидротехнические и инженерные методы решения этой задачи, что дает наилучший результат (табл. 1). Биологические и лесомелиоративные методы имеют долгий период внедрения (5–10 лет), низкие затраты. Гидротехнические методы оптимальны (1–2 года реализации), но они требуют постоянного обслуживания, уровень затрат — средние-высокие [2–6]. Инженерные и

конструктивные методы реализуются достаточно быстро, от нескольких месяцев до года (или 2 лет), но имеют высокую стоимость и требуют привлечения специалистов высокой квалификации [7–9]. Наилучший результат по показателям стоимости, сроков и долговечности — это комбинация всех трех методов [10, 11]. Учитывая сроки реализации до полной эффективности, следует в первую очередь рассматривать интеграцию мелиоративных и противооползневых систем со сроком реализации 1–2 года, а далее должно планироваться использование биологических и лесомелиоративных подходов, имеющих сроки реализации 5–10 лет.

Таблица 1. Методы защиты от оползней и эрозии [1]

Тип метода	Основная функция	Преимущества	Недостатки	Категория затрат	Сроки реализации	Долгосрочная устойчивость	Примеры
Биологические и лесомелиоративные	Стабилизация почвенной структуры через растительность и корневые системы, снижение инфильтрации воды и водного стока	Низкая стоимость, саморегенерирующаяся система, экологические выгоды, улучшение микроклимата, дополнительные ресурсы	Требуется длительного периода роста, зависит от погодных условий, не может остановить активные оползни немедленно	Низкие	5–10 лет до полной эффективности	Высокая (саморегенерирующаяся система)	Защитные лесные полосы, укрепление склонов, озеленение травой, буферные зоны
Гидротехнические	Регулирование потока воды, снижение порового давления, изменение геометрии склона и водного баланса	Адресует основную причину (вода); эффективна для профилактики; может быть отрегулирована	Требуется специализированного проектирования, постоянного обслуживания; может быть дорогостоящей	Средние – высокие	1–2 года реализации	Средняя (требует постоянного обслуживания)	Дренажные системы, системы регулирования стока, бассейны-отстойники, изменение уклона склонов
Инженерные и конструктивные	Обеспечение немедленной механической поддержки и передачи нагрузок, создание барьеров против движения	Немедленная стабилизация, может остановить активные движения; высокая точность контроля возможна	Высокая стоимость; требует узкой специализации; ограниченные экологические выгоды	Высокие	Несколько месяцев – 1 + год	Средняя (зависит от обслуживания и срока службы конструкции)	Подпорные стены, анкерные системы, габионные конструкции, скальные укрепления

Основная часть

Интеграция мелиоративных и противооползневых систем возможна на основе единой дренажной сети. Для этого необходимо выполнение двух одновременно действующих требований:

1) понижение уровня грунтовых вод (УГВ) на осушаемых площадях до проектной глубины $h_{\text{проект.}}$;

2) разгрузка пор и снижение норм порового давления в зоне предполагаемого скольжения.

Расход дренажной системы определяется по формуле приближенной фильтрационной модели [12]:

$$Q_{\text{сист.}} = \sum_{i=1}^n q_i' \cdot l_i = \sum_{i=1}^n \frac{K_i (H_i^2 - h_i^2)}{2L_i} \cdot l_i, \quad (1)$$

где $Q_{\text{сист.}}$ – общий расход единой системы, $\text{м}^3/\text{сут.}$;

Q_i' – удельный расход на 1 м длины i -й дрены, $\text{м}^3/\text{сут.} \cdot \text{м}$;

K_i – коэффициент фильтрации грунтового слоя, $\text{м}/\text{сут.}$;

H_i – высота УГВ в междуренье над водоупором (без дренажа), м;

h_i – высота воды в дрене над водоупором (проектная), м;

L_i – расстояние между дренами в зоне i , м;

l_i – суммарная длина дрен в зоне i , м.

Модель влияния дренажа на устойчивость склона. На практике обычно используются трубы диаметром 100–250 мм с уклоном продольной оси не менее 0,002 (2 м/км) для самотечного отвода. Коэффициент запаса устойчивости в общем виде, согласно Рекомендациям по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневому давлению, выражается отношением

$$F = \frac{\sum R_{\text{удерж.}}}{\sum S_{\text{сдвиг.}}}, \quad (2)$$

где $\sum R_{\text{удерж.}}$ – сумма удерживающих сил;

$\sum S_{\text{сдвиг.}}$ – сумма сдвигающих сил вдоль поверхности скольжения.

При дренировании склона происходит снижение порового давления, согласно Рекомендациям по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневому давлению:

$$\Delta u = \gamma_w \Delta h_{\text{снж.}}, \quad (3)$$

что приводит к увеличению эффективных нормальных напряжений:

$$\Delta \sigma' = \gamma_w \Delta h_{\text{снж.}}, \quad (4)$$

где $\gamma_w = 10 \text{ кПа}/\text{м}$ – удельный вес воды.

Соппротивление сдвигу по критерию Кулона – Мора, согласно Рекомендациям по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневому давлению, повышается:

$$\Delta \tau_f = \Delta \sigma' \cdot \tan \varphi' = \gamma_w \Delta h_{\text{снж.}} \cdot \tan \varphi'. \quad (5)$$

Ориентировочное увеличение коэффициента запаса, согласно Рекомендациям по выбору методов расчета коэффициента устойчивости склона и оползневому давлению:

$$\Delta F \approx \frac{\Delta \tau_f \cdot L_{\text{скольж.}}}{W}, \quad (6)$$

где $L_{\text{скольж.}}$ – длина поверхности скольжения;

W – вес оползневого массива.

Материалы и методы исследования

Для каждого варианта проектного решения рассчитывают приведенные годовые затраты ($Z_{\text{пр.}}$) [13]:

$$Z_{\text{пр.}} = E_n \cdot K_{\text{кап.}} + Z_{\text{эксп.}} + Z_{\text{монит.}}, \quad (7)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений (ставка дисконтирования), обычно 0,08–0,12 год^{-1} ;

$K_{\text{кап.}}$ – капитальные вложения (проектирование, строительство, в том числе испытания), тыс. руб.;

$Z_{\text{эксп.}}$ – годовые эксплуатационные затраты (содержание, ремонт, текущие работы), тыс. руб/год;

$Z_{\text{монит.}}$ – затраты на мониторинг (содержание пьезометров, наблюдательных скважин), тыс. руб/год.

Ежегодный ущерб, вызванный неконтролируемым развитием оползней и засолением/переувлажнением земель, определяется по методикам оценки рисков [14]:

$$U = P_{\text{отказа}} \cdot (C_{\text{разруш.}} + C_{\text{потери урож.}} + C_{\text{прост.}}), \quad (8)$$

где $P_{\text{отказа}}$ – вероятность оползневого события в год (определяется статистически или экспертно);

$C_{\text{разруш.}}$ – стоимость восстановления поврежденных сооружений и инфраструктуры;

$C_{\text{потери урожай.}}$ – экономический ущерб от потери или деградации урожая на подтопленных площадях;

$C_{\text{прост.}}$ – затраты на преодоление простоев в хозяйственной деятельности.

Можно рассмотреть два сценария.

Базовый сценарий 1 (без мероприятий)

[14]:

$$U_{\text{без}} = P_0 \cdot (C_{\text{разруш.}} + C_{\text{потери урожай.}} + C_{\text{прост.}}); \quad (9)$$

сценарий 2 (применение интегрированной системы [14]):

$$U_{\text{с,а}} = P_A \cdot (C'_{\text{разруш.}} + C'_{\text{прост.}}), \quad (10)$$

где $P_A < P_0$ (вероятность снижается за счет дренажа), а C'_i могут быть нулевыми или заметно меньше базовых значений.

Предотвращенный ущерб за год [12]:

$$U_{\text{предотв.}} = U_{\text{без}} - U_{\text{с.}} \quad (11)$$

Чистый годовой эффект (критерий выбора)

[12]:

$$\Delta E_{\text{год}} = U_{\text{предотв.}} - Z_{\text{пр.}} \quad (12)$$

Вариант интегрированной системы эффективен, если $\Delta E_{\text{год}} > 0$.

В годах период окупаемости [12]:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{K_{\text{кап.}}}{U_{\text{предотв.}} - Z_{\text{экс.}}} \quad (13)$$

(Рекомендуемое значение – менее 10 лет.)

Внутренняя норма доходности (IRR) определяется из условия [15]:

$$\sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1 + IRR)^t} = 0, \quad (14)$$

где CF_t – приток денежных средств в году t (положительный для предотвращенного ущерба и экономии, отрицательный для затрат). Приток денежных средств – показатель, отражающий движение денежных средств за определенный период времени, независимо от источников их образования.

Рекомендуемое значение: $IRR \geq 0,12 \cdot \text{год}^{-1}$ (то есть не менее нормативной ставки дисконтирования).

Решение о создании интегрированной системы принимается, если индекс прибыльности $Pl > 1$ [16]:

$$Pl = \frac{PV_{\text{доход.}}}{PV_{\text{затрат}}}, \quad (15)$$

где PV – приведенная стоимость.

Рассмотрим сравнение двух вариантов проектных решений (табл. 2).

Вариант А. Раздельные системы: осушительный дренаж площадей (горизонтальный или вертикальный), контур мониторинга 1; противооползневая защита (подпорные стены, дренажные галереи, контрбанкеты), контур мониторинга.

Вариант Б. Интегрированная единая система дренирования: единая сеть дренажных труб (для мелиорации и разгрузки склона), общие коллекторы и водоприемники, единая система мониторинга УГВ и давления пор (пьезометры, скважины). Где недостаточно одного дренажа, проектируются вспомогательные сооружения (подпорные конструкции, контрбанкеты).

Таблица 2. Сравнительный анализ типовых вариантов дренажных систем

Дренирование	Преимущества	Недостатки
Раздельные системы	■ независимое проектирование; ■ возможность использования специализированных решений	■ дублирование коллекторов, насосных станций; ■ избыточность сетей водоприема и наблюдательных скважин; ■ содержание и обслуживание двух сооружений; ■ более высокие эксплуатационные затраты
Интегрированная единая система	■ однократное прокладывание трубопроводов; ■ общие коллекторы и водоприемники; ■ единое управление и мониторинг; ■ единая служба эксплуатации и ремонта; ■ снижение общих капитальных затрат на 25–40 %; ■ снижение эксплуатационных затрат на 20–30 %	■ сложное предварительное проектирование и согласование; ■ нужна интеграция данных мониторинга для двух целей; ■ возможны ограничения (при конфликте требований)

Рассмотрим пример численного сравнения (реалистичный случай).

Исходные данные:

площадь защищаемого участка: $S = 150$ га = $1,5$ км²;

средняя глубина УГВ (без мероприятий): $h_0 = 3,5$ м;

проектная глубина УГВ для мелиорации: $h_{\text{проект.}} = 1,5$ м;

требуемое понижение: $\Delta h = 2,0$ м.

Характеристики грунтового массива:

коэффициент фильтрации: $K = 0,6$ м/сут;

угол внутреннего трения: $\varphi' = 20^\circ$;

сцепление: $c' = 12$ кПа;

удельный вес: $\gamma = 18$ кН/м³.

Параметры дренажной сети:

расстояние между дренами: $L = 50$ м;

мощность пласта: $m = 8$ м;

суммарная длина дрен: $l_{\text{суммар.}} \approx 60$ км (при сетке 50×50 м).

Расчет производительности системы.

По формуле Дюпюи (уточненной):

$$q' = \frac{K(H^2 - h^2)}{2L} = \frac{0,6(2,0^2 - 0,5^2)}{2 \times 50} = \frac{0,6 \times 3,75}{100} = 0,0225 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Общий расход систематического дренажа:

$$Q = 0,0225 \times 60,000 = 1,350 \text{ м}^3/\text{сут} \approx 1,35 \times 10^3 \text{ м}^3/\text{сут} = 16 \text{ л/с.}$$

Диаметр главного коллектора (с запасом): $150\text{--}200$ мм при средней скорости $0,3\text{--}0,5$ м/с.

Расчет влияния на устойчивость.

Исходные параметры оползня:

глубина поверхности скольжения: $z_s = 5,0$ м;

длина поверхности скольжения: $L_{\text{скольж.}} = 120$ м;

ширина оползневого массива: $b = 200$ м;

объем массива: $V = b \times L_{\text{скольж.}} \times z_s = 200 \times 120 \times 5 = 120,000 \text{ м}^3$.

Начальный УГВ пересекает поверхность скольжения на глубине $3,5$ м от поверхности (на $1,5$ м выше поверхности скольжения).

Поровое давление в зоне скольжения (до дренажа):

$$u_{\text{до}} = \gamma_w \times 1,5 = 10 \times 1,5 = 15 \text{ кПа.}$$

После включения дренажа (УГВ понижается на $2,0$ м):

$$u_{\text{после}} = \gamma_w \times (1,5 - 2,0) = 0 \text{ кПа,}$$

то есть зона скольжения оказывается выше УГВ, порового давления нет.

Прирост прочности в зоне скольжения:

$$\Delta\tau_f = \Delta\sigma' \times \tan\varphi' = 10 \times 2,0 \times \tan 20^\circ = 20 \times 0,364 = 7,28 \text{ кПа.}$$

Ориентировочное изменение коэффициента устойчивости (при равномерном распределении по поверхности скольжения) [17]:

$$\Delta F \approx \frac{\Delta\tau_f \times L_{\text{скольж.}}}{W_{\text{кас.}}}, \quad (16)$$

где касательная компонента веса для 8 -градусного склона (упрощенно):

$$W_{\text{кас.}} \approx W \times \sin 8^\circ = 120\,000 \times 18 \times 0,139 \approx 300 \text{ кН.}$$

$$\Delta F \approx \frac{7,28 \times 120}{300/10} = \frac{873,6}{30} \approx 0,29.$$

Таким образом, если исходный коэффициент устойчивости склона был $F_0 = 0,95$, то после дренажа $F_1 \approx 0,95 + 0,29 = 1,24$ (критерий устойчивости $F \geq 1,2$ достигается).

Рассчитаем предотвращенный ущерб.

Оценка вероятности оползня без мероприятий на основе наблюдений: $P_0 = 0,15$ в год. Основные компоненты ущерба определены путем анализа архивных материалов и расчета с использованием общеизвестных и/или усредненных данных (табл. 3).

Итак, восстановление разрушенной дорожной сети, зданий: ~ 500 млн руб. (событие); потеря урожая на подтопленных 150 га при урожае 40 ц/га и цене 15 тыс. руб/т – 9 млн руб. (ежегодный потенциальный ущерб, без мероприятий); затраты на преодоление чрезвычайной ситуации: ~ 50 млн руб.

1) Ежегодный ущерб без мероприятий:

$$U_{\text{без}} = 0,15 \times (500 + 50) = 82,5 \text{ млн руб./год,}$$

плюс 9 млн руб/год на мероприятия по минимизации засоления почв;

2) Ежегодный ущерб с интегрированной системой (табл. 4):

при $F \geq 1,2$ вероятность активизации оползня снижается до $P_A = 0,02$ в год (расчет по регламенту).

Засоление исключается благодаря оптимальному режиму УГВ:

$$U_c = 0,02 \times (500 + 50) + 0 = 11 \text{ млн руб/год.}$$

Предотвращенный ущерб:

$$U_{\text{предотв.}} = 82,5 + 9 - 11 = 80,5 \text{ млн руб/год} \approx 80,5 \text{ тыс. руб/год (в пересчете).}$$

Данные приведены условно в тысячах для сравнения с затратами:

$$U_{\text{предотв.}} \approx 80\,500 \text{ тыс. руб/год.}$$

Таблица 3. Вариант А (раздельные системы)

Статья затрат	Стоимость, тыс. руб.
<i>Капитальные затраты ($K_{\text{кап.}}$)</i>	
Проектирование системы мелиоративного дренажа	2500
Строительство осушительных дрен (60 км × 250 тыс. руб/км)	15 000
Коллектор мелиоративный, насосная станция	8000
Проектирование противооползневых мер	1800
Противооползневый дренаж, галереи, подпорные конструкции	22 000
Отдельный мониторинг (пьезометры, скважины)	3200
Итого капитальных затрат	52 500
<i>Годовые эксплуатационные затраты ($Z_{\text{эсп.}}$)</i>	
Содержание и ремонт дренажных сетей (осушит.)	800
Содержание и ремонт противооползневых сооружений	1200
Электроэнергия (откачка)	400
Мониторинг и измерения	600
Итого годовых затрат	3000
<i>Приведенные годовые затраты ($E_{\text{н}} = 0,10$)</i>	
$Z_{\text{пр.}} = 0,10 \times 52\,500 + 3\,000$	8 250 тыс. руб/год

Таблица 4. Вариант Б (интегрированная система)

Статья затрат	Стоимость, тыс. руб.
<i>Капитальные затраты ($K_{\text{кап.}}$)</i>	
Единое проектирование	3000
Строительство единой дренажной сети (60 км, оптимизированные трассы, × 200 тыс. руб/км)	12 000
Единый коллектор с разделением функций	6500
Малоразмерные подпорные конструкции (локального назначения)	6000
Единая система мониторинга (совмещенные пьезометры)	2200
Итого капитальных затрат	29 700
<i>Годовые эксплуатационные затраты ($Z_{\text{эсп.}}$)</i>	
Содержание единой системы	1200
Электроэнергия	350
Единый мониторинг	400
Итого годовых затрат	1950
<i>Приведенные годовые затраты ($E_{\text{н}} = 0,10$)</i>	
$Z_{\text{пр.}} = 0,10 \times 29\,700 + 1\,950$	4 920 тыс. руб/год

Экономические показатели интеграции.

Чистый годовой эффект:

$$\Delta E_{\text{год}} = U_{\text{предотв.}} - 3_{\text{пр.,Б}} = 80\,500 - 4\,920 = 75\,580 \text{ тыс. руб/год.}$$

Вывод: интегрированная система экономически целесообразна.

Период окупаемости:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{K_{\text{кап.,Б}} - K_{\text{кап.,А}}}{(3_{\text{пр.,А}} - 3_{\text{пр.,Б}})} = \frac{29\,700 - 52\,500}{8\,250 - 4\,920} = \frac{-22\,800}{3\,330} \approx -6,8 \text{ лет.}$$

Отрицательное значение указывает на то, что капитальные затраты окупаются за счет экономии на содержании (за счет более высокой экономии, чем амортизация различия в капвложениях).

Представим расчет более корректно:

$$T_{\text{окуп.}} = \frac{K_{\text{кап.,Б}}}{U_{\text{предотв.}} - 3_{\text{эксп.,Б}}} = \frac{29\,700}{80\,500 - 1\,950} = \frac{29\,700}{78\,550} \approx 0,38 \text{ года,}$$

то есть окупаемость за 4,5 месяца.

Чистая приведенная стоимость в течение 20-летнего периода:

$$NPV = \sum_{t=0}^{20} \frac{(U_{\text{предотв.}} - 3_{\text{пр.,Б}})}{(1 + 0,10)^t} - K_{\text{кап.,Б}},$$

то есть

$$NPV \approx 75\,580 \times \frac{1 - (1,10)^{-20}}{0,10} - 29\,700 \approx 75\,580 \times 9,365 - 29\,700 \approx 708\,000 \text{ руб.}$$

(положительное значение).

Рекомендации по процедуре оценки и принятию решения.**1) Фаза предварительного анализа:**

сбор геологических данных, истории оползней, гидрогеологических наблюдений; выявление оползнеопасных зон и мелируемых земель;

Выводы

Интеграция мелиоративных и противооползневых систем в единую дренажную сеть на мелируемых территориях представляет собой эффективное решение как с технической, так и с экономической точек зрения. Предложенная методика позволяет количественно обосновать целесообразность такой интеграции и выбрать оптимальное проектное решение.

определение наличия потенциального конфликта требований (редко).

2) Фаза технического проектирования:

расчет параметров единой дренажной системы (расходы, диаметры, уклоны); проверка коэффициента запаса устойчивости после дренирования; выбор оптимальной сетки и расположения дрен.

3) Фаза экономической оценки:

сметная стоимость вариантов А и Б (проектирование, строительство); расчет ежегодных эксплуатационных затрат; оценка риска и ущерба по рекомендациям РД 52.04.644–2017 (если применимо); расчет показателей эффективности ($\Delta E_{\text{год}}$, NPV, IRR, $T_{\text{окуп.}}$, PI).

4) Критерии принятия решения об интеграции:

обязательно: $\Delta E_{\text{год}} > 0$;

желательно: $T_{\text{окуп.}} < 3$ лет;

желательно: NPV > 0 при горизонте 15–20 лет;

желательно: PI > 1,5;

отсутствие технологических конфликтов между требованиями мелиорации и противооползневой защиты.

5) Фаза разработки рабочей документации:

при утверждении варианта Б разработка единых чертежей дренажной сети;

система мониторинга с совмещенным контролем УГВ и давления пор;

инструкции по совместной эксплуатации.

6) Фаза мониторинга и управления:

ежегодное уточнение прогнозов устойчивости на основе данных пьезометрии,

корректировка режима откачки (если применяется),

периодическая переоценка ущерба и экономической целесообразности.

На примере типового участка (150 га, восьмиградусный склон) показано, что период окупаемости интегрированной системы может составить менее года, а чистый дисконтированный доход достигает сотен миллионов рублей за 20-летний период эксплуатации.

Ключевое условие успешной реализации – комплексный подход с привлечением специа-

листов по мелиорации, геотехнике, гидрогеологии и экономике, а также систематический

мониторинг показателей устойчивости и мелиоративной эффективности.

Список использованных источников

1. Природообустройство : учебник / А. И. Голованов, Ф. М. Зимин, Д. В. Козлов, И. В. Корнеев. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб. : Лань, 2022. – 560 с.
2. Хаджиди, А. Е. Утилизация дренажного стока осушительной системы / А. Е. Хаджиди, Е. В. Кузнецов, А. Е. Новиков // Природообустройство. – 2025. – № 1. – С. 13–20.
3. Лебедев, А. С. Имитационное моделирование процесса подпочвенного полива / А. С. Лебедев, А. Е. Хаджиди, Т. Ю. Хаширова // Природообустройство. – 2025. – № 4. – С. 6–13.
4. Килиди, Х. И. Водозаборное сооружение для целей орошения земель в горных условиях Северного Кавказа / Х. И. Килиди, Е. В. Кузнецов, А. Е. Хаджиди // Мелиорация и гидротехника. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 89–104.
5. Ключев, Р. В. Совершенствование мониторинга оползневых процессов горных склонов при наличии транспортной инфраструктуры / Р. В. Ключев, В. С. Бригида // Геология и геофизика Юга России. – 2025. – Т. 15, № 3. – С. 66–78.
6. Кузнецов, Е. В. Исследование динамики влажности почвы при капельном поливе / Е. В. Кузнецов, Х. И. Килиди, А. Е. Хаджиди // Мелиорация и гидротехника. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 19–33.
7. Технология аккумулярования стока подземных вод для расширения мелиоративных систем / В. Г. Дегтярев, А. Е. Хаджиди, Г. В. Дегтярев, Е. В. Кузнецов // Мелиорация и гидротехника. – 2023. – Т. 13, № 3. – С. 107–124.
8. Панов, В. И. Ландшафтный гидромелиоративно-гидротехнический кластер в ландшафтно-синергетическом агроэкологическом природопользовании степного засушливого пояса России / В. И. Панов // Научно-агрономический журнал. – 2021. – № 1. – С. 6–18.
9. Митрахович, А. И. Условия применения вертикального дренажа на мелиоративных объектах / А. И. Митрахович, А. П. Майорчик // Мелиорация. – 2023. – № 3. – С. 14–22.
10. Ксензов, А. А. Способы предотвращения водной плоскостной эрозии почвы на склонах / А. А. Ксензов. – Тверь : ТвГУ, 2018. – 30 с.
11. Кудакаев, Т. Враг не сползет! Современные методы инженерной защиты от оползней / Т. Кудакаев // Инженерная защита. – 2015. – № 2. – С. 64–78.
12. Баранчикова, С. Г. Экономическая эффективность технических решений / С. Г. Баранчикова, Т. Е. Дашкова, И. В. Ершова. – Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2016. – 141 с.
13. Богославчик, П. М. Грунтовые плотины : пособие для студентов / П. М. Богославчик, Ю. А. Медведева, О. В. Немеровец. – Мн. : Белорус. нац. техн. ун-т, 2022. – 75 с.
14. Статистические характеристики ущерба в теории риска / М. А. Богданова, В. В. Сигидов, А. М. Уздин, В. П. Чернов // Современная экономика: проблемы и решения. – 2016. – № 5. – С. 22–32. <https://doi.org/10.17308/meps.2016.5/1442>
15. Крыжановский, О. В. Сравнение математических моделей оценки эффективности проектных решений / О. В. Крыжановский, В. А. Чулюков // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1, ч. 2. – С. 291.
16. Башимов, Ш. Удобные способы оценки инвестиционных проектов / Ш. Башимов, О. Хемраева // Образование и наука в XXI веке. – 2025. – № 61–4, т. 1. URL: <https://mpcareer-google.ru/index.php/journal/issue/view/107/96>.
17. Саинов, М. П. Методика расчета устойчивости откосов по пространственным поверхностям скольжения в виде эллипсоида вращения / М. П. Саинов // Вестник МГСУ. – 2013. – № 4. – С. 188–200.

ВАКУУМИРОВАНИЕ ДРЕНАЖА НА ОСУШИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ

А. И. Митрахович¹, кандидат технических наук

И. Ч. Казьмирук², кандидат технических наук

¹РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Аннотация. На основе обзора научно-технических источников рассмотрена сущность физических процессов фильтрации воды в почвогрунтах и водоприемной способности дрен в результате влияния вакуума. Приведены данные поисковых (лабораторных и полевых) исследований вакуумирования дрен на опытно-производственном участке в различных природных условиях. Установлена величина вакуума, обеспечивающая устойчивую работу элементов мелиоративной сети. Определены гидрологические условия (уровень грунтовых вод, тип грунта, положение горизонтального дренажа), влияющие на его стабильную работу при вакуумировании.

Ключевые слова: вакуумный дренаж, осушительно-увлажнительная система, подпочвенное увлажнение, сифонный водосбор, слабоводопроницаемые почвы, фильтрующая засыпка траншеи.

A. I. Mitrakhovich, I. Ch. Kazmiruk
VACUUMING OF DRAINAGE FOR DRAINAGE AND IRRIGATION SYSTEMS

Abstract. The essence of physical processes of water filtration in soils and the water-receiving capacity of drains under the influence of vacuum is provided on the basis of review of scientific and technical sources. Data from exploratory studies on drainage vacuuming is presented: laboratory and field studies at a pilot site under various environmental conditions. The vacuum value required to ensure the stable operation of drainage network components is determined. Hydrological conditions which affect its stable operation during vacuuming were determined: groundwater level, soil type, and horizontal drainage position.

Keywords: vacuum drainage, drainage and humidification system, subsurface humidification, siphon catchment, low-permeability soils, filter trench backfill.

Введение

Вакуумный дренаж – это эффективный метод снижения уровня грунтовых вод, который активно применяется в различных сферах: от гражданского строительства до сельского хозяйства. Данная инновационная технология основывается на создании вакуума в грунте, что позволяет значительно ускорить процесс осушения.

Основная часть

Вакуум представляет собой давление меньше атмосферного. Он может быть образован в среде, изолированной от атмосферного воздуха. За величину вакуума принимают разность между атмосферным и абсолютным давлением внутри разреженного пространства. Сущность вакуумирования грунтов состоит в том, что вакуум, образованный в дрене, передается на околососудную область грунта, в котором создается давление ниже атмосферного. Над дренажной вследствие оттока гра-

витационной воды образуется капиллярная зона, где также устанавливается вакуум. Вакуумирование грунтов интенсифицирует отвод воды из почвы в дренаж.

Применение вакуумирования горизонтальных дрен при осушении сельскохозяйственных земель определяется следующими условиями:

1) необходимостью быстрого отведения избыточных вод в весенний период для сокращения предпосевного периода; данный метод

позволяет интенсифицировать отвод влаги из грунтов тяжелого гранулометрического состава, что улучшает их аэрацию;

2) возможностью увеличения расстояний между дренами;

3) более гибким управлением влажностью почвенного профиля.

Как отмечалось, вакуумный дренаж широко апробировался в среднеазиатских республиках в условиях орошаемого земледелия: «При промывке засоленных почв требуется достаточно свободная емкость (объем пор в почве, который можно заполнить водой) для эффективного выщелачивания солей» [2, с. 55]. В Беларуси системы с вакуумным дренажем в промышленных масштабах не применялись, но поисковые полевые исследования в различных природных зонах проводились в течение 1970–80 гг. Так, вакуумирование осуществлялось сотрудниками Института мелиорации на участке вертикального дренажа Полесской опытно-мелиоративной станции (ПОМС, Лунинецкий р-н Брестской обл.). Там в 1980-х гг. под руководством А. И. Митраховича были построены системы вертикальных скважин с сифонным трубопроводом, соединявшим вертикальный и горизонтальный дренажи, в которых создавался вакуум [3, 4].

На системе вертикального дренажа ПОМС апробирована принципиально иная технология создания вакуума в горизонтальном дренаже с помощью сифонных трубопрово-

дов, соединявших дренажные скважины, с подключением дрен или коллекторов непосредственно к сифонному трубопроводу. Для проверки работоспособности предложенной технологии были проведены специальные полевые исследования на системе дренажа ПОМС.

Экспериментальная система состояла из сифонного водосбора, включавшего три дренажные скважины с сифонными трубопроводами, подключенными к горизонтальным дренам из полиэтиленовых перфорированных гофрированных труб длиной 45 м, диаметром 63 мм с круглой перфорацией и к гончарным дренам с внутренним диаметром 50 мм, которые были заложены на глубине 1 м (рис. 1). Дрены 2, 4 выводились на поверхность и подсоединялись к сифонному трубопроводу 1, проложенному по поверхности земли и соединявшему сифонным трубопроводом скважину 8 со скважиной 6. Для визуального наблюдения за движением воды и воздуха из дрен в их устье были смонтированы вставки из прозрачных труб. Расход дрен замерялся турбинным расходомером 3, величину вакуума регулировали вентилем 9, установленным на патрубке, соединявшем сифон с дренаей. Вакуум в дренае фиксировали ртутными вакууметрами 5, которые подключались к началу, середине и концу дрен. Зарядка сифона осуществлялась эжектирующим устройством 13.

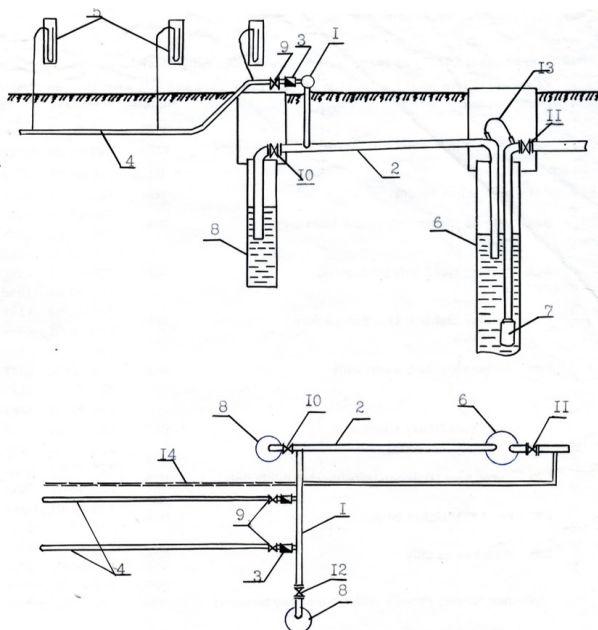


Рис. 1. Схема экспериментальной системы:

1 – сифон; 2, 4 – дрены; 3 – расходомер; 5 – вакууметры; 6, 8 – дренажные скважины; 7 – погружной насос; 9, 10, 11, 12 – задвижки, вентили; 13 – зарядное устройство; 14 – увлажнительный трубопровод

До проведения экспериментов уровни грунтовых вод на системе наблюдались на глубине ниже дна дрена, поэтому перед включением сифонов и проведением всех замеров было произведено напорное нагнетание воды в дрена до полного насыщения грунта и появления воды на поверхности.

Затем в работу вводились сифоны; при этом для снижения влияния дренажной скважины в ней поддерживался динамический уровень воды в пределах 1,0–1,3 м. С помощью регулировки вентиля 9 в дрена создавали различную величину вакуума и одновременно измеряли расход по расходомеру. Данные экспериментов приводятся в табл. 1.

Максимальная величина вакуума в устье дрена составляла 2,2 м вод. ст. (M_1), в ее середине – от 0,26 до 0,45 (M_2) и в конце – от 0,16 до 0,38 м вод. ст. (M_3). На протяжении более двух часов дрена работала полным сечением без заметного колебания вакуума. Это объясняется тем, что при высокой влажности грунта засыпки атмосферный воздух не проникал в дрена и действие вакуума не срывалось. После понижения уровня воды в траншее ниже отметки дна дрена в нее начал поступать воздух, что вызвало резкое колебание вакуума, зафиксированное по показаниям манометра. Поступление воздуха из дрена в сифон привело к срыву в нем вакуума и его разрядке. Поддержание постоянного вакуума в сифоне возможно только при непрерывной работе эжектирующего устройства. Для обеспечения

устойчивой работы сифона необходимо, чтобы уровни грунтовых вод (УГВ) находились выше отметки верха дренажных труб.

Расход дрена длиной 45 м в режиме вакуумирования изменялся от 0,23 до 0,75 л/с (или 20–65 м³/сут). Скорость понижения уровня грунтовых вод в траншее на протяжении всего периода работы составляла около 0,4 м/ч. Поисковые опыты показали, что применение вакуумированного дренажа существенно ускоряет отвод грунтовых вод.

Исследователи, изучавшие в регионах Средней Азии эффективность вакуума в горизонтальном дренаже, также отмечали высокую скорость снижения грунтовых вод. Так, по данным Б. М. Дегтярева, средняя скорость их снижения на дрена вакуумного горизонтального дренажа была в 3–4 раза выше, чем на дрена обычного горизонтального дренажа [1]. Наиболее интенсивный спад УГВ происходил в непосредственной близости от дрена, в которой создавался вакуум.

Применение вакуумного дренажа на орошаемых землях Средней Азии на глубине 3 м и более послужило основой для разработки новых конструкций комбинированного дренажа. При испытании вакуумного дренажа на участках с тяжелосуглинистыми и супесчаными грунтами был получен весьма неожиданный результат: дренажный сток возрос почти в 2 раза при относительно незначительной величине вакуума (0,002 МПа) [1].

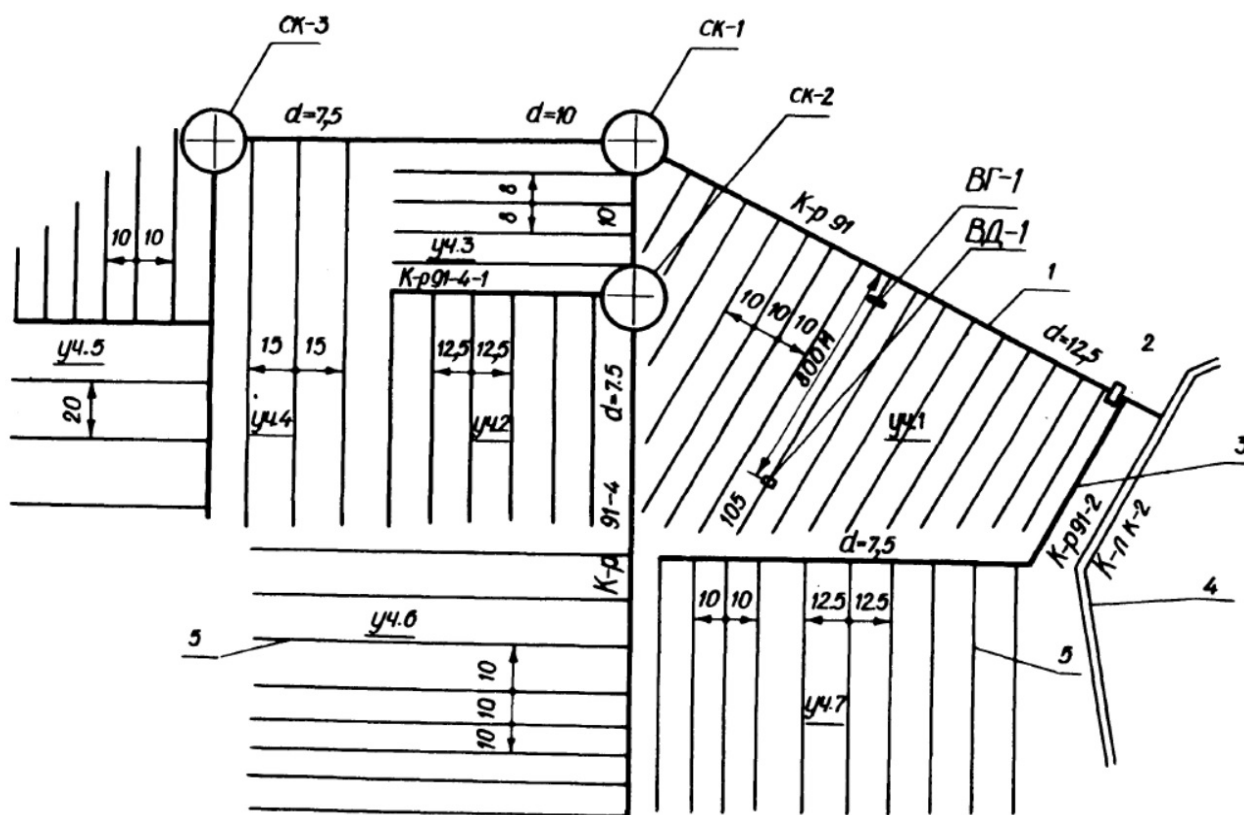
Таблица 1. Величина вакуума, расход и УГВ при работе вакуумных дрена

Интервал измерения, мин.	Вакуум, м вод. ст.			Расход Q , л/с	УГВ, м
	M_1	M_2	M_3		
Начальное	2	0,26	0,16		0,74
10	2	0,26	0,26	0,23	0,75
10	2	0,30	0,22	0,13	0,78
10	2,1	0,30	0,22	0,20	0,79
22	2,2	0,43	0,35	0,60	0,79
30	2,2	0,45	0,35	0,69	0,81
30	2,2	0,43	0,38	0,65	0,84
30	2,2	0,40	0,35	0,75	0,83
20	1,8	0,38	0,30	0,62	0,90

Примечания: M_1 , M_2 , M_3 – максимальная величина вакуума в начале, середине и в конце дрена.

В 1972 г. в полевых условиях вакуумирование горизонтального дренажа на суглинистых грунтах выполнено на экспериментальном участке «Шарковщинский» в Витебской обл. (рис. 2). Там были построены системы вакуумного и безвакуумного горизонтального дренажа. Общая площадь участка составляла 7,2 га, из которых вакуумный коллектор обслуживал опытное поле в 4,84 га. Один из участков был отключен от дренажной сети и являлся контрольным бессточным участком. Дренажная сеть выполнена из перфорированных полиэтиленовых труб диаметром 40 мм. Вакуум создавался через оголовок вакуумированного дренажа, соединенный с вакуумным коллектором и вакуум-насосом [5].

Весной 1972 г. были проведены полевые исследования по изучению влияния вакуумирования на дренажный сток. Результаты экспериментов показали, что вакуумирование увеличивает дренажный сток в начальной стадии, когда все поры и трещины в грунте полностью заполнены водой, поскольку вакуум на отдаленной периферии от дрены создается в основном в этих порах и трещинах.



1 – вакуумный коллектор; 2 – оголовок вакуумного коллектора; 3 – безвакуумный коллектор;
4 – водоприемник; 5 – дрены; СК-1, СК-2, СК-3 – смотровые колодцы; уч.1 – уч. 7 – номера участков;
ВГ-1 – контрольное сечение для замеров вакуума в грунте;
ВД-1 – контрольная точка для замеров вакуума в дрене [9]

Таблица 2. Сравнение характерных значений модулей стока на опытном участке «Шарковщина»
(апрель – май 1972 г.) [9]

Группа опыта (сеанс)	Номер сеанса	Дата	Время включения вакуума	Продолжительность, сеанса, час-мин	Модуль естественного стока перед сеансом, л / с · га	Модуль стока при вакуумировании, л / с · га		Относительное увеличение максимального модуля стока при вакуумировании
						максимальный	характерный	
I	I	14.04.1972	1305	0–25	0,103	0,183	0,138	1,78
	II	–	1640	1–00	0,103	0,151	–	1,49
		–				0,183	–	1,80
		–				0,275	–	2,70
		–				0,165	0,118	1,63
		–				0,183	–	1,80
	III	15.04.1972	1337	0–48	0,055	0,165	0,083	3,00
	IV	–	1605	0–50	0,052	0,103	0,072	2,00
	V	16.04.1972	0930	1–45	0,038	0,165	0,055	4,30
					через 1 ч 45 мин			
II	VI	–	1400	1–00	0,033	0,138	0,041	4,20
	VII	20.05.1972	1015	1–10	0,118	0,207	0,151	1,75
	VIII	–	1430	1–15	0,118	0,207	0,138	1,75
	IX	21.05.1972	935	1–55	0,087	0,165	0,103	1,90
					через 1 ч 20 мин			
III	X	–	1430	2–00	0,078	0,165	0,098	2,10
	XI	29.05.1972	1030	1–15	0,010	0,075	0,017	7,60
	XII	–	1510	2–05	0,009	0,055	0,025	6,40
	XIII	30.05.1972	1030	1–00	0,007	0,097	0,018	13,30

Установлено, что при освобождении от воды крупных пор и трещин эффективность вакуума в увеличении дренажного стока значительно снижается. Кроме того, распространение вакуума в грунте приводит к формированию трещин и крупных прососов, способствует росту трещиноватости грунта в сфере влияния. Зафиксировано, что вакуумирование дрен целесообразно для интенсификации работы горизонтального сельскохозяйственного дренажа в условиях малой водоотдачи грунтов. Опыты подтвердили принципиальную возможность создания и поддержания вакуума в дренажной системе на протяжении необходимого времени.

Было определено, что при любых значениях влажности почвы модуль дренажного стока тесно связан с величиной вакуума при неизменном режиме работы воздухоотборного оборудования. Он изменялся в зависимости от экранирующей способности грунта [9], обусловленной степенью и характером его увлажнения.

В табл. 2 приведено сравнение характеристик значений модулей стока на опытном участке «Шарковщина» (апрель – май 1972 г.). Причем во втором сеансе в качестве «максимального» отмечалось «каждое новое значение модуля, которое регистрируется в момент изменения режима вакуумирования; величина вакуума не останется постоянной, поэтому "характерный" модуль во втором сеансе не может быть замерен. Модуль к концу сеанса (0,165 л / с · га) возрос, так как вновь увеличили вакуум до 35 см вод. ст.» [9, с. 40–41].

Увеличение стока во время первых двух сеансов составило: по максимальным модулям – от 1,5 до 2,7 раза, по «характерным» – от 1,16 до 1,34 раза. Установлено, что вакуум 0,1 м вод. ст. вызывает увеличение модуля дренажного стока в среднем в 1,5 раза, а в условиях наибольшего влагонасыщения грун-

товой толщи в период весеннего снеготаяния вакуум 0,2 м вод. ст. увеличивает модуль дренажного стока в 4,3 раза по сравнению с безвакуумными системами горизонтального дренажа.

На протяжении всех экспериментов определялось распространение вакуума в грунте. Наблюдения за вакуумом проводились с целью установления области его распространения в поперечном сечении дрены и околодренной области, а также изучения характера изменения градиентов давления в грунтовом сечении в зависимости от условий опыта (степени увлажненности, режима вакуумирования). Измерения величины вакуума осуществлялись на протяжении всех сеансов вакуумирования по показаниям семи датчиков, размещенных вокруг дрены (в стороны и вверх) в радиусе до 35 см и соединенных с водяными вакуумметрами. Небольшой вакуум (0,1 м вод. ст.) вызывал повышение модуля стока до 0,165 л / с · га; через 15 мин. вакуум увеличили до 0,12 м вод. ст., модуль стока возрос до 0,207 л / с · га; через 40 мин. после начала сеанса вакуумирования модуль стока составил 0,151 л / с · га при вакууме 0,1 м вод. ст. – то есть в пределах седьмого сеанса модуль вакуумного стока почти не снизился (табл. 2).

Снижение влажности грунта уменьшало его экранирующую способность, что влияло на величину распространения вакуума. В результате проведенных экспериментов было установлено, что вакуум появляется в коллекторах, дренах и грунте при любых значениях влажности, но значения его тем меньше, чем ниже влажность [9].

Результаты исследований показали, что применение вакуумирования значительно увеличивает скорость снижения уровня грунтовых вод и повышает осушительную способность дренажа. УГВ после отключения вакуум-системы находятся ниже дна дрен.

Выводы

1. Вакуумный дренаж позволяет в более короткий срок удалить избыточную воду из грунта по сравнению с работой безвакуумной системы.

2. Получены сведения, доказывающие, что вакуум вокруг дрены на почвах тяжелого гранулометрического состава в условиях малой

водоотдачи распространяется почти до границы пахотного слоя при применении вакуумного дренажа и значительно увеличивает проницаемость дренажной засыпки.

3. На основе анализа данных полевых и лабораторных исследований установлена величина вакуума, обеспечивающая устойчивую

работу системы при постоянном затоплении дрены водой.

4. Вакуумирование горизонтального дренажа в полевых условиях увеличивает его

Благодарность. Данное исследование проводилось в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Разработка энергоэффективных способов обеспечения оросительной техники водой из поверхностных и подземных источников водозаборных сооружений новых конструкций» при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (договор № T25MC-014).

удельный расход от 1,5 до 3 раз, существенно повышая скорость понижения уровня грунтовых вод.

Acknowledgements. This study was conducted as part of the research project «Development of energy-efficient methods for supplying irrigation equipment with water from surface and groundwater sources using newly designed water intake structures», with the financial support of the Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research (Agreement No. T25MS-014).

Список использованных источников

1. Дегтярев, Б. М. Вакуумный дренаж на орошаемых землях / Б. М. Дегтярев, В. А. Калантаев. – М. : Колос, 1976. – 94 с.
2. Дегтярев, Б. М. О фильтрационных и капиллярных свойствах грунтов при вакуумировании / Б. М. Дегтярев // Инженерно-физический журнал. – 1962. – Т. 5, № 12. – С. 54–59.
3. Митрахович, А. И. Сифоны на системах вертикального дренажа / А. И. Митрахович, В. Н. Немиро // Мелиорация и вод. хоз-во. Серия 2. Экспресс-информация. Эксплуатация мелиоративных систем. – М. : ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1977. – Вып. 3. – С. 6–12.
4. Осушение земель вертикальным дренажем / А. И. Мурашко, А. И. Митрахович, С. В. Довнар [и др.]. – Мн. : Ураджай, 1980. – 240 с.
5. Минаев, И. В. Экспериментальная проверка работы горизонтального вакуумированного дренажа в полевых условиях / И. В. Минаев, А. Н. Майорчик, Т. П. Горезко // Мелиорация и водное хозяйство : научно-техническая информация Минводхоза БССР. – Мн., 1971. – № 10. – С. 11–13.
6. Калантаев, В. А. Дренаж орошаемых земель и методы его интенсификации / В. А. Калантаев. – Ашхабад : Ылым, 1984. – 282 с.
7. Кирейчева, Л. В. Дренажные системы на орошаемых землях. Прошлое, настоящее, будущее : монография / под ред. Н. М. Решеткиной. – М. : ВНИИГиМ, 1999. – 202 с.
8. Климко, А. И. Об использовании вакуума при осушении сельскохозяйственных земель / А. И. Климко // Гидротехника и мелиорация. – 1964. – № 12. – С. 39–43.
9. Горезко, Т. П. Исследование режимов вакуумирования горизонтальных дрен (по материалам полевых опытов в совхозе «Шарковщинский» Витебской области) / Т. П. Горезко // Водное хозяйство Белоруссии / К. И. Шимко (гл. ред.). – Мн. : Вышэйшая школа, 1975. – Вып. 5. – С. 37–51.

Поступила 18 мая 2026 г.

• КОРМОПРОИЗВОДСТВО •

УДК 636.086.1:633.16

КАЧЕСТВО СЕНАЖА ИЗ ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

А. Л. Бирюкович¹, кандидат сельскохозяйственных наук

С. В. Абраскова², кандидат сельскохозяйственных наук

И. А. Чернякович³, младший научный сотрудник

¹РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

²Барановичский государственный университет, г. Барановичи, Беларусь

³РУП НПЦ НАН Беларуси по земледелию, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Приведены результаты изучения особенностей формирования смешанных посевов зерновых (озимые рожь, ячмень, яровая овес) и зернобобовых культур (озимая и яровая вика) на антропогенно-преобразованной торфяной почве. Доля озимой вики в смеси с озимым ячменем составила 91,5–94,5 % урожая, а в смеси с озимой рожью – 15,7–25,7 %. Определен сбор сухой массы культур, рассчитана кормовая ценность зерносенажа из злаковых и злаково-бобовых культур, выявлено преимущество энергетической (обменная энергия – 9,6–9,7 МДж) и протеиновой питательности (сырого протеина – 16,1–16,6 % в сухом веществе) смеси озимого ячменя и озимой вики.

Ключевые слова: зерносенаж, антропогенно-преобразованная торфяная почва, овес, озимая рожь, вика яровая, вика озимая, озимый ячмень, обменная энергия, сырой протеин.

A. L. Biryukovich, S. V. Abraskova, I. A. Chernyakovich **QUALITY OF SILAGE FROM GRAIN AND LEGUMINOUS CROPS**

Abstract. The results of studying the features of the formation of mixed crops of cereals (winter rye, winter barley, oats) and leguminous crops (winter and spring vetch) on anthropogenic-transformed peat soil are presented. The collection of the drymass of crops has been determined. The share of winter vetch the mixture with winter barley was 91.5–94.5 % of the crop, and in mixture with winter rye – 15.7–25.7 %. The dry matter yield of crops has been determined, the feed value of grain silage has been calculated and the advantage of energy (exchange energy – 9.6–9.7 MJ) and protein nutrition (crude protein – 16.1–16.6 % in dry matter) of a mixture of winter barley and winter vetch was revealed.

Keywords: silage, anthropogenically transformed peat soil, oats, winter rye, barley, spring vetch, winter vetch, winter barley, exchange energy, crude protein.

Введение

В подпрограмме «Эффективное растениеводство» Государственной программы «АПК будущего» на 2026–2030 гг. отмечено, что особое внимание необходимо уделить созданию прочной кормовой базы для развития животноводства¹. В настоящее время обеспеченность кормовой единицы протеином остается ниже оптимального уровня, несмотря на усилия белорусских селекционеров по созданию новых, более продуктивных, устойчивых

к болезням сортов зерновых и зернобобовых кормового направления. Задачи изучения их продуктивности в сравнительном аспекте, а также повышения протеиновой питательности заготовленных из них различных видов кормов остаются актуальными.

Зернобобовые компоненты (вика, пелюшка, горох, кормовые бобы) в условиях засухи способны формировать значительно более высокий урожай вегетативной массы и выход

¹ АПК будущего: стратегия устойчивого роста, продовольственной безопасности и технологического прорыва Беларуси // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. URL: <https://mshp.gov.by/ru/news-ru/view/apk-10162-2026> (дата обращения: 10.02.2026).

сырого протеина по сравнению со злаковыми культурами. Приготовление зерносенажа (зерносилоса) из вегетативной и зерновой массы всего урожая зернофуражных культур в одно-видовых посевах или в смеси с зернобобовыми компонентами, убранных безобмолотным способом, является энергосберегающей технологией заготовки кормов [1–3]. Мировая практика показывает, что, используя этот вид корма из однолетних культур, силоса и сенажа из многолетних трав, можно получить свыше 9000 кг молока от коровы без кукурузного силоса. Выход молока с гектара смешанных однолетних культур для зерносенажа в 1,8 раза выше по сравнению с зерновыми культурами [2].

По данным РУП «НПЦ по земледелию», на автоморфных почвах урожайность вико- и горохо-овсяной смесей в фазу цветения при внесении $P_{60}K_{90}$ составила 52–60 ц/га сухой массы. Близкой к этому показателю была и урожайность овса, под который вносили N_{60} , однако если сбор сырого протеина бобово-злаковых смесей составил 9,1 ц/га, то овса – 5,6 ц/га [4].

Известно, что смешанные посевы способны лучше адаптироваться к почвам с боль-

шой пестротой плодородия. К ним, в первую очередь, относятся антропогенно-преобразованные (деградированные) торфяные почвы, которые занимают 312,9 тыс. га и характеризуются высокой вариабельностью содержания органического вещества (ОВ) – 4,7–50,0 % и запасов продуктивной влаги (146,2–340,1 мм) в слое 0–50 см [5].

В результате опытов, проведенных РУП «Институт мелиорации», установлена эффективность выращивания поукосных люпина, пелюшки после озимых зерновых, что обеспечило суммарную продуктивность 72,9–80,0 ц к. ед./га [6]. Однако изучение совместных посевов озимых зерновых и зернобобовых культур на торфяных почвах не проводилось.

Цель исследования: изучение особенностей формирования смешанных агрофитоценозов озимых зерновых (озимые рожь и ячмень) и зернобобовых культур (озимая и яровая вика) в условиях мелиорированных антропогенно-преобразованных торфяных почв Белорусского Полесья; определение питательности заготовленного из них зерносенажа.

Материалы и методы исследований

Полевой двухфакторный опыт проводился в 2024–2025 гг. в ОАО «Белслучь» Солигорского р-на Минской обл. (д. Желтый Брод, урочище «Задражево»). Почва деградированная, торфяно-минеральная обычная сильно минерализованная, подстилаемая песком с глубины > 1 метра. Содержание в ней ОВ перед посевом находилось в интервале 5,8–11,1 %, а подвижных форм P_2O_5 и K_2O – 128,7–241,5 и 148,2–349,1 мг/кг почвы соответственно.

Посев провели 15.04.2024 г. агрегатом АПБ без покрова по следующей схеме.

Фактор А – культура:

1) озимая рожь Офелия, 2,5 млн шт./га + подсев вики яровой Никольская, 1,7 млн шт./га всхожих семян; 2) вика яровая – 1,7 млн шт./га; 3) овес, 5,5 млн шт./га + вика яровая 1,7 млн шт./га; 4) овес Фристайл, 5,5 млн шт./га.

Фактор В – удобрение:

1) $N_0P_0K_0$; 2) $N_0P_{60}K_{90}$; 3) $N_{30}P_{60}K_{90}$.

После уборки культур и заделки участка 27.09.2024 г. был заложен полевой опыт по следующей схеме.

Фактор А – культура:

1) озимая рожь Офелия, 5,0 млн шт./га; 2) озимая рожь Офелия, 2,5 млн шт./га + вика озимая Калининградская 6, 1,7 млн шт./га; 3) вика озимая, 1,7 млн шт./га; 4) озимый ячмень Бажант, 5,5 млн шт./га + вика озимая, 1,7 млн шт./га; 5) озимый ячмень, 5,5 млн шт./га; 6) озимая рожь 2,5 + вика яровая 1,7 млн шт./га (подсев весной).

Фактор В – удобрение:

1) $N_0P_0K_0$; 2) $N_0P_{60}K_{90}$; 3) $N_{30}P_{60}K_{90}$. Фосфорные и калийные удобрения вносили перед закладкой опыта, а азотные – в фазу начала кущения злаков. Площадь делянки 30 м² (6 × 5 м); повторность трехкратная.

Уровень грунтовых вод на участке был невысоким (138–145 см), а абсолютная влажность почвы в слое 0–20 см составила 14,5–23,5 %.

Результаты исследования и их обсуждение

Учет урожайности культур провели 16.07.2024 г. в фазы начала восковой спелости озимой ржи и образования бобов яровой вики, в 2025 г. – в те же фазы развития культур (14.07). В сумме за 2 года максимальный сбор сухой массы (294,7–320,4 ц/га) на антропогенно-преобразованной торфяной почве получен при чередовании культур: овес + вика яровая и озимая рожь + вика яровая, подсеянная весной (табл. 1). Доля вики яровой в урожае фитоценоза с овсом составила 48,6–51,4 %, с озимой рожью – 44,2–47,3 %, а озимой вики в смеси с озимым ячменем – 91,5–94,5 %, с озимой рожью – 15,7–25,7 % (рис. 1).

Анализ видового состава смесей в 2025 г. показал, что озимая вика в смеси с озимым ячменем составила 91,5–94,5 % урожая, а в сме-

си с озимой рожью – 15,7–25,7 % (рис. 2). Это обусловлено весенними заморозками 2025 г., когда пострадал озимый ячмень. Всего же в Беларуси в 2025 г. заморозки повредили 371 тыс. га различных культур, из них около 80 тыс. га погибли¹. После уборки культур были отобраны растительные образцы и проведена их закладка в лабораторные емкости для определения качества корма. Консерванты при закладке массы не применяли.

Через 6 месяцев после закладки (06.11.2024 г.) был проанализирован корм: величина pH находилась в допустимых пределах 4,3–5,6²– 4,8–5,4. Содержание в корме сырого протеина с участием вики яровой составило 13,3–13,6 %, и только в овсе его было меньше – 8,9 % (табл. 2).

Таблица 1. Урожайность культур при их чередовании на антропогенно-преобразованной торфяной почве в 2024–2025 гг., ц/га сухой массы

Культура	Удобрение	Урожайность, ц/га		
		2024 г.	2025 г.	Σ
Овес → озимая вика	N ₀ P ₀ K ₀	37,2	126,1	163,3
	N ₀ P ₆₀ K ₉₀	34,9	141,1	176,0
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	35,4	183,7	219,1
Овес + вика яровая → озимая рожь + вика яровая (подсев весной)	N ₀ P ₀ K ₀	137,4	157,3	294,7
	N ₀ P ₆₀ K ₉₀	146,9	162,2	309,1
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	142,1	178,3	320,4
Вика яровая → озимая рожь + озимая вика	N ₀ P ₀ K ₀	60,5	177,5	238,0
	N ₀ P ₆₀ K ₉₀	55,8	202,3	258,1
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	51,9	193,9	245,8
Озимая рожь + вика яровая (подсев) → озимая рожь	N ₀ P ₀ K ₀	83,5	192,7	276,2
	N ₀ P ₆₀ K ₉₀	81,3	161,9	243,2
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	83,5	187,3	270,8

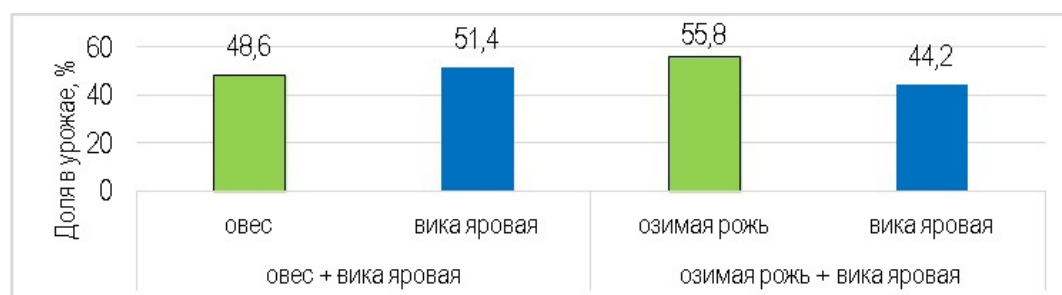


Рис. 1. Доля компонентов в урожае смешанных посевов (2024 г.), %

¹ Гедройц, В. Государство пришло на помощь хозяйствам в преодолении последствий заморозков. Гектар обойдется дороже. 03.10.2023. URL: <https://www.sb.by/articles/agrogorodok-germanovich-na-zemlyakh-knyazha.html> (дата обращения: 05.06.2025).

² Справочник по приготовлению, хранению и использованию кормов / П. С. Авраменко [и др.]. Мн., 1993. С. 107.

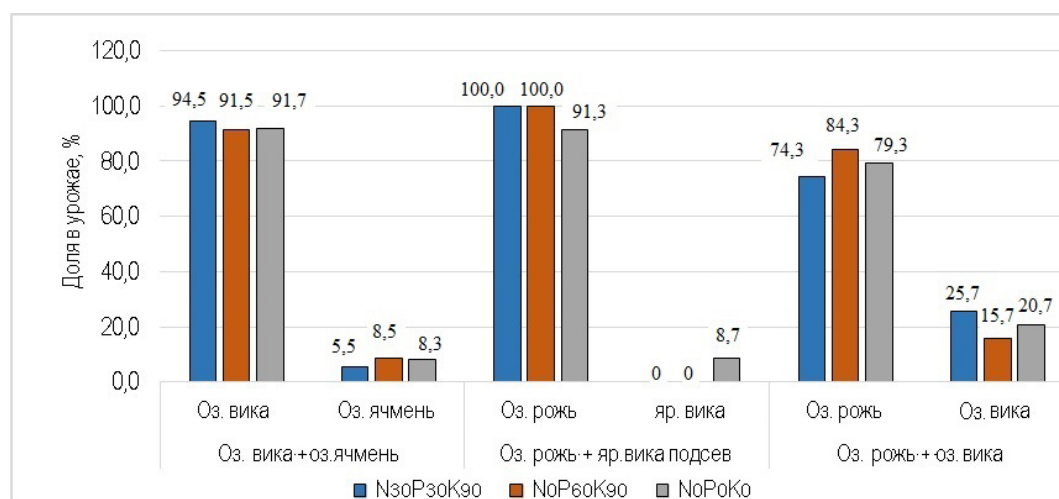


Рис. 2. Доля компонентов в урожае смешанных посевов (2025 г.), %

Таблица 2. Биохимические показатели зерносенажа в сухом веществе (2024 г.), %

Сенаж	Сухое вещество, %	pH	Сырой жир, %	Сырая зола, %	Сырой протеин, %	Сырая клетчатка, %
Овес + вика яровая	36,02	4,97	2,09	8,42	13,3	36,2
Вика яровая	31,78	4,84	1,97	7,89	13,6	32,9
Озимая рожь + вика яровая	45,92	5,42	2,24	6,59	13,3	25,9
Овес	54,68	5,36	4,04	5,06	8,9	23,9

Расчет питательности корма проведен по СТБ 1223-2000. По данным РУП «НПЦ по животноводству», допустимый диапазон содержания сухого вещества в зерносенаже составляет от 30 до 50 %. В 1 кг зерносенажа должно содержаться 9,8–11,0 МДж обменной энергии [7, с. 150]. Вычисления подтвердили, что 1 кг зерносенажа из зерновых культур с зернобобовыми по питательности эквивалентен 0,84–0,87 к. ед. и 9,38–9,69 МДж обменной энергии (табл. 3).

В 2025 г. анализ качества корма через три месяца после закладки в лабораторные емкости показал, что величина pH зерносенажа находилась в допустимых пределах (4,3–5,6) только при закладке озимой ржи, озимой ржи с вики озимой и вики озимой, а в остальных вариантах pH превышал необходимые величины (табл. 4).

Расчет показателей питательности показал, что корм, заложенный в 2025 г. в 1 кг зерносенажа из зерновых культур с зернобобовыми, был эквивалентен 0,58–0,97 к. ед. и 8,6–10,9 МДж обменной энергии (табл. 5).

Таблица 3. Показатели питательности зерносенажа, 2024 г.

Сенаж	Содержание в натуральном корме, к. ед.	Содержание в 1 кг сухого вещества	
		Обменная энергия, МДж	к. ед.
Овес + вика яровая	0,30	9,38	0,84
Вика яровая	0,27	9,38	0,84
Озимая рожь + вика яровая	0,40	9,69	0,87
Овес	0,46	9,49	0,85

Таблица 4. Биохимический состав зерносенажа в сухом веществе, 2025 г., %

Культура	Удобрение	Сухое вещество, %	pH	Сырой жир	Сырая зола	Сырой протеин	Сырая клетчатка
Озимая рожь	N ₀ P ₀ K ₀	38,08	5,04	2,32	4,52	10,3	28,2
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	38,90	6,21	2,36	5,85	10,8	28,92
Озимая рожь + озимая вика	N ₀ P ₀ K ₀	49,52	5,48	2,60	5,73	13,2	37,7
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	42,28	5,42	2,69	6,18	14,3	32,3
Озимая рожь + яровая вика (подсев)	N ₀ P ₀ K ₀	36,59	5,64	2,26	4,59	10,3	30,7
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	44,73	5,71	2,01	3,31	10,2	31,2
Озимая вика	N ₀ P ₀ K ₀	44,09	5,42	4,75	8,12	21,9	36,4
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	34,44	5,42	3,42	8,50	23,2	37,7
Озимая вика + озимый ячмень	N ₀ P ₀ K ₀	36,51	5,78	3,60	7,57	16,1	34,1
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	40,95	6,05	2,93	8,14	16,6	32,4
Озимый ячмень	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	40,82	5,78	2,47	7,28	10,9	28,7

Таблица 5. Показатели питательности зерносенажа, 2025 г.

Культура	Удобрение	Содержание в натуральном корме, к. ед.	Содержание в 1 кг сухого вещества	
			обменная энергия, МДж	к. ед.
Озимая рожь	N ₀ P ₀ K ₀	0,23	8,6	0,59
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	0,24	8,6	0,60
Озимая рожь + озимая вика	N ₀ P ₀ K ₀	0,32	8,9	0,64
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	0,29	9,3	0,69
Озимая рожь + яровая вика (подсев)	N ₀ P ₀ K ₀	0,21	8,5	0,58
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	0,26	8,5	0,58
Озимая вика	N ₀ P ₀ K ₀	0,41	10,7	0,93
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	0,33	10,9	0,97
Озимая вика + озимый ячмень	N ₀ P ₀ K ₀	0,27	9,6	0,74
	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	0,31	9,7	0,76
Озимый ячмень	N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	0,25	8,7	0,61

Один килограмм зерносенажа из зернобобовых смесей (озимая рожь + озимая вика и озимый ячмень + озимая вика) был эквивалентен 0,64–0,69 к. ед. и 0,74–0,76 к. ед. соответственно. Следует отметить, что корм из смеси озимый ячмень + озимая вика был более энергонасыщенным (обменная энергия – 9,6–9,7 МДж), чем из озимой ржи с озимой викой (обменная энергия – 8,99,3 МДж). Это связано с тем, что в смеси озимый ячмень + озимая вика злаковый компонент подавлялся бобовым, его доля в урожае составила только 5,5–8,5 %. Внесение N₃₀P₆₀K₉₀ повышало

содержание питательности смесей, причем у озимой ржи с озимой викой увеличение обменной энергии в сухом веществе было более заметным: с 8,9 до 9,3 МДж, что обусловлено большей отзывчивостью зимой ржи на азотные подкормки.

Возделывание озимой ржи (2,5 млн шт./га) с озимой викой (1,7 млн шт./га) на фоне N₃₀P₆₀K₉₀ обеспечило прибавку урожайности по сравнению с выращиванием озимой ржи с густотой посева 5,0 млн шт./га): это принесло 214 к. ед./га, или в денежном эквиваленте 856 руб. прибыли с гектара.

Заключение

Максимальный сбор сухой массы в сумме за 2 года на антропогенно-преобразованной торфяной почве получен при следующем чередовании культур: овес + вика яровая и озимая рожь + вика яровая, подсеянная весной (294,7–320,4 ц/га сухой массы);

доля озимой вики в смеси с озимым ячменем составила 91,5–94,5 % урожая, а в смеси с озимой рожью 15,7–25,7 %;

зерносенаж из озимого ячменя и озимой вики по кормовой ценности имел преимуще-

ство по энергетической (9,6–9,7 МДж обменной энергии) и протеиновой питательности (16,1–16,6 % сырого протеина в сухом веществе).

Таким образом, увеличение объемов заготовки зерносенажа из однолетних злаково-бобовых культур будет способствовать повышению кормовой ценности, а также снижению себестоимости кормов и, в конечном счете, затрат на производство продукции животноводства.

Список использованных источников

1. Заяц, Л. К. Решение проблем производства кормового белка – важнейший резерв укрепления аграрной экономики / Л. К. Заяц // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 1. – С. 3–5.
2. Разумовский, Н. П. Как обеспечить коров протеином / Н. П. Разумовский // Наше сельское хозяйство. Ветеринария и животноводство. – 2016. – № 10. – С. 24–39.
3. Резервы использования новых сортов ячменя на зерносенаж / С. В. Абраскова [и др.] // Техника и технологии: инновации и качество : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 20 дек. 2019 г. – Барановичи : БарГУ, 2020. – Вып. 7. – С. 133–134.
4. Шлапунов, В. Н. Резервы увеличения производства и улучшения качества кормов / В. Н. Шлапунов // Весці Нац. акадэміі навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2012. – № 3. – С. 32–38.
5. Почвы Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.] ; под ред. В. В. Лапа. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2019. – 632 с.
6. Семененко, Н. Н. Торфяно-болотные почвы Полесья: трансформация и пути эффективного использования / Н. Н. Семененко. – Мн. : Беларус. навука, 2015. – 282 с.
7. Технологическое сопровождение животноводства : практ. пособие / Н. А. Попков [и др.] ; НПЦ НАН Беларуси по животноводству. – Жодино : НПЦ НАН Беларуси по животноводству, 2013. – 496 с.

Поступила 15 апреля 2026 г.

РИСКИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ПИЩЕВЫЕ ЦЕЛИ НА ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ^{137}Cs И ^{90}Sr

Н. Н. Цыбулько¹, доктор сельскохозяйственных наук

И. И. Жукова², кандидат сельскохозяйственных наук

Е. В. Алексейчик¹, аспирант

А. Н. Сергель¹, магистрант

¹Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова
Белорусского государственного университета, г. Минск, Беларусь

²Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка,
г. Минск, Беларусь

Аннотация. На дерново-подзолистых почвах риски и ограничения производства зерна и картофеля на пищевые цели закономерно снижаются по мере перехода от песчаных к суглинистым почвам. Однако уровень почвенного плодородия оказывает существенное влияние на данные параметры. При оптимальной обеспеченности почвы подвижным калием и близкой к нейтральной реакции почвенной среды риск получения продукции со сверхнормативным содержанием ^{137}Cs или ^{90}Sr уменьшается в два и более раз по сравнению с почвами с низкими показателями плодородия. На торфяных почвах, загрязненных ^{137}Cs , вероятность превышения содержания данного радионуклида в зерне основных зерновых культур и клубнях картофеля существенно выше по сравнению с минеральными дерново-подзолистыми почвами при одинаковой плотности их радиоактивного загрязнения. В то же время на торфяных почвах ниже риски получения продукции со сверхнормативным содержанием ^{90}Sr .

Ключевые слова: почвы, радиоактивное загрязнение, риски, ограничения, допустимые уровни, растениеводческая продукция.

**N. N. Tsybulka, I. I. Zhukova, E. V. Alexeichik,
A. N. Sergel**

RISKS AND LIMITATIONS OF CULTIVATING AGRICULTURAL CROPS FOR FOOD PURPOSES IN SOILS CONTAMINATED WITH ^{137}Cs AND ^{90}Sr

Abstract. On sod-podzolic soils, the risks and limitations of grain and potato production for food purposes consistently decrease from sandy to loamy soils. However, soil fertility has a significant impact on these parameters. With optimal soil availability of available potassium and a near-neutral soil pH, the risk of producing crops with excessive ^{137}Cs or ^{90}Sr levels is reduced by two times or more compared to soils with low fertility. In peat soils contaminated with ^{137}Cs , the probability of exceeding the radionuclide content in grain of major cereal crops and potato tubers is significantly higher than in mineral sod-podzolic soils with the same radioactive contamination density. At the same time, the risk of producing produce with excess ^{90}Sr content is lower in peat soils

Keywords: soils, radioactive contamination, risks, restrictions, permissible levels, plant products.

Введение

По состоянию на 1 января 2025 г., согласно данным агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель, аграрное производство в Беларуси ведется на 804,4 тыс. га, загрязненных ^{137}Cs с

плотностью 1–40 Ки/км², что составляет около 11 % общей их площади. В составе загрязненных ^{137}Cs пахотных и луговых земель на земли с плотностью загрязнения 1–5 Ки/км² приходится 83 %, с плотностью 5–15 Ки/км² – 16 % и

с плотностью 15–40 Ки/км² – 1 %. Основные их массивы сосредоточены в Гомельской и Могилевской областях. По административным районам площади загрязненных земель колеблются в очень широких пределах: удельный вес их изменяется от менее 0,1 до 97 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования района [1].

В настоящее время в сельскохозяйственном пользовании также находится около 270 тыс. га земель, загрязненных ⁹⁰Sr с плотностью 0,15–3,00 Ки/км², что составляет 3,5 % площади сельскохозяйственных земель республики. В составе загрязненных ⁹⁰Sr пахотных и луговых земель на земли с плотностью загрязнения 0,15–0,30 Ки/км² приходится 62,2 %; с плотностью 0,30–1,00 Ки/км² – 34,5 % и с плотностью 1,01–3,00 Ки/км² – 3,3 %. Сельскохозяйственные земли, загрязненные ⁹⁰Sr, имеются в 22 административных районах Беларуси. По районам их площади колеблются в очень

широких пределах: удельный вес изменяется от менее 0,1 до 96,4 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования района [1].

Ведение сельскохозяйственного производства разрешено¹ при плотности загрязнения почв ¹³⁷Cs до 40 Ки/км² и ⁹⁰Sr до – до 3,0 Ки/км². Количественные параметры поступления радионуклидов в продукцию сельскохозяйственных культур зависят не только от плотности загрязнения почв, но также от типа, гранулометрического состава, агрохимических свойств почв и биологических особенностей культур [2].

В данной статье приведены результаты оценки ограничений и рисков (вероятности) возделывания сельскохозяйственных культур для получения продукции на пищевые цели на дерново-подзолистых и торфяных почвах в зависимости от степени загрязнения их радионуклидами.

Объекты и методы исследований

Объект исследований – почвы пахотных земель, загрязненные ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr соответственно с плотностью от 1 до 40 Ки/км² и от 0,15 до 3,00 Ки/км², находящиеся в пользовании сельскохозяйственных организаций Беларуси, расположенных на территории радиоактивного загрязнения.

Территория радиоактивного загрязнения характеризуется пестротой почвенного покрова, обусловленного типовыми различиями, степенью увлажнения, гранулометрическим составом почвообразующих и подстилающих пород. Основу качественного состава сельскохозяйственных земель составляют дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные почвы, удельный вес которых составляет соответственно 33,4 и 35,6 % от их общей площади. На долю дерновых заболоченных почв приходится 10,3 %. Кроме этого, в составе обрабатываемых земель имеется 11,4 % торфяно-болотных, 5,6 % – аллювиальных (пойменных) дерновых и 3,7 % дегради-

рованных торфяно-минеральных почв [3]. На территории радиоактивного загрязнения преобладают супесчаные почвы (46,4 %). Песчаные почвы занимают 27,9 %, а глинистые и суглинистые – 12,5 %. По степени гидроморфизма в составе сельскохозяйственных земель автоморфные почвы занимают 33,1 %, полугидроморфные – 52,0, гидроморфные – 14,9 %.

Расчет загрязнения продукции растениеводства производили по формуле, зафиксированной в [2]:

$$УА = 37 \times \Pi \times K_{\Pi},$$

где УА – удельная активность радионуклида в продукции растениеводства (зерно), Бк/кг; Π – плотность загрязнения почвы радионуклидом, Ки/км²; K_{Π} – коэффициент перехода радионуклида из почвы в сельскохозяйственные культуры, Бк/кг : кБк/м²; 37 – коэффициент пересчета в Бк;

$$Д\Pi_{\Pi} = \frac{ДУ}{K_{\Pi} \times 37},$$

¹ О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС: Закон Республики Беларусь от 26 мая 2012 г. № 385-З (в ред. Законов Республики Беларусь от 11 ноября 2019 г. № 252-З; от 5 января 2022 г. № 148-З; от 30 декабря 2022 г. № 228-З). Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=H11200385> (дата обращения: 20.12.2025).

где $ДП_n$ – допустимая плотность загрязнения почвы радионуклидом, Ки/км², $ДУ$ – республиканский допустимый уровень или допустимый уровень в рамках Таможенного

союза содержания радионуклида в продукции растениеводства (зерно), Бк/кг, л; K_n – коэффициент перехода радионуклида из почвы в зерно, Бк/кг : кБк/м², 37 – коэффициент пересчета нКи/кг в Бк/кг.

Результаты исследований и их обсуждение

В соответствии с Гигиеническим нормативом «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь 29.11.2022 № 829)¹, референтные уровни содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в хлебе и хлебобулочных изделиях составляют соответственно 40 Бк/кг и 5 Бк/кг [4]. С целью гарантированного непревышения содержания радионуклидов в данном виде пищевых продуктов допустимый уровень содержания ¹³⁷Cs в зерне на продовольственные цели не должен превышать 90 Бк/кг, а допустимый уровень ⁹⁰Sr – 11 Бк/кг [5]. Референтные уровни содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в картофеле на пищевые цели составляют соответственно 80 Бк/кг и 5 Бк/кг [4].

В результате выполненных прогнозов удельной активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в товарной продукции растениеводства определены предельно допустимые плотности радиоактивного загрязнения дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава и торфяных почв для возделывания сельскохозяйственных культур с целью получения продукции на пищевые цели. Установлено, что возделывание озимой и яровой пшеницы, озимой ржи, озимой тритикале, ячменя, овса и картофеля на пищевые цели с содержанием ¹³⁷Cs в зерне 90 Бк/кг и клубнях 80 Бк/кг на дерново-подзолистых суглинистых почвах не ограничивается плотностью загрязнения. Возделывание гороха на пищевые цели при средней и повышенной обеспеченности суглинистых почв подвижным калием (K_2O) ограничивается плотностью загрязнения ¹³⁷Cs 6–7 Ки/км², проса – соответственно 20 и 32 Ки/км² (табл. 1).

На дерново-подзолистых супесчаных почвах нет ограничений по плотности их загрязнения ¹³⁷Cs при размещении и возделывании на пищевые цели озимой ржи, озимой пшеницы, озимого ячменя, картофеля. Ограничено возделывание озимой тритикале плотностью загрязнения 20 и 27 Ки/км² при низкой и средней обеспеченности почвы K_2O . Яровую пшеницу и яровой ячмень возможно возделывать на почвах со средней обеспеченностью почвы K_2O при плотности загрязнения ¹³⁷Cs до 27, а при повышенной обеспеченности K_2O – до 32 Ки/км². Горох на пищевые цели на супесчаных почвах допускается размещать при плотности их загрязнения ¹³⁷Cs до 6 Ки/км² при низком содержании подвижного калия и до 10 Ки/км² – при высоком содержании калия. Для гречихи и проса существуют менее жесткие ограничения.

На дерново-подзолистых песчаных почвах только возделывание картофеля не лимитируется плотностью загрязнения ¹³⁷Cs. Из зерновых, зернобобовых и крупяных культур наиболее существенные ограничения имеются в отношении гороха на пищевые цели: его возможно размещать на почвах с повышенным и высоким содержанием K_2O при плотности их радиоактивного загрязнения соответственно не выше 4 Ки/км² и 8 Ки/км².

За длительный послеаварийный период в почвах произошла трансформация физико-химических форм ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr. Соединения ¹³⁷Cs подверглись необменной фиксации, и их содержание в доступной для растений форме составляет незначительную долю (5–15 %). Соединения ⁹⁰Sr, наоборот, находятся преимущественно в доступных формах, составляющих в дерново-подзолистых почвах до 95 %, в торфяно-болотных почвах – до 50 % [4].

¹ Об утверждении гигиенических нормативов: постановление Совета Министров Респ. Беларусь 25.01.2021 № 37 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь 29.11.2022 № 829). Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037&p1=1&p5=0> (дата обращения: 20.12.2025).

Таблица 1. Ограничения по плотности загрязнения дерново-подзолистых почв ^{137}Cs при возделывании сельскохозяйственных культур для производства зерна и картофеля на пищевые цели

Культура	Содержание подвижного калия в почве, мг/кг почвы			
	81–140 (низкое)	141–200 (среднее)	201–300 (повышенное)	> 300 (высокое)
<i>Суглинистые почвы</i>				
Рожь озимая	40	40	40	40
Тритикале озимая	40	40	40	40
Пшеница озимая	40	40	40	40
Пшеница яровая	40	40	40	40
Ячмень	40	40	40	40
Овес	40	40	40	40
Горох	5	6	7	15
Просо	15	20	32	40
Картофель	36	40	40	40
<i>Супесчаные почвы</i>				
Рожь озимая	40	40	40	40
Тритикале озимая	20	27	40	40
Пшеница озимая	40	40	40	40
Пшеница яровая	20	27	32	40
Ячмень яровой	20	27	32	40
Ячмень озимый	30	40	40	40
Овес	20	29	40	40
Горох	6	7	10	10
Гречиха	9	10	12	14
Просо	10	16	23	32
Картофель	30	40	40	40
<i>Песчаные почвы</i>				
Рожь озимая	20	27	32	40
Тритикале озимая	23	32	40	40
Пшеница яровая	16	20	27	40
Ячмень яровой	15	18	27	40
Овес	16	20	23	32
Горох	2	3	4	8
Гречиха	9	10	–	–
Просо	15	32	40	40
Картофель	36	40	40	40

Вследствие высокой подвижности ^{90}Sr в минеральных почвах количественные параметры его поступления в растения значительно выше по сравнению с ^{137}Cs . Это существенно ограничивает размещение и возделывание сельскохозяйственных культур на загрязненных этим радионуклидом почвах пахотных и луговых земель.

На загрязненных ^{90}Sr дерново-подзолистых почвах, независимо от их гранулометрического состава, значительно сокращено возделывание зерновых культур и картофеля на пищевые цели. Так, допустимая плотность загрязнения ^{90}Sr суглинистых почв со слабокислой реакцией почвенной среды (pH_{KCl} 5,6–6,0) при возделывании озимой ржи, яро-

вой пшеницы, ячменя, овса и гороха на продовольственное зерно (с содержанием радионуклида < 11 Бк/кг) не должна превышать 0,21–0,29 Ки/км²; для озимой тритикале и озимой пшеницы этот показатель составляет 0,39–0,40 Ки/км², для картофеля – 0,52 Ки/км². Ограничение для проса – 0,74 Ки/км². Допустимая плотность загрязнения ⁹⁰Sr супесчаных и песчаных почв под озимую тритикале колеблется в зависимости от реакции почвенной среды (pH_{KCl}) от 0,24 до 0,45 Ки/км², при возделывании яровой ячменя – от 0,16 до 0,27 Ки/км². Другие зерновые культуры занимают промежуточное положение. Просо возможно размещать на супесчаных почвах со слабокислой и близкой к нейтральной pH_{KCl} при плотности загрязнения 0,68–0,90 Ки/км², картофель – 0,47–0,75 Ки/км² (табл. 2).

На загрязненных ⁹⁰Sr среднекислых суглинистых почвах не рекомендуется размещать озимую рожь, ячмень, горох, на супесчаных почвах – яровой ячмень, на песчаных почвах – яровой ячмень и гречиху. На легких по гранулометрическому составу супесчаных и песчаных почвах, независимо от степени их кислотности, не рекомендуется возделывать горох на пищевые цели.

Торфяные почвы (торфяно-болотные, торфяно-глеевые, торфянисто-глеевые) по сравнению с минеральными (дерново-подзолистыми, дерновыми) характеризуются более высокими коэффициентами перехода ¹³⁷Cs в растения и, следовательно, в растениеводческую продукцию [5].

Риск производства зерна овса на пищевые цели с содержанием ¹³⁷Cs ≥ 90 Бк/кг на торфяных почвах существует даже при плотности их загрязнения 1,0–1,5 Ки/км². Допустимые плотности загрязнения торфяных почв ¹³⁷Cs для возделывания ячменя и яровой пшеницы при низкой и средней обеспеченности K_2O составляют 2,7–4,1 Ки/км², при повышенной обеспеченности калием – 5,4 Ки/км². Яровую тритикале возможно возделывать при среднем содержании подвижного калия в почве до 8 Ки/км², при повышенном содержании K_2O – до 16 Ки/км².

Нормативно чистое по удельной активности ¹³⁷Cs (< 90 Бк/кг) зерно озимой ржи и озимой тритикале возможно получать на торфяных почвах с низкой обеспеченностью их подвижным калием при плотности радио-

активного загрязнения 8,5–9,0 Ки/км², при средней обеспеченности K_2O – до 13,5 Ки/км². Допустимые плотности загрязнения торфяных почв ¹³⁷Cs для размещения картофеля на продовольственные цели колеблются от 12,0 Ки/км² при очень низком содержании K_2O в пахотном слое до 36,0 Ки/км² при повышенном содержании K_2O (табл. 3).

Существуют меньшие радиологические ограничения для возделывания зерновых культур и картофеля на пищевые цели на загрязненных ⁹⁰Sr торфяных почвах по сравнению с минеральными почвами. Так, яровую пшеницу для производства зерна продовольственного возможно возделывать на этих почвах со слабокислой реакцией почвенной среды (pH_{KCl} 5,01–5,50) при плотности загрязнения ⁹⁰Sr до 0,74 Ки/км², на почвах с близкой к нейтральной pH_{KCl} – до 0,99 Ки/км².

Предельно допустимые плотности загрязнения торфяных почв для размещения посевов озимой ржи составляют соответственно 0,34 и 0,55 Ки/км², посевов озимой тритикале – 1,65 и 2,12 Ки/км², посевов яровой тритикале – 0,59 и 1,49 Ки/км², посевов ячменя – 1,03 и 1,10 Ки/км². Возделывать картофель допускается при плотности загрязнения торфяных почв ⁹⁰Sr не выше 0,45 Ки/км² при кислой реакции среды и до 0,67 Ки/км² при близкой к нейтральной реакции (табл. 4).

На основе данных плотности радиоактивного загрязнения и площадей сельскохозяйственных земель, а также предельно допустимых плотностей загрязнения почв ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr при производстве растениеводческой продукции на пищевые цели определена доля площадей земель, на которых существует риск (вероятность) превышения нормативов по содержанию радионуклидов.

Для оценки возможного риска загрязнения продукции при расчетах допустимых плотностей загрязнения почв ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr принимались коэффициенты перехода радионуклидов из почвы в растениеводческую продукцию при средних значениях содержания подвижного калия в почвах и слабокислой реакции почвенной среды (pH_{KCl}). По удельному весу (в %) площадей земель, на которых возможно превышение содержания радионуклидов в производимой продукции, принята градация, включающая 5 степеней риска (вероятности) (табл. 5).

Таблица 2. Ограничения по плотности загрязнения дерново-подзолистых почв ^{90}Sr при возделывании сельскохозяйственных культур для производства зерна и картофеля на пищевые цели

Культура	Уровень кислотности почвы, pH_{KCl}			
	4,5–5,0 (среднекислые)	5,1–5,5 (кислые)	5,6–6,0 (слабокислые)	6,1–7,0 (близкие к нейтральным и нейтральные)
<i>Суглинистые почвы</i>				
Рожь озимая	0,17	0,20	0,27	0,33
Тритикале озимая	0,29	0,36	0,39	0,44
Пшеница озимая	–	0,27	0,40	0,44
Пшеница яровая	–	0,24	0,29	0,35
Ячмень	0,17	0,19	0,23	0,25
Овес	0,21	0,23	0,25	0,25
Горох	0,13	0,19	0,21	0,21
Просо	0,40	0,54	0,74	0,99
Картофель	0,22	0,31	0,52	0,84
<i>Супесчаные почвы</i>				
Рожь озимая	0,35	0,38	0,41	0,43
Тритикале озимая	0,27	0,29	0,33	0,40
Пшеница озимая	–	0,27	0,30	0,33
Пшеница яровая	0,20	0,23	0,27	0,29
Ячмень яровой	0,17	0,19	0,22	0,23
Ячмень озимый	–	–	0,25	0,32
Овес	0,25	0,27	0,30	0,30
Горох	–	0,05	0,06	0,07
Гречиха	0,22	0,32	–	–
Просо	0,36	0,49	0,68	0,90
Картофель	0,26	0,30	0,47	0,75
<i>Песчаные почвы</i>				
Рожь озимая	0,23	0,25	0,26	0,32
Тритикале озимая	0,24	0,32	0,39	0,45
Пшеница яровая	–	0,20	0,30	0,42
Ячмень яровой	0,16	0,20	0,25	0,27
Овес	0,20	0,21	0,22	0,23
Горох	0,07	0,10	0,11	0,12
Гречиха	0,16	0,25	–	–
Просо	1,29	1,65	2,12	2,12
Картофель	0,30	0,37	0,42	0,90

Таблица 3. Ограничения по плотности загрязнения торфяных почв ^{137}Cs при возделывании сельскохозяйственных культур для производства зерна и картофеля на пищевые цели

Культура	Содержание подвижного калия в почве, мг/кг почвы			
	< 200 (очень низкое)	201–400 (низкое)	401–600 (среднее)	601–1000 (повышенное)
Овес	0,6	0,8	0,9	1,1
Ячмень	2,3	2,7	3,2	5,4
Пшеница яровая	2,3	3,2	4,1	5,4
Рожь озимая	4,3	8,5	13,5	23,2
Тритикале озимая	–	9,0	13,5	16,2
Тритикале яровая	3,2	5,4	8,1	16,2
Картофель	12,0	15,4	21,5	36,0

Таблица 4. Ограничения по плотности загрязнения торфяных почв ^{90}Sr при возделывании сельскохозяйственных культур для производства зерна и картофеля на пищевые цели

Культура	Уровень кислотности почвы, pH_{KCl}		
	4,51–5,00 (кислые)	5,01–5,50 (слабокислые)	5,51–6,00 (близкие к нейтральным)
Овес	0,12	0,14	0,16
Пшеница яровая	0,59	0,74	0,99
Рожь озимая	0,31	0,34	0,55
Тритикале озимая	1,29	1,65	2,12
Тритикале яровая	0,37	0,59	1,49
Яровой ячмень	0,96	1,03	1,10
Картофель	0,45	0,51	0,67

Таблица 5. Градации по степени риска и вероятности превышения нормативов в продукции растениеводства на пищевые цели

Степень риска	Риск превышения нормативов в продукции, %
Риск отсутствует	0
Низкая	0,1–10,0
Средняя	10,1–25,0
Высокая	25,1–50,0
Очень высокая	> 50,0

К числу проблемных относились сельскохозяйственные культуры, возделывание которых в ряде районов сопряжено с высокой степенью риска производства продукции, не отвечающей нормативам по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Установлено, что фактически нет ограничений по административным районам для возделывания озимых и яровых зерновых культур на пищевые цели в связи с возможным загрязнением зерна ^{137}Cs . Средняя степень риска возделывания этой группы культур существует в

сельскохозяйственных организациях Лунинецкого р-на Брестской обл., Брагинского, Ветковского, Добрушского, Ельского, Лельчицкого, Наровлянского, Хойникского и Чечерского р-нов Гомельской обл., а также в сельскохозяйственных организациях Быховского р-на Могилевской обл. (рис. 1 и 2). На этих территориях имеются пахотные земли с высокой (20–40 Ки/км²) плотностью загрязнения почв ¹³⁷Cs, а также земли на загрязненных торфяных почвах.

Высокая и очень высокая степень риска по загрязнению ¹³⁷Cs существует при возделывании проса и гречихи в сельскохозяйственных организациях Брагинского, Ветковского, Ельского, Кормянского, Наровлянского, Хойникского и Чечерского р-нов Гомельской обл., Костюковичского, Славгородского и Чериковского р-нов Могилевской обл. (рис. 3). Высокая и очень высокая вероятность получения гороха на пищевые цели с превышением допустимого содержания ¹³⁷Cs отмечается в 23 районах Беларуси (рис. 4).

Фактически отсутствуют возможные риски загрязнения ¹³⁷Cs и проблемы размещения и возделывания картофеля продовольственного (рис. 5).

В отношении ⁹⁰Sr наблюдается несколько иная ситуация. В 11 районах Гомельской обл. (Брагинский, Ветковский, Гомельский, Добрушский, Ельский, Калинковичский, Лоевский, Наровлянский, Речицкий, Хойникский и Чечерский) сельскохозяйственные земли загрязнены этим радионуклидом с плотностью 0,30–3,00 Ки/км², поэтому там существуют высокая и очень высокая степень риска и, соответственно, проблемы с размещением озимых и яровых зерновых культур, гороха, проса и гречихи на пищевые цели (рис. 6).

Очень высокая и высокая степень риска производства с превышением допустимого (референтного) уровня (5 Бк/кг) по содержанию ⁹⁰Sr при возделывании картофеля существуют в сельскохозяйственных организациях Брагинского и Хойникского р-нов (рис. 7).

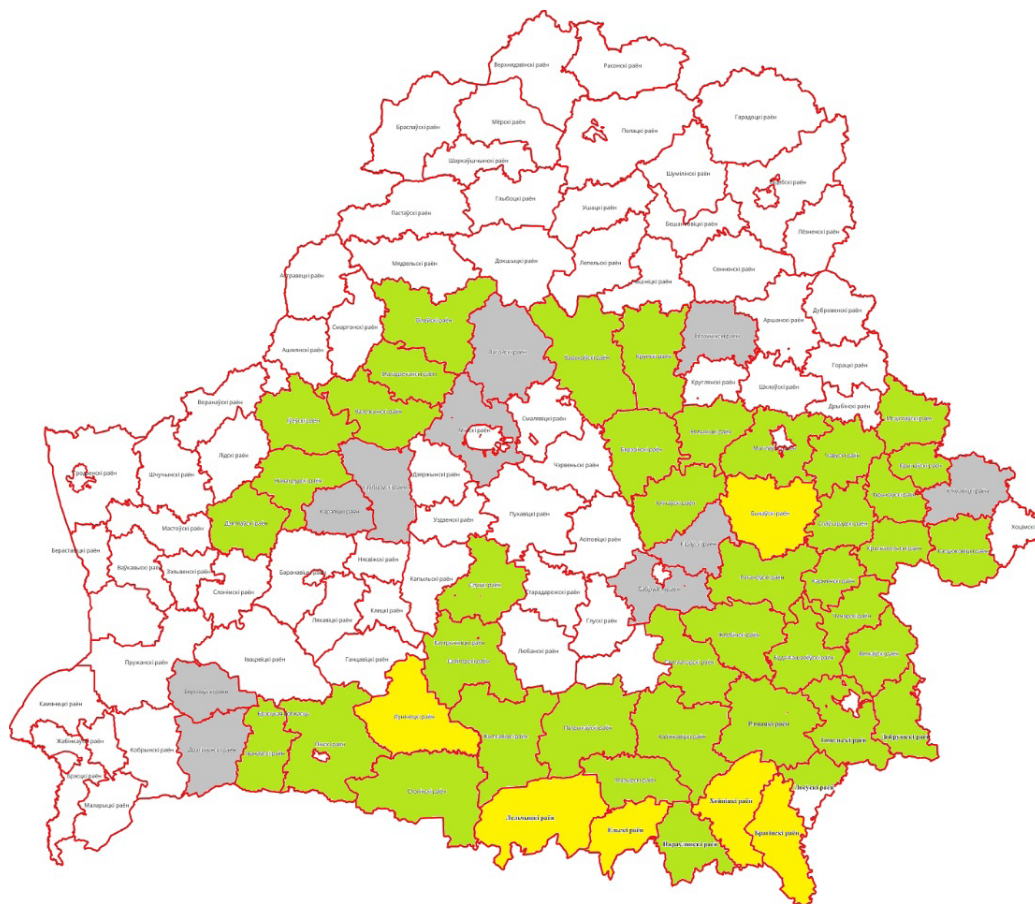


Рис. 1. Картограмма степени риска при возделывании озимых зерновых культур (пшеница, рожь, тритикале) на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ¹³⁷Cs (по районам)

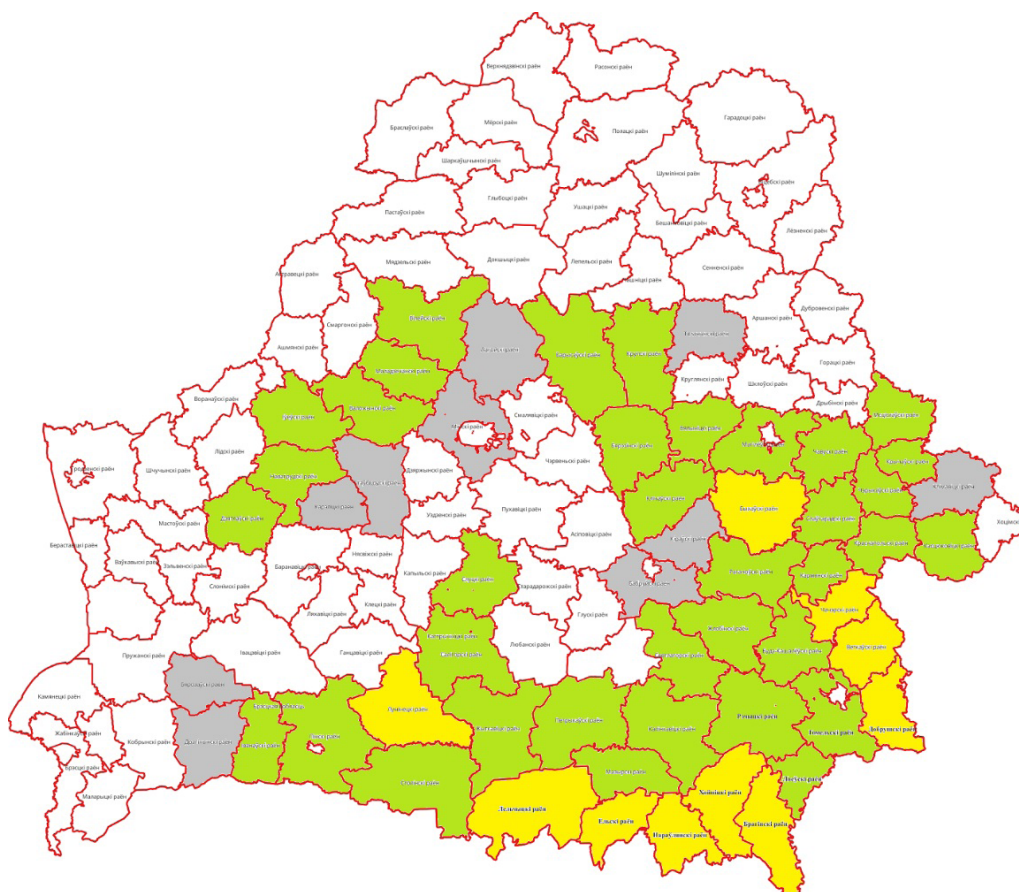


Рис. 2. Картограмма степени риска при возделывании яровых зерновых культур (пшеница, ячмень, овес) на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs (по районам)

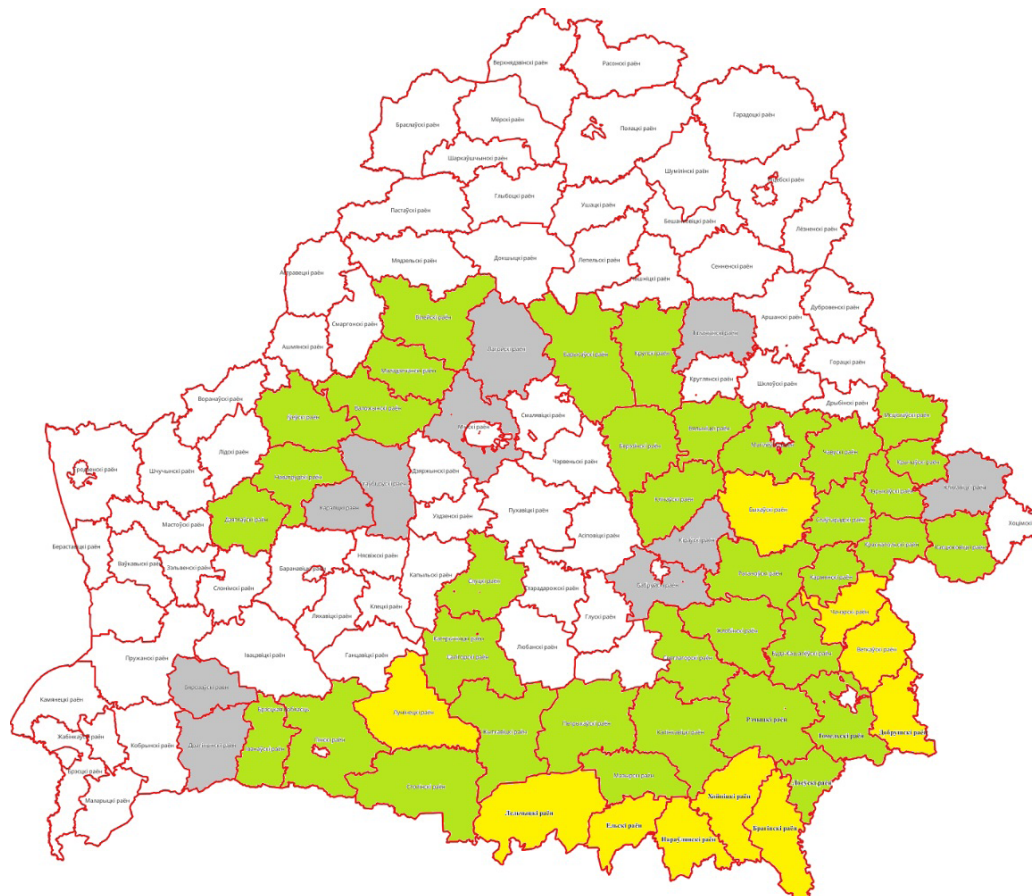


Рис. 3. Картограмма степени риска при возделывании проса и гречихи на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs (по районам)

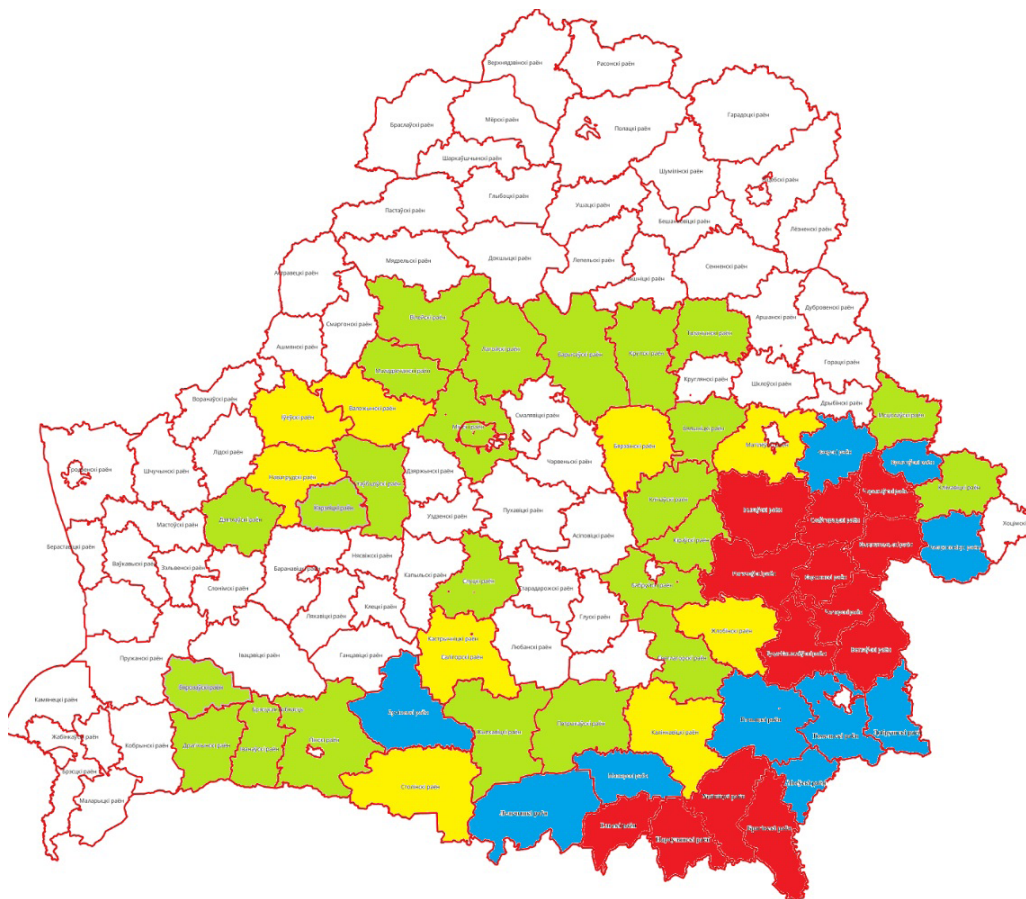


Рис. 4. Картограмма степени риска при возделывании гороха на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs (по районам)

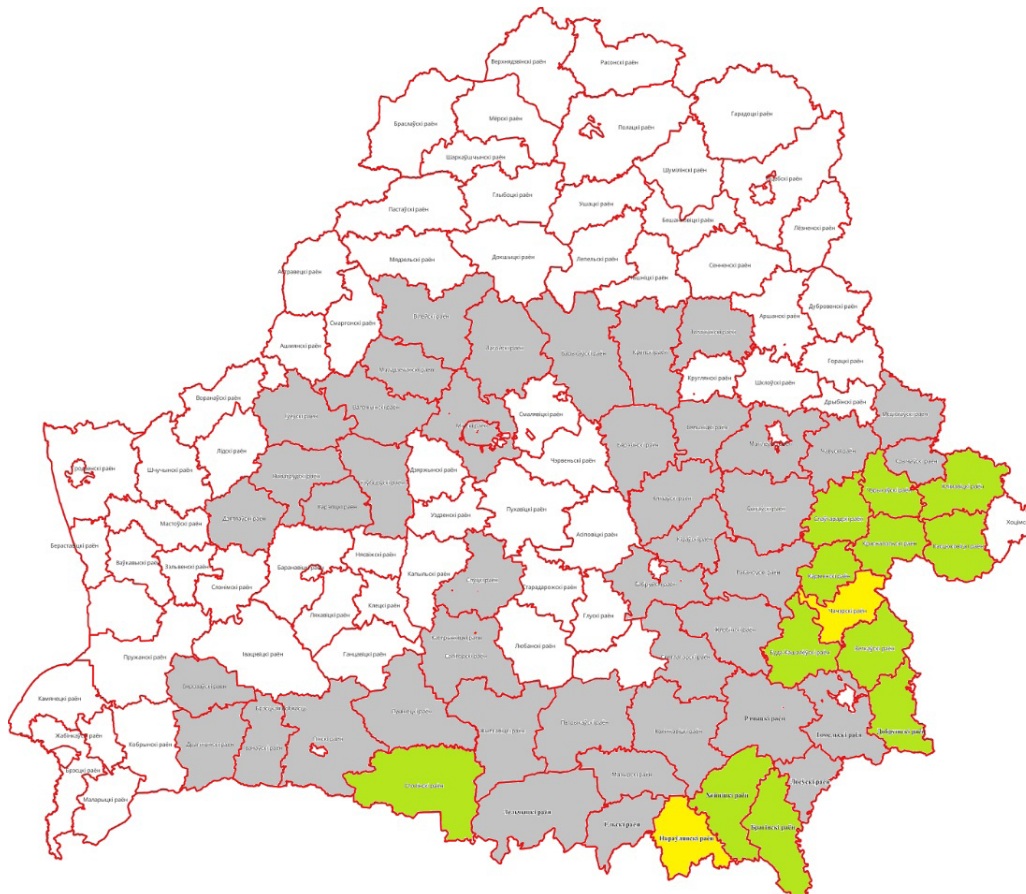


Рис. 5. Картограмма степени риска при возделывании картофеля на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs (по районам)

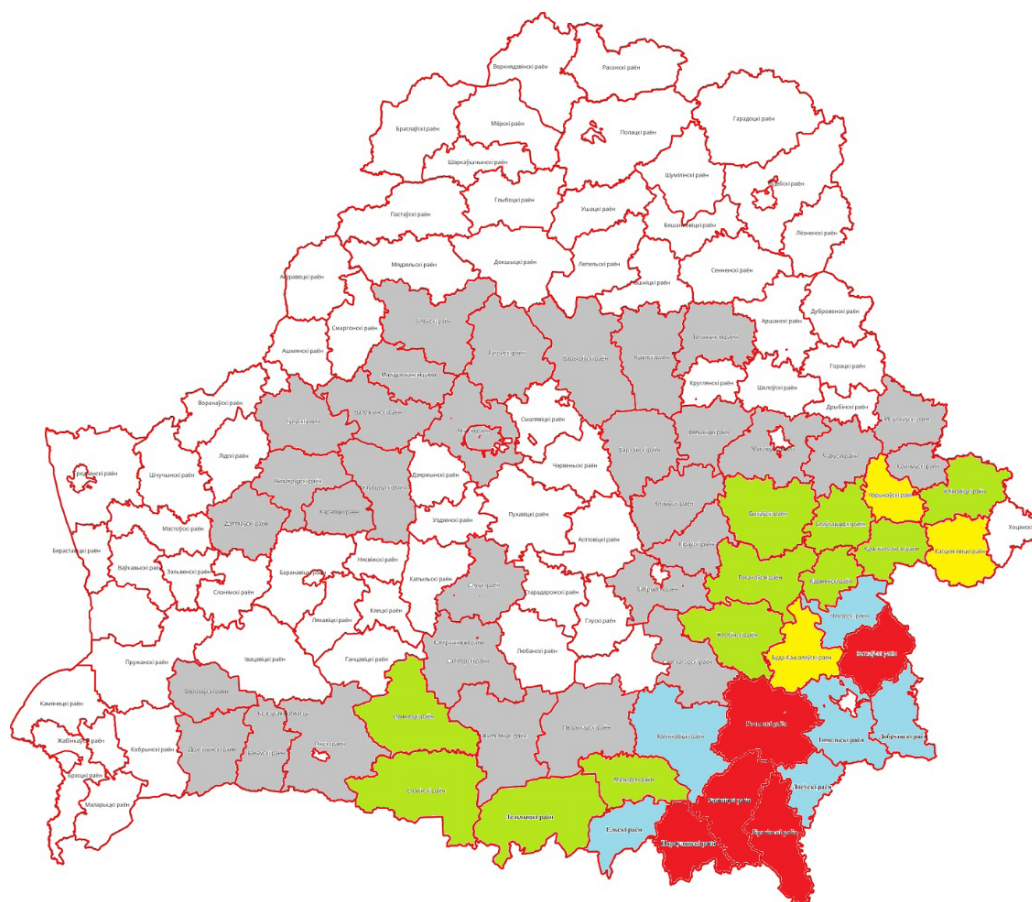


Рис. 6. Картограмма степени риска при возделывании озимых и яровых зерновых культур, гороха, проса и гречихи на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{90}Sr (по районам)

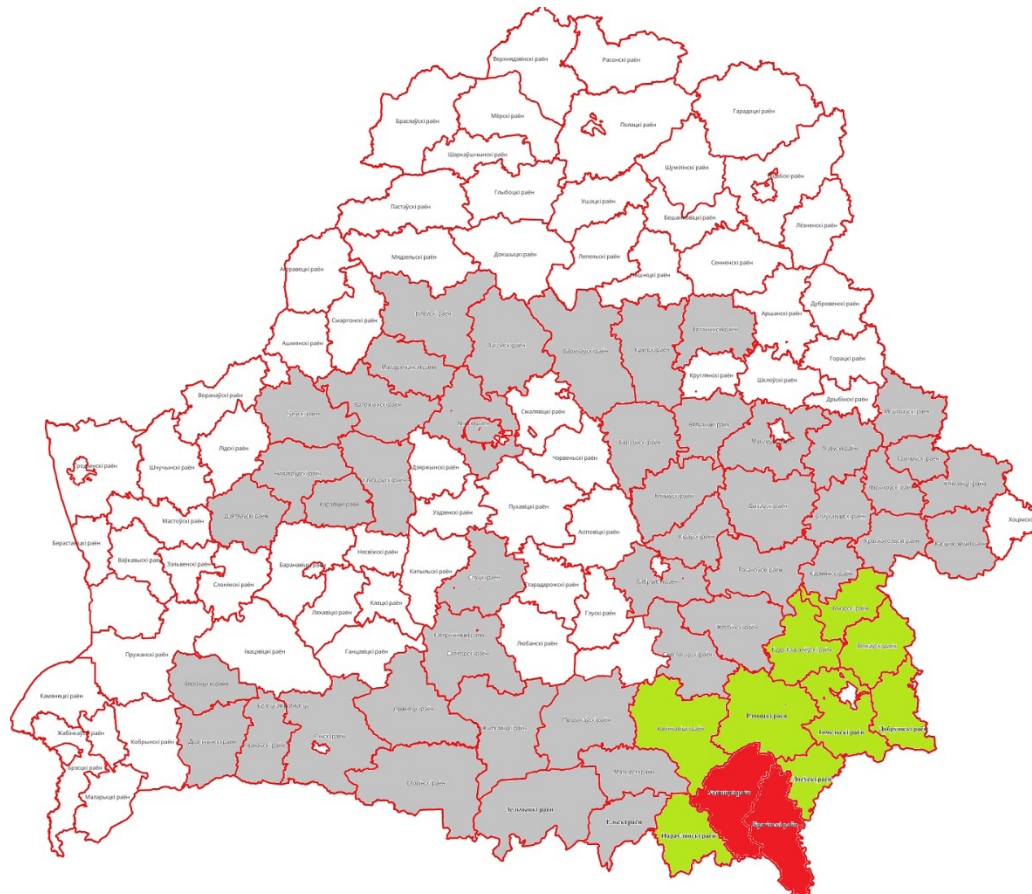


Рис. 7. Картограмма степени риска при возделывании картофеля на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{90}Sr (по районам)

Заключение

В ряду гранулометрического состава дерново-подзолистых почв риски и ограничения производства зерна и картофеля на пищевые цели закономерно снижаются от песчаных почв до суглинистых. Однако уровень почвенного плодородия оказывает существенное влияние на данные параметры. При оптимальных параметрах плодородия легких по гранулометрическому составу почв риски получения растениеводческой продукции с превышением допустимых уровней меньше, чем на суглинистых почвах с низкими уровнями содержания подвижного калия и реакцией почвенной среды.

На торфяных почвах, загрязненных ^{137}Cs , вероятности превышения содержания данного радионуклида в зерне основных зерно-

вых культур и клубнях картофеля существенно выше по сравнению с минеральными дерново-подзолистыми почвами при одинаковой плотности их радиоактивного загрязнения и уровню плодородия. В то же время торфяные почвы характеризуются меньшими рисками получения этой продукции со сверхнормативным содержанием ^{90}Sr по сравнению с минеральными почвами.

При оптимальной обеспеченности почвы подвижным калием и близкой к нейтральной реакции почвенной среды риск получения продукции со сверхнормативным содержанием ^{137}Cs или ^{90}Sr уменьшается в два раза и более по сравнению с почвами с низкими показателями плодородия.

Список использованных источников

1. Опыт и результаты деятельности Республики Беларусь по радиационной защите населения и реабилитации территорий радиоактивного загрязнения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / Департамент по ядерной и радиационной безопасности; под общ. ред. проф. Н. Н. Цыбулько. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2025. – 212 с.
2. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь : метод. рекомендации / РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси ; сост. И. М. Богдевич [и др.] ; ред. В. Ф. Вашепрудов, И. М. Богдевич. – Мн., 2003. – 72 с.
3. Цыбулько, Н. Н. Почвенно-агрохимические основы адаптивного использования загрязненных радионуклидами земель / Н. Н. Цыбулько. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2022. – 290 с.
4. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы / Н. Н. Цыбулько [и др.]; Нац. академия наук Беларуси, М-во с. х. и продовольствия Респ. Беларусь, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2021. – 144 с.
5. Цыбулько, Н. Н. Содержание форм ^{137}Cs и ^{90}Sr в дерново-подзолистых почвах Беларуси в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / Н. Н. Цыбулько, Ю. В. Путятин // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2024. – Т. 64. – № 4. – С. 87–94.

Поступила 22 мая 2026 г.

ИЗ ИСТОРИИ МЕЛИОРАТИВНОЙ НАУКИ

Памяти Виктора Ивановича Клипперта (1929–2007)

Виктор Иванович Клипперт родился 5 апреля 1929 г. в д. Морево Кардымовского р-на Смоленской обл. По окончании средней школы поступил в Белорусскую сельскохозяйственную академию на гидромелиоративный факультет. В 1953 г. защитил диплом и был оставлен при кафедре сельскохозяйственных мелиораций в должности ассистента. В его учебную нагрузку входили практические занятия со студентами, однако Виктор Иванович параллельно занимался научной работой, связанной с исследованием первого гончарного дренажа, заложенного профессором А. Н. Козловским в 1853 г. на землях Горы-Горецкого сельскохозяйственного института (участок «Иваново»). Этот дренаж стал одним из первых и крупнейших примеров закрытого осушения в Российской империи.

После защиты в 1968 г. кандидатской диссертации на тему «Осушение болот напорного питания гончарным дренажем» В. И. Клипперт получил звание доцента и работал заведующим кафедрой гидравлики. В это время на кафедре была открыта аспирантура и начаты исследования по теме «Разработка конструкций и расчетов закрытого дренажа, дополненного вертикальными самоизливающимися скважинами, сопрягающими водоносный пласт с горизонтальными дренами». Под руководством ученого были защищены 3 кандидатские диссертации, в 2003 г. ему было присвоено звание «Почетный профессор Белорусской государственной сельскохозяйственной академии».

Вниманию читателей предлагается статья Виктора Ивановича, написанная в 1958 г. и тогда же предложенная им в научный журнал союзного значения «Гидротехника и мелиорация» для публикации. Однако редколлегия журнала отклонила рукопись по неизвестным для автора причинам, которые, по свидетельству современников, носили скорее субъективный, нежели научный характер. Возможно, она не вписывалась в узкие тематические рамки упомянутого издания, когда доминировала иная парадигма научной коммуникации. Однако, по моему мнению и мнению редакции журнала «Мелиорация», статья Виктора Ивановича Клипперта имеет историко-научную ценность, она актуальна и ее ценность не должна быть забыта. Она, безусловно, представляет интерес как для историков нашей науки, так и для специалистов. Мы возвращаем в научный оборот этот материал, чья значимость выдержала испытание временем. Этот материал – ценный документ эпохи. Бережная стилистическая адаптация позволила сохранить его аутентичность.

В. И. Желязко,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор БГСХА

О СРОКАХ СЛУЖБЫ ГОНЧАРНОГО ДРЕНАЖА ПРИ ОСУШЕНИИ ЗЕМЕЛЬ С НАПОРНЫМ ВОДНЫМ ПИТАНИЕМ

В. И. КЛИППЕРТ

Техника осушения болот на территории России возникла очень давно. Старейшие осушительные системы и мероприятия по борьбе с излишним увлажнением земель уходят в глубокую древность. Еще в XI–XII вв. земли осу-

шались дренажем, а открытыми каналами – в еще более ранние периоды.

Гончарный дренаж как мера осушения сельскохозяйственных земель на наших территориях возник в середине XIX в., тогда же на-

чали складываться основы его теории и была доказана целесообразность его устройства. В настоящее время гончарный дренаж широко известен в практике мелиоративного строительства. На его эффективность при осушении сельскохозяйственных земель указывают многие научно-исследовательские учреждения и вековой производительный опыт.

Значительный вклад в дело развития гончарного дренажа в России внес А. Н. Козловский, профессор Горы-Горецких сельскохозяйственных учебных заведений (ныне – Белорусская сельскохозяйственная академия), под руководством которого с 1853 г. началась закладка гончарного дренажа. Это был первый опыт гончарного дренажа в Российской империи, примененного для осушения огородных земель, кислого луга, торфяных болот и топких кочкарных котловин на полях.

«Главная цель дренирования земель института и фермы, – писал А. Н. Козловский, – состоит в доставлении воспитанникам, равно как и всем другим лицам, посещающим эти заведения, возможности практически ознакомиться с правильным производством и пользою этой важной земледельческой операции».

В 1853–1862 гг. дренажное дело в Горы-Горецких учебных заведениях приобрело большой масштаб. Изготовление на месте гончарных труб и эффективное действие вступивших в строй дренажных систем вызвали живой интерес у землевладельцев, которые начали покупать дренажные трубки на заводе института и самостоятельно осуществлять дренирование своих заболоченных участков.

Одним из наиболее крупных массивов, осушенных в этот период гончарным дренажем, был участок «Иваново», где осушили 80 га пойменного торфяного луга, заболоченного грунтовыми водами напорного типа. По описанию А. Н. Козловского, этот массив до начала дренажных работ представлял собой болотистые сенокосы, расположенные в пойме р. Прони и увлажненные до такой степени, что движение по ним могло осуществляться только пешком. Крутые песчаные склоны, прилегающие к границе луга, способствовали выклиниванию грунтовых вод, которые в пониженных местах выступали на поверхность. Ниже, у подошвы склонов, песчаная почва сменялась полосой среднеразложившегося торфа (центральная часть поймы), который по мере приближения к

руслу Прони оказался погребенным под слоем среднего суглинка аллювиального происхождения. Флора луга была очень разнообразна и насчитывала более 50 видов болотных растений, ботанический состав которых был представлен пушицей, разными видами камыша и осок; развивался хвощ.

Для осушения Ивановских сенокосов А. Н. Козловским была предложена и реализована схема мелиоративных мероприятий, которая резко изменила водный режим массива. С целью перехвата потока грунтовых вод со стороны песчаных склонов поперек их была заложена обводная дрена, сообщающаяся с водоприемником системой отводных дрен и коллекторов. Площадь, заключенная между обводной дрена и коллекторами, осушалась с помощью дрен-осушителей, заложенных через 21–25 м одна от другой. Таким образом, осушительная сеть была разделена на отдельные системы со стоком в р. Проню. На рис. 1 представлен план осушительной сети и сооружений на ней, заложенных А. Н. Козловским при осушении этих сенокосов.

С целью предварительного осушения болота была проведена редкая сеть открытых каналов, так как при закладке дренажа в зоне торфа он давал значительную осадку и достижение проектной глубины траншеи приходилось осуществлять в несколько приемов. Эти временные осушители, как правило, прокапывались вблизи гончарных коллекторов (реже – около дрен-осушителей) и имели глубину большую, чем глубина закладки дренажа. Впоследствии эта открытая осушительная сеть засыпалась.

Гончарная осушительная сеть оказала значительное влияние на улучшение водного режима, в результате чего «болотистая растительность сенокосов, состоявшая до осушки почти исключительно из кислых и жестких болотных трав, заметно ослабевает и вытесняется другими, более нежными травами: по местам показывается тимopheвка, красный клевер, лисохвост, которых тут прежде вовсе не существовало. <...> Судя по благоприятным результатам дренажа, мы можем утвердительно сказать, что Ивановские сенокосы после надлежащего культивирования будут приносить вдвое большее количество сена, против ныне собираемого, и притом не болотного и жесткого, а сладкого и душистого», – писал А. Н. Козловский.

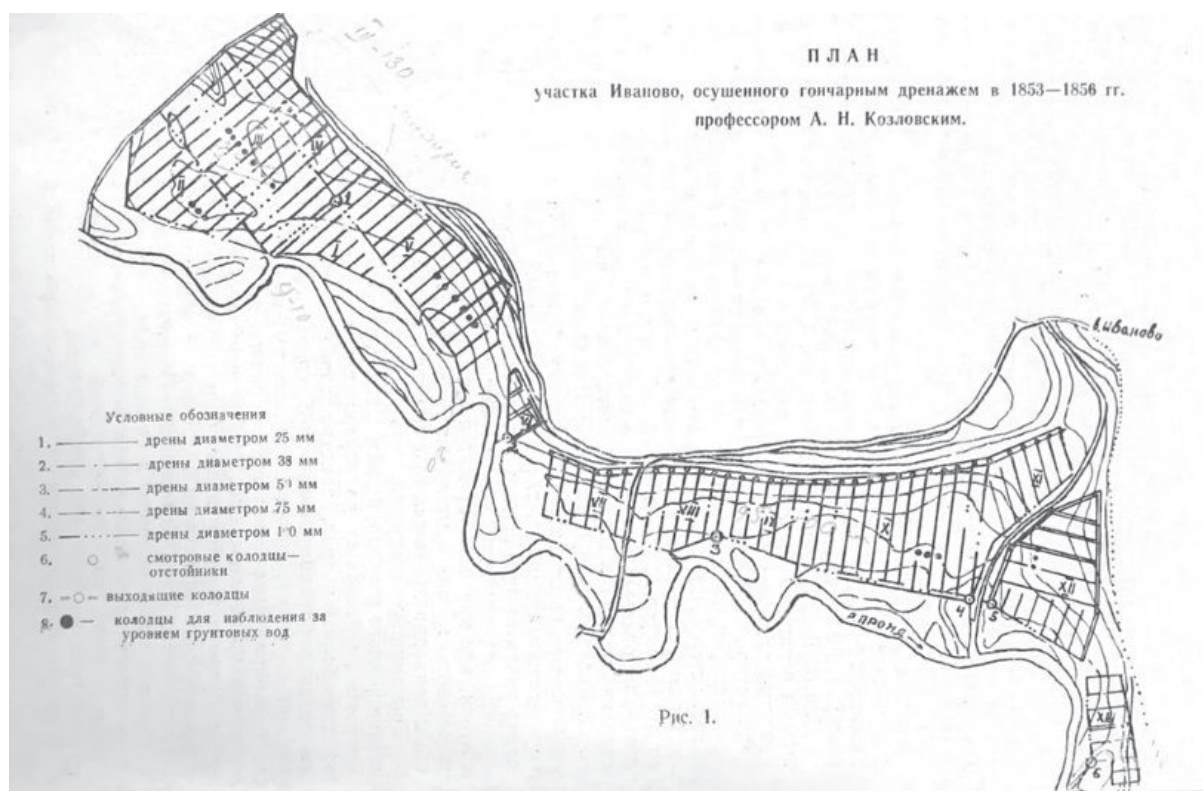


Рис. 1. План осушительной сети участка «Иваново»

По наблюдениям ученого, в 1859 г. с одной казенной десятины дренированного луга, расположенного в пойме р. Копылки, был получен урожай сена более 200 пудов, тогда как ранее с этой же площади получали сена болотных трав не более 100 пудов.

В 1957 г. в целях выявления причин снижения эффективности дренажа и сохранения его первоначальной конструкции научными работниками кафедры сельскохозяйственной мелиорации, студентами и рабочими Белорусской сельскохозяйственной академии под общим руководством доцента Б. И. Яковлева были начаты работы по восстановлению уникальной системы на объекте «Иваново». Все они выполнялись ручным способом и позволяли выявить конструкцию как дренажной сети в целом, так и ее отдельных узлов.

В ходе выполнения раскопок было установлено, что дренажная сеть на этом объекте разбита на 15 отдельных осушительных систем, имеющих сток в р. Проню. Для перехвата потока грунтовых вод, поступающих со стороны песчаного склона на глубине 2 м в насыщенном водой песке, заложена обводная ловчая дрена. Она состоит из труб диаметром 25 мм, уложенных в траншею в две нитки вперевязь с трубой диаметром 64 мм. Стыки этих труб

тщательно обернуты мхом и прикрыты черепками дренажных трубок.

По трассе этой дрены на расстоянии 21–25 м друг от друга устроены буровые скважины на глубину 2–2,5 м (считая от уровня дрены), внутрь которой опущены одна на другую гончарные трубы диаметром 64 или 75 мм вперевязь с трубами 25 или 38 мм. В верхней точке эти вертикальные скважины, получившие впоследствии название восходящих колодцев, через фильтрационную засыпку из щебня и черепков (отходов гончарного производства) соединяются с обводной и регулирующей дренами, служа для подъема грунтовой воды с указанной глубины до уровня этих дрен (рис. 2).

Для равномерной осушки массивов и отвода воды из обводной дрены и восходящих колодцев на глубине 0,6–2 м от поверхности земли заложены дрены-осушители. Их верхняя часть, проходящая в песке-плывуне, заложена с уклоном (1), равным 0,1, и состоит из труб диаметром 25 мм, уложенных в траншею в две нитки вперевязь с трубами и муфтами диаметром 64 мм. Стыки трубок обернуты мхом и заложены черепками. Однако при выходе из песка-плывуна в зону среднеразложившегося торфа конструкция этих дрен несколько меняется. Две нитки труб диаметром

25 мм переходят в одну нитку диаметром 50 мм. При этом такой переход конструктивно имеет два решения: с помощью а) гончарной трубы диаметром 75 мм, уложенной нормально к направлению дрены, и б) дополнительного восходящего колодца второго яруса.

Обследование этого участка сети показали, что гончарная трубка, уложенная нормально к направлению дрены, полностью забита песком. Восходящий колодец второго яруса работал интенсивно. Две нитки труб, проходящие в песке-плывуне, в обоих случаях заполнены частицами песка на 80–100 % площади их поперечного сечения. Защита зазоров этих дрен муфтами, укладка дрен вперевязь с трубами большего диаметра, обкладка всех стыков мхом и черепками не защитили дрены от попадания внутрь трубок частиц песка-плывуна.

В лучшем состоянии оказались дрены, проходящие в зоне торфа и среднего суглинка. Их уклоны обычно равны 0,05 и менее. Однако полное заиливание трубок наносами здесь отмечено редко и на небольших участках (одна-две гончарные трубки). При этом замечено, что дрены меньшего диаметра относительно площади живого сечения заилены больше, чем дрены большего диаметра.

Результаты гранулометрического анализа, проведенного по 13 образцам, взятым из дрен, находящихся в различных почвенных условиях массива, указывают, что в составе осевших в гончарных трубках наносов наблюдается заметное преобладание частиц с размером фракций от 0,25 до 0,01 мм, в отдельных случаях составляющих 90 %. Проводящая сеть осушительной системы, гончарные коллекторы уложены с уклоном $I = 0,03–0,0007$ на глубину от 1,5 до 2–2,5 м и состоят из труб диаметром 75, 100 и 127 мм. Иногда они укладывались в траншею в одну, две, три и четыре нитки. Стыки труб прикрывались мхом и черепками гончарных труб.

Устья коллекторов выводились к водоприемнику в большинстве случаев через открытые встречные канавы длиной от 3 до 23 м, которые устроены, по нашему мнению, с целью исключения подпора устьев со стороны водоприемника в летне-осенний период. Устье дренажной систем закреплялись долбленной деревянной трубой на сваях или кирпичной кладкой. Устье дренажной системы VI было выведено непосредственно в водоприемник (рис. 1).

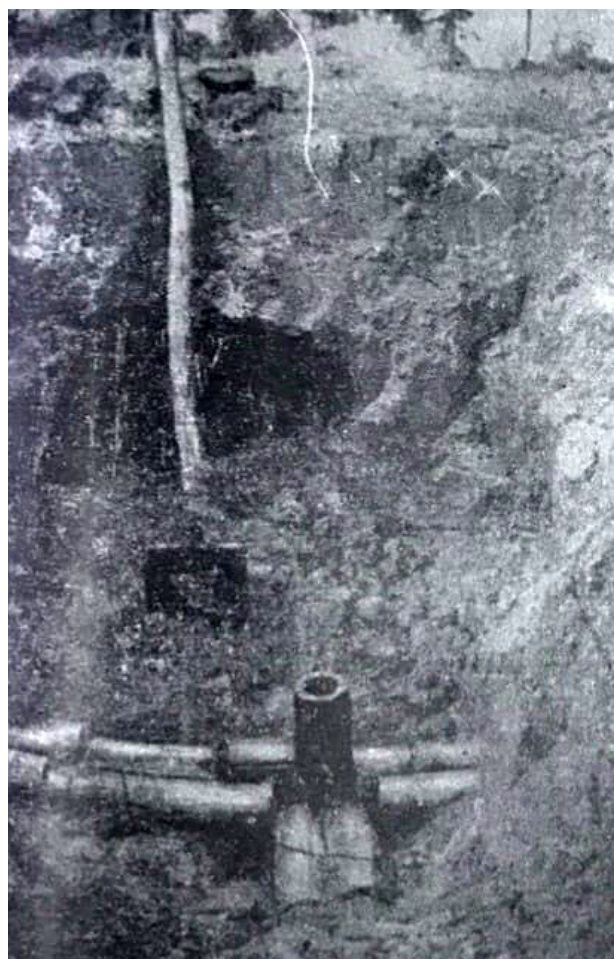


Рис. 2. Восходящий колодец в точке соединения с обводной и отводящей дренами

К моменту производства работ по восстановлению дренажа все деревянные устья сгнили, а кирпичные разрушились. Все встречные канавы заплыли и заросли кустарником и осоклой. Это обстоятельство привело к значительному подъему уровня грунтовых вод, однако полный сброс воды в водоприемник не прекратился. На рис. 3 показан объект «Иваново» перед восстановлением дренажа: вода из погребенных устьев выклинивалась на поверхность земли в отдельных случаях с глубины более 2,5 м и в виде отдельных ключей стекала по поверхности земли в водоприемник.

Вместе с этим выведенное в водоприемник устье дренажной системы VI оказалось свободным от наносов и продолжало нормально работать. Анализ работы устьев в первом и втором случаях указывает на необходимость критического подхода к вопросу устройства встречных каналов и ставит под сомнение целесообразность их широкого применения.

В местах сопряжения нескольких коллекторов были вскрыты смотровые колодцы-от-

стойники потайного типа, выполненные из гончарных трубок, связанных деревянным срубом, и колодцы из кирпича. Представленная на рис. 4 конструкция смотрового колодца-отстойника, выполненного из деревянных пластин и гончарных трубок, на массиве была применена дважды: на дренажных системах VI и V (колодец № 1) и дренажной системе VI (колодец № 2).

В обоих случаях колодец закрывался деревянной крышкой, обработанной дегтем, сверху засыпанной землей слоем около 1 м. Эти два колодца к моменту восстановительных работ 1957 г. не сохранили своей работоспособности. С течением времени деревянные

элементы этих сооружений сгнили; крышки и земля провалились внутрь колодцев, создав этим условие подпора воды в системах.

Смотровые колодцы из кирпича, закрываемые деревянной крышкой, были обнаружены на системах IX (колодец № 3), X и XI (колодец № 4). Их конструкция имела несколько отличий от предыдущей (рис. 5). Однако наличие деревянной крышки, которой они закрывались, значительно сократило срок их службы, а обрушение сгнившего дерева и земли внутрь колодца стало одной из основных причин, нарушивших нормальную работу дренажа на тех участках, где эти колодцы применялись.



Рис. 3. Заплывшее и заиленное дренажное устье, выходящее во встречную канаву



Рис. 4. Смотровой колодец-отстойник, выполненный из деревянных пластин и гончарных трубок, после его очистки от земли, сгнившего дерева и ила

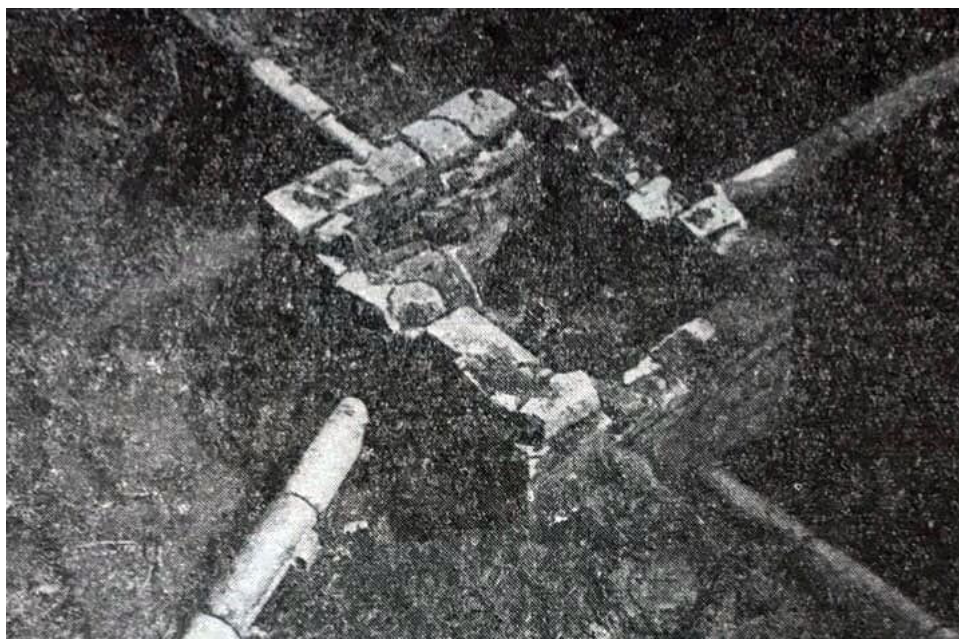


Рис. 5. Смотровой колодец-отстойник, выполненный из кирпича



Рис. 6. Смотровой колодец-отстойник, выполненный из двух гончарных труб диаметром 300 мм

Наиболее устойчивыми и долговечными в работе оказались два других смотровых колодца: № 5, обслуживающий систему XII (рис. 6), и № 6, обслуживающий дренажную систему XIII. Эти колодцы устроены из двух гончарных труб диаметром 300 мм, поставленных одна на другую. Нижняя длиной 450 мм выполняла функцию отстойника, а верхняя длиной 610 мм была верхней частью колодца; обе были закрыты гончарной плиткой. Представляя собой простую, легкую и дешевую конструкцию, эти колодцы сохранили полную работоспособность и смогли обеспе-

чить нормальную работу дренажа еще довольно долгое время.

Таким образом, заиливание открытой сети и разрушение смотровых колодцев, имевших в своей конструкции деревянные элементы, вызвали подъем грунтовых вод и вместе с этим процесс вторичного заболачивания массива.

Выращиваемые в этих условиях клевер, тимopheевка, лисохвост и другие культурные травы начали исчезать с поверхности луга, уступая место дикой болотной растительности: тростнику обыкновенному, осоке, хвощу топяному и т. п. Луг начал зарастать ольхой и ивой.

Развивающийся процесс заболачивания оказал пагубное действие на состояние дрена-осушителей и коллекторов рассматриваемых систем. Корни тростника обыкновенного и хвоща топяного, проникнув на глубину более 2 м, проникли через стык труб внутрь дрен и начали там интенсивно разрастаться, закупоривая полости труб. Это подтвердили раскопки коллекторов и дрен шурфами через 10 метров. Было обнаружено, что во многих местах произошла закупорка дрен корнями этих растений. Изоляция стыков мхом, муфтами и укладка их вперевязь с трубами большего диаметра не предохранили полости дрен от зарастания.

Для исследования степени деформации дрен в вертикальной плоскости, уложенных в траншею на торфяное основание без стеллажей (мощность торфяного пласта более 5 м), было проведено их нивелирование. При этом расстояние между пикетами при нивелировании дрен составляло 10 м и коллекторов – 5 м. Значительных просадок дрен, что вело бы к нарушению нормальной работы дренажа, при этом не отмечено.

В 1957 г. восстановительные работы показали, что гончарные системы интенсивно работают. Ежедневные наблюдения за дренажным стоком, налаженные на массиве с 1958 г., выявили, что сброс воды с осушаемых участков происходит непрерывно во все периоды года. Отмеченный в первой декаде апреля 1958 г. максимальный модуль стока на отдельных системах достигал 1 л/с с одного гектара. Уровень грунтовых вод, установившийся к концу апреля в среднем на расстоянии 0,6–0,8 м от поверхности земли, оставался близким к этим величинам в течение всего лета.

В 1958 г. весь участок осушенных сенокосов был вспахан на глубину 25–30 см с последующей разделкой пласта тяжелыми дисками и фрезой и внесением минеральных удобрений. С 16 по 22 июля 1958 г. на участке был осуществлен посев однолетних трав на зеленую подкормку и силоса с одновременным подсевом многолетних трав. Поздний срок посева не позволил произвести два укоса однолетних трав, и в результате этого полученный урожай был несколько ниже возможного.

Однако даже в этих условиях в среднем по участку было собрано около 300 центнеров зеленой массы с одного гектара, а на отдельных участках – до 530 ц с одного гектара. Летом 1958 г. на дренированной площади был получен урожай сена многолетних трав в сумме по двум укосам около 90 ц/га.

Работы по восстановлению дренажа, заложенного в прошлом столетии А. Н. Козловским на территории Ивановских сенокосов, позволили изучить конструкцию этого дренажа и основные причины, временно снизившие его эффективную работу.

В заключение необходимо отметить, что осушение гончарным дренажом пойменных торфяников, заболоченных грунтовыми водами, способствует созданию водного режима, благоприятного для развития и роста кормовых сельскохозяйственных культур. Опыт гончарного дренажа массива «Иваново» показывает, что на таких участках после их осушения гончарным дренажом можно получать высокие урожаи однолетних и многолетних трав в первый и последующие годы освоения. При культурном использовании осушаемых площадей и нормальной эксплуатации осушительных систем гончарный дренаж на торфяных болотах может эффективно работать 100 лет и более.

Наличие на гончарных дренажных системах деревянных сооружений сводит возможную долговечную работу дренажа к сроку службы деревянных конструкций, находящихся в условиях периодического увлажнения. Исходя из этого целесообразно применять для устройства наблюдательных колодцев гончарные трубы по примеру А. Н. Козловского. В этом случае их конструкция будет как достаточно дешевой, так и долговечной.

Значительно снижают нормальную работу дренажа корни тростника обыкновенного, хвоща топяного и ивы, которые, проникая на глубину более двух метров, попадают внутрь дрен через стыки трубок и интенсивно там развиваются. Своевременное окультуривание осушенной гончарным дренажом территории может предохранить дренаж от зарастания и значительно продлить срок его службы.

Список использованных источников

1. Козловский, А. Н. Дренажные работы при Горы-Горецких учебных заведениях / А. Н. Козловский // Журнал МГИ. – 1860. – Т. LXXV. – № 2. – С. 50–64.
3. Козловский, А. Н. Дренажные работы при Горы-Горецких учебных заведениях (окончание) / А. Н. Козловский // Журнал МГИ. – 1860. – Т. LXXV. – № 4. – С. 164–176.
4. Дубах, А. Д. История и действие первого дренажа России / А. Д. Дубах // Записки Гарэцкага інстытуту сельскае гаспадаркі. – Горкі, 1925. – Т. 2. – С. 15–31.
5. Клипперт, В. И. О конструкции и сроках службы гончарного дренажа при осушении болот напорного питания / В. И. Клипперт // Тр. Белорус. с.-х. академии. – 1951. – Т. XXXV. – С. 142–151.

Поступила 31 марта 2026 г.

НАШИ ЮБИЛЯРЫ



ВАЛЕНТИНА СТЕПАНОВНА ЖИЛИНА (к 95-летию)

Валентина Степановна Жилина родилась 30 июня 1931 г. в д. Чучелово Починковского р-на Смоленской обл.

В 1955 г. окончила факультет агрохимии и почвоведения Белорусской сельскохозяйственной академии, получив специальность агрохимика-почвоведа. По окончании вуза была направлена на Коссовскую опытную болотную станцию НИИ мелиорации, водного и болотного хозяйства АН БССР, где работала младшим научным сотрудником; в 1966–1969 гг. училась в очной аспирантуре БелНИИ мелиорации и водного хозяйства института. По окончании аспирантуры Валентина Степановна продолжала работать младшим научным сотрудником, далее – заведующим агрохимической лабораторией Полесской опытной мелиоративной станции (1969–1975). В течение 1976–1993 гг. – старший научный сотрудник БелНИИ мелиорации и водного хозяйства.

В 1969 г. В. С. Жилина успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему «Влияние ростовых веществ на урожай и качество сахарной свеклы» и ей была присуждена ученая степень кандидата сельскохозяйственных наук. Она автор около 50 научных работ, в том числе нормативных и методических документов по эффективности расчетных доз минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур и их влиянию на изменение агрохимических свойств торфяных почв в системе севооборота.

За достигнутые трудовые успехи В. С. Жилина награждена медалями «За трудовое отличие», «За доблестный труд», Почетными грамотами Верховного Совета БССР, БелНИИМуВХ.

Коллектив института искренне поздравляет Валентину Степановну с юбилеем, желает здоровья и благополучия.



**НАДЕЖДА ВЛАДИМИРОВНА
КАБАНОВА**
(к 75 летию)

Надежда Владимировна Кабанова родилась 26 апреля 1951 г. в д. Голены Слонимского р-на Гродненской обл. В 1972 г. окончила Новогрудский сельскохозяйственный техникум, а в 1980 г. – агрономический факультет Белорусской сельскохозяйственной академии.

Вся трудовая жизнь Надежды Владимировны связана с Институтом мелиорации, где она проработала почти 45 лет. Здесь она начала свою трудовую деятельность в 1972 г.: вначале старшим техником, агрономом, младшим научным сотрудником лаборатории луговодства. В 1995–2001 гг. работала научным сотрудником, старшим и ведущим научным сотрудником лаборатории сенокосов и пастбищ; в 2001–2006 гг. – ведущим научным сотрудником лаборатории селекции и семеноводства многолетних трав; в 2006–2016 гг. – заведующим сектором семеноводства многолетних трав.

В 1996 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук на тему «Подбор бобовых и злаковых трав и их смесей для укосного использования на дерново-подзолистых почвах».

Надежда Владимировна – автор более 50 научных публикаций, в том числе одной монографии, ряда рекомендаций и технологических регламентов. Выполненные ею исследования охватывают широкий спектр вопросов улучшения луговых земель и повышения их продуктивности. Особое место в биографии Н. В. Кабановой занимает период, когда она возглавила работу по семеноводству многолетних трав. Ей удалось провести многофакторные опыты по влиянию технологий возделывания на семенную продуктивность злаковых трав пастбищного типа (мятлика лугового и овсяницы красной), клевера гибридного.

Надежда Владимировна Кабанова зарекомендовала себя высококвалифицированным, исполнительным и целеустремленным научным сотрудником, пользующимся авторитетом и уважением. Такие люди формируют фундамент научного коллектива.

От всей души поздравляем Надежду Владимировну с днем рождения. Благодарим за труд на благо института, желаем сил, светлых мыслей, душевного тепла и неугасающего интереса к науке.



НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ ЦЫБУЛЬКО (к 60-летию)

Николай Николаевич Цыбулько родился 23 апреля 1966 г. в д. Денисовичи Ганцевичского р-на Брестской обл. После окончания в 1983 г. Денисовичской средней школы учился в Ганцевичском СПТУ-22. С 1984 по 1986 гг. проходил срочную службу в Советской армии, по возвращении работал полеводом в колхозе «Россия» Ганцевичского р-на.

В 1986–1990 гг. учился на агрономическом факультете Гродненского сельскохозяйственного института, где получил специальность ученого агронома. Сразу после окончания вуза поступил по направлению в очную аспирантуру Белорусского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии, которую закончил в 1994 г. С 1994 г. по 2002 г. Николай Николаевич работал в этом институте младшим, старшим научным сотрудником и заведующим сектором защиты почв эрозии.

В 1996 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Оптимизация азотного питания озимой ржи на дерново-подзолистых суглинистых почвах» по специальности «Агрохимия» и ему была присуждена ученая степень кандидата сельскохозяйственных наук; в 1998 г. было присвоено ученое звание доцента по специальности «Агрономия».

В 2002 г. в порядке перевода перешел работать в Могилевский филиал РНИУП «Институт радиологии» на должность заведующего лабораторией защитных мероприятий в растениеводстве. С 2003-го по 2007 г. – директор Могилевского филиала РНИУП «Институт радиологии».

В 2007 г. Николай Николаевич Цыбулько был назначен на должность заместителя начальника Департамента по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям приказом Министра по чрезвычайным ситуациям и согласованию с Премьер-министром Республики Беларусь. В этой должности проработал десять лет.

В 2017 г. Николай Николаевич защитил докторскую диссертацию на тему «Оптимизация использования загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель и агрохимических защитных мероприятий в отдаленный период Чернобыльской аварии» по специальности 06.01.03 – агропочвоведение, агрофизика. В 2019 г. ему было присвоено ученое звание профессора по специальности «Агрономия».

С 2017-го по 2022 г. работал в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси в должности заместителя директора по научной работе.

В настоящее время – начальник научно-исследовательского сектора Международного государственного экологического института им. А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета.

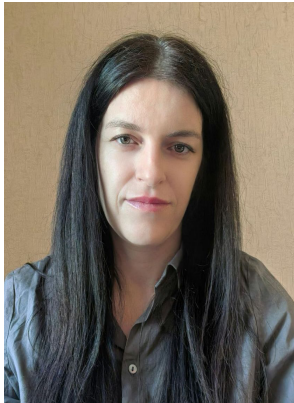
Н. Н. Цыбулько – автор более 450 научных работ, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях, в том числе 16 монографий, научных и справочных изданий. Он осуществляет научное руководство докторантами и аспирантами: подготовил 8 кандидатов сельскохозяйственных наук.

В 2013–2020 гг. являлся национальным экспертом в Международном агентстве по атомной энергии (МАГАТЭ, г. Вена), в 2017–2022 гг. – председателем Белорусского общества почвоведов и агрохимиков.

В настоящее время Николай Николаевич является руководителем научной секции Государственного экспертного совета № 7 «Сельскохозяйственные науки и технологии», членом совета по защите диссертаций К 01.56.01 при РУП «Институт мелиорации», заместителем председателя редакционной коллегии научно-практического журнала «Земля Беларуси», членом редакционной коллегии научного журнала «Мелиорация».

Награжден грамотами Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, медалями «За безупречную службу» (медаль Союзного государства Беларуси и России), «За содружество во имя спасения» (МЧС России), Юбилейными медалями «70 лет Победы в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.» (МЧС Республики Беларусь), «100 год органам дзяржаўнага кіравання сельскай гаспадаркай і харчаваннем Беларусі» (Минсельхозпрод), нагрудным знаком «За заслугі ў пераадоленні наступстваў катастроф на Чарнобыльскай АЭС» (МЧС Республики Беларусь).

Сотрудники Института мелиорации с теплом поздравляют Николая Николаевича с юбилеем, ценят его высокий профессионализм и преданность делу. От всей души желаем ему крепкого здоровья, новых творческих сил и научных высот. Пусть каждый день приносит радость от любимого дела, а рядом всегда будут верные соратники и ученики.



ОЛЬГА ВАСИЛЬЕВНА ПТАШЕЦ (к 40-летию)

Ольга Васильевна Пташец родилась 26 апреля 1986 г. в д. Криница Пружанского р-на Брестской обл.

После окончания средней школы № 5 г. Пружаны в 2003 г. поступила в Пружанский аграрно-технический колледж на специальность «Организация работ крестьянских (фермерских) хозяйств». Участвовала в Республиканской олимпиаде профессионального мастерства учащихся средних специальных учебных заведений по специальности «Агрономия», вошла в десятку лучших. В 2006 г. с отличием закончила колледж и поступила по непрерывной интенсивной системе получения образования в Гродненский государственный аграрный университет на агрономический факультет. Производственную практику проходила в Польше. Параллельно в 2007–2009 гг. получила второе высшее экономическое образование в Высшей школе управления на базе альма-матер.

В 2009 г. принята на работу агрономом в лабораторию использования торфяных комплексов РУП «Институт мелиорации»; с 2013 г. – младший научный сотрудник, научный сотрудник, в 2016 г. – старший научный сотрудник, с 2019 г. – ведущий научный сотрудник.

Ольга Васильевна обучалась в 2010–2013 гг. в аспирантуре РУП «Институт мелиорации по специальности 06.01.06 «Луговодство и кормопроизводство. Лекарственные и эфирно-масличные культуры». В 2015 г. защитила кандидатскую диссертацию на тему «Агроэкономическая эффективность возделывания люцерны посевной для кормовых целей на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья» и получила ученую степень кандидата сельскохозяйственных наук. Автор 56 научных публикаций, в том числе рекомендаций, методических указаний, отраслевых технологических регламентов и 4 изобретений.

В настоящее время Ольга Васильевна успешно руководит проектом «Влияние микроэлементов на семенную продуктивность люцерны изменчивой Белорусской селекции на антропогенно-преобразованных торфяных почвах Полесья».

Ольга Васильевна Пташец – очень активный, целеустремленный, дисциплинированный и требовательный к себе человек, способна оперативно осваивать новые методики, анализировать большие массивы данных. Отличается высокой ответственностью за результаты работы, прислушивается к мнению более опытных коллег. Постоянно стремится повышать свою профессиональную компетентность: дважды проходила курсы повышения квалификации в ГУО «ИПНК НАН Беларуси».

Коллектив института сердечно поздравляет Ольгу Васильевну с юбилеем и желает крепкого здоровья, творческих успехов, всяческого благополучия.

• ЧТОБЫ ПОМНИЛИ •



АНАТОЛИЙ ЕГОРОВИЧ ВОЛКОВ (к 95-летию)

Анатолий Егорович Волков родился 25 мая 1931 в с. Нижний Рогачик Верхне-Рогачевского р-на Херсонской области Украины. В 1959 г. окончил агрономический факультет Белорусской сельскохозяйственной академии и получил специальность ученого агронома.

После окончания вуза с 1959-го по 1961 г. работал заместителем председателя Городищенского районного исполнительного комитета Брестской обл. и начальником сельскохозяйственной инспекции. В 1961–1963 в составе отряда молодых специалистов работал на Кубе, где занимался повышением эффективности использования мелиорированных земель в провинции Масантас. Награжден Почетным знаком ЦК комсомола Кубы.

В 1963 г. поступил в аспирантуру БелНИИ мелиорации и водного хозяйства. После ее окончания в течение 5 лет работал старшим научным сотрудником института, затем уехал на Пинщину, где до 1978 г. был заведующим лабораторией первичного освоения мелиорированных земель Полесского комплексного отдела БелНИИМВХ.

В 1966 г. Анатолий Егорович защитил кандидатскую диссертацию на тему «Некоторые вопросы биологии и агротехники подсолнечника в Республике Куба» и стал обладателем ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Автор более 30 опубликованных научных работ по вопросам освоения и использования торфяных почв. Он также был специалистом в области радиационной экологии, участником ликвидации аварии на ЧАЭС. По заданию правительственной комиссии СССР в 1986 г. возглавил группу ученых, обследовавших зоны загрязнения. Автор ряда научных работ по изучению выпадения, миграции и влияния радиоактивных изотопов на человека и окружающую среду, в том числе один из авторов Атласа ландшафтно-геохимических полигонов в радиационно загрязнённых регионах Республики Беларусь. Член Белорусского отделения Фонда мира, комитета по спасению Днепра, правления Белорусского социально-экологического союза «Чернобыль», ученого совета Академии наук БССР по проблемам Полесья. По инициативе Анатолия Егоровича в соответствии с приказами Госкомчернобыля был создан Пинский консультативно-диагностический центр Госкомчернобыля, функционировавший почти десять лет. Волков возглавлял это учреждение, где проводились диагностика и мониторинг состояния здоровья населения, проживающих в районах, загрязненных радиоактивными элементами. И хотя позднее оно было передано в ведомство Министерства здравоохранения, в народе его по-прежнему называют «центр Волкова». На здании поликлиники установлена мемориальная доска в честь Анатолия Егоровича.

Депутат Верховного Совета БССР (1990–1995), Верховного Совета Республики Беларусь (1995–1996), депутат Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь, член комиссии ВС по проблемам Чернобыльской катастрофы.



АНАТОЛИЙ СЕМЕНОВИЧ МЕЕРОВСКИЙ (к 90-летию)

Анатолий Семенович Мееровский родился 17 апреля 1936 г. в г. Минске, раннее детство провел в Западной Украине, среднюю школу окончил в г. Туле.

В 1958 г. окончил геолого-географический факультет Белорусского государственного университета, по окончании вуза работал в Белорусском НИИ почвоведения техником-почвоведом, геоботаником, агрономом почвенного отряда, младшим научным сотрудником.

В 1961–1965 гг. обучался в аспирантуре, а после ее завершения продолжал трудиться в институте еще пять лет старшим научным сотрудником, а в 1970–1993 гг. уже как заведующий отделом (лабораторией) мелиоративного почвоведения (плодородия мелиорированных почв). В течение 1975–1977 гг. – заместитель директора по научной работе Института почвоведения, с 1993 г. по 2008 г. – заместитель директора по научной работе Института мелиорации и луговодства и заведующий лабораторией селекции и семеноводства многолетних трав, с 2008 г. по 2023 г. – главный научный сотрудник РУП «Институт мелиорации».

В 1966 г. А. С. Мееровскому после защиты кандидатской диссертации была присвоена ученая степень кандидата сельскохозяйственных наук, в 1991 г. он стал доктором наук, в 1992 г. получил звание профессора.

В 1976 г. был удостоен Государственной премии БССР в области науки и техники, а в 2003 г. – премии Национальной академии наук Беларуси.

Анатолий Семенович – автор около 700 научных публикаций, в том числе 18 монографий и учебников, 50 нормативных документов, регламентов, рекомендаций, 5 свидетельств на изобретения. С его участием создан сорт чины многолетней Журавушка.

Участвовал в разработке законов Республики Беларусь «О мелиорации земель» (2008, № 272-3), «Об охране и использовании торфяников» (2019, № 272-3), Государственных программ «Сохранение и использование мелиорированных земель» (на 2000–2005 и 2006–2010 гг.). Основное направление научной деятельности ученого связано с мелиоративным почвоведением, экологией почв, луговодством, большая часть его научных трудов посвящена различным аспектам плодородия, сохранения торфяных почв, их эффективного сельскохозяйственного использования.

А. С. Мееровский активно участвовал в разработке прогнозов, связанных с влиянием мелиорации и сельскохозяйственного использования мелиорированных земель на почвенный покров, играл весомую роль в создании и внедрении дифференцированных систем удобрений многолетних трав, установлении взаимосвязи «почва – растение». Под его руководством сформулированы основные положения зональной системы луговодства, основанной на использовании природного разнообразия луговой растительности.

Анатолий Семенович много и плодотворно трудился и как научный руководитель ряда государственных и фундаментальных программ, и как исследователь. В качестве главного научного сотрудника он работал в тесном контакте с научными и сельскохозяйственными

организациями страны. При его активном участии совместно со специалистами Минсельхозпрода разработана и реализована программа создания многокомпонентных пастбищ интенсивного типа.

А. С. Мееровский успешно сочетал научно-исследовательскую работу с подготовкой научных кадров. Под его руководством подготовлено и успешно защищено 20 кандидатских диссертаций. В течение 2012–2017 гг. он был председателем ученого совета по защите диссертаций Д 01.53.01 при РУП «Институт мелиорации».

За значительные трудовые успехи А. С. Мееровский награжден такими государственными наградами, как орден «Знак Почета», грамота Верховного Совета БССР, нагрудный знак им. В. М. Игнатовского НАН Беларуси, нагрудный знак НПЦ НАН Беларуси по земледелию «За вклад в развитие науки», медаль «Ветеран труда».

Сотрудники Института мелиорации помнят его как талантливого ученого и педагога, как человека культуры, обладавшего высочайшим уровнем профессионализма и выдающимися личными качествами: уважительным отношением к окружающим, способностью к сопереживанию, принципиальностью, тактичностью, деликатностью.



ПЕТР КОНСТАНТИНОВИЧ ЧЕРНИК (к 90-летию)

Петр Константинович Черник родился 10 июня 1936 г. в д. Куписк Новогрудского р-на Гродненской обл.

Трудовой путь он начал в колхозе «Великий Октябрь» Новогрудского р-на, затем трудился рабочим в Белорусском политехническом институте (1953–1955). В 1956–1960 гг. учился на гидротехническом факультете БПИ.

Последующая биография П. К. Черника тесно связана с Белорусским научно-исследовательским институтом мелиорации водного хозяйства: здесь он прошел путь от молодого специалиста, младшего научного сотрудника до первого заместителя генерального директора НПО «БелНИИМВХ». На этой должности он проработал более 20 лет, с 1978-го до 1998 г.

В 1971 г. Петр Константинович защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, в 1996 г. избран членом-корреспондентом Международной академии экологии и природопользования, в 1999 г. – академиком Белорусской инженерной академии. В течение 1998–2006 гг. Черник работал ведущим научным сотрудником лаборатории гидротехники.

По результатам своих исследований П. К. Черник опубликовал 135 научных работ, в том числе 16 рекомендаций, руководств, нормативных документов, получил 10 авторских свидетельств на изобретения и патенты. Основные направления научной деятельности исследователя связаны с разработкой конструкций, методов расчета технологий строительства гидромелиоративных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, методов расчета показателей агрофизических свойств органогенных почв, созданием вероятностных моделей динамики урожайности сельскохозяйственных культур.

Помимо основных задач, Петр Константинович немало внимания уделял подготовке молодых научных кадров, глубоко осознавая важность этой работы: под его руководством защищено 8 кандидатских диссертаций.

В 2006 г. П. К. Черник перешел из нашего института на работу в РУП «Белгипроводхоз» на должность ведущего специалиста технического отдела по мелиоративному и водохозяйственному строительству. Ученый принимал участие в разработке технологических карт проектных решений по особо сложным мелиоративным объектам, консультировал и выполнял расчеты по другим объектам. В 2009 г. Черник стал ведущим инженером в отделе сооружений, где наиболее ярко раскрылся его научный и творческий потенциал. Участвуя в проектировании таких сложных объектов, как Гродненская, Витебская, Полоцкая и Добрушская гидроэлектростанции, судоходный шлюз 79 Полоцкой ГЭС, Петр Константинович не только принимал обоснованные решения, но и учил тому молодых специалистов, подсказывая им, какие именно должны быть проведены

расчеты для того, чтобы конструктивные решения по сооружениям были технически и экономически эффективны.

Особенно пригодился опыт Петра Константиновича при проектировании водохранилищ в Грузии. Проведенные им и под его руководством расчеты, подтверждающие принятые проектные решения по земляной плотине, водосбросному сооружению, донной галерее и другим сооружениям, были одобрены практически без замечаний как заказчиком, так и грузинскими экспертами. Глубокие знания Петра Константиновича в гидравлике, геологии и гидрологии также очень помогли в проектировании прудов и предприятий по выращиванию особо ценных пород рыб, в разработке нормативных документов для мелиоративного и водохозяйственного строительства и д.р.

За 10 лет работы в Белгипроводхозе Петр Константинович зарекомендовал себя специалистом высочайшего профессионального уровня. Его подходы к решению сложных вопросов, касающихся прочностных характеристик грунтов, получили признание далеко за пределами Беларуси. Например, во время посещения Нидерландов специалисты мелиоративных организаций Беларуси узнали, что строительство сооружений на слабых основаниях (торфах) ведется в этой стране с использованием рекомендаций и теоретическо-расчетной базы, разработанной П. К. Черником.

В марте 2026 г. в издательском доме «Беларуская навука» опубликована монография «Механика биогенных грунтов». Во время работы над ней П. К. Черник обобщил результаты всех своих многолетних опытов и совместно с соавтором Э. Н. Шкутовым представил их для использования в научных исследованиях и мировой проектной практике.

За большой вклад в развитие мелиоративной науки П. К. Черник награжден орденом Дружбы народов, медалями «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина», «Ветеран труда», Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь, Почетными грамотами Минводхоза СССР, Минводхоза БССР, НАН Беларуси и др., а также золотой, серебряной и бронзовыми медалями ВДНХ СССР, удостоен высокого звания «Ганаровы меліаратар Рэспублікі Беларусь».

Петр Константинович Черник обладал ценными человеческими качествами: он всегда был тактичен, вежлив, в любой ситуации легко и понятно объяснял свою позицию. Все коллеги помнят его как умного, интеллигентного человека, специалиста высочайшего класса, так много сделавшего для развития мелиорации.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В журнале печатаются **оригинальные** материалы, соответствующие тематике журнала, не опубликованные ранее в других печатных изданиях, оформленные согласно требованиям (Правила оформления статей см.: <https://niimel.by>, сайт РУП «Институт мелиорации», журнал «Мелиорация»). Материалы выборочно проверяются на антиплагиат.

К статье прилагается **экспертное заключение** (по установленной в организации форме).

Электронный вариант статьи присылается по следующему адресу в редакцию журнала: redaktor@niimel.by.

2. Основные этические принципы журнала.

Редакция соблюдает единую культуру издания, характерную для научных публикаций.

Если в статье приводятся фрагменты из ранее опубликованных работ самого автора, он должен оформить соответствующие библиографические ссылки и обозначить отличия между более ранними публикациями и статьей, направляемой в журнал «Мелиорация». Такие части текста могут быть использованы только в качестве основы для новых выводов или для сравнения с новыми данными.

Редакция оставляет за собой право стилистической правки и корректуры текста статьи, не искажающих ее научное содержание, без дополнительных согласований с авторами. Окончательный вариант текста статьи перед подачей в печать с авторами согласовывается обязательно.

Плата за публикацию не взимается, гонорар не выплачивается.

3. Статья должна быть написана **на русском языке. Рекомендуемый объем:** 10–15 страниц, обзорной статьи – 15–20 страниц (включая текст, иллюстрации, таблицы, библиографический список).

4. Структура статьи:

4.1. Индекс **УДК** (код тематический рубрики) указывается слева вверху;

4.2. **Название** (на русском и английском языках) – **не более 12 слов**;

4.3. **ФИО** (на русском и английском языках; английский вариант написания фамилии следует брать из паспорта), **ученая степень автора/-ов; аффилиация** (полное название места работы, города, страны);

4.4. **Аннотация** (до 600 знаков) **на русском и английском языках** должна полно и понятно излагать основное содержание и результаты проведенного исследования. Если из названия статьи очевидны тема, предмет, цель, методы исследования, их не следует повторно излагать в аннотации;

4.5. **Ключевые слова** (от 5 до 10 слов) **на русском и английском языках**;

4.6. **Введение:** краткий обзор литературы по исследуемой проблеме, указание на не решенные ранее вопросы, цель/задачи работы;

4.7. **Основная часть:** описание объекта/предмета и методики исследования, обсуждение полученных результатов с точки зрения их научной новизны;

4.8. **Заключение** (сжатые выводы с указанием новизны результатов и возможностей их применения);

4.9. **Список использованных источников** оформляется в соответствии с приказом ВАК Республики Беларусь от 13.10.2025 № 206 (<https://vak.gov.by/node/8026>); располагается в конце статьи, источники нумеруются по мере упоминания их в тексте, заключаются в квадратные скобки ([1], [2]). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

5. **Иллюстрации, графики, формулы, уравнения и ссылки** нумеруются арабскими цифрами последовательно. Сноски на нормативные документы делаются в виде подстрочных ссылок внизу страницы.

6. **Текст набирается** кеглем 11, шрифт – *Times New Roman*, междустрочный интервал – 1,2, отступ – 1. Электронный вариант следует набирать в *Microsoft Word*, формулы – в формульном редакторе *MathType*. Вставку символов выполнять через меню «Вставка\Символ». Выключку вверх и вниз выполнять через меню «Формат\Шрифт\Верхний индекс», «Формат\Шрифт\Нижний индекс».

Латинские буквы набираются курсивом, **греческие буквы** – прямым шрифтом; их и другие математические знаки следует брать из гарнитуры *Symbol*. Математические формулы ($\lim$, $\sum$, $\ln$, $\sin$, Re , Im и т. д.), химические элементы (Na, N, P, Ca, Cl и др.), цифры набираются прямым начертанием.

7. **Рисунки** представляются в виде отдельных файлов в форматах TIFF или JPEG, не менее 300–600 точек на дюйм. Площадь простых рисунков не должна превышать 100–150 см², размер сложных – не более 130–160 см². Размер кегля соизмерим с размером рисунка (желателен кегль 8). Иллюстративный материал подается авторами в виде отдельных файлов в исходных форматах, пригодных для редактирования.

8. **Размерность всех величин**, используемых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).