

ISSN 2070–4828

МЕЛИОРАЦИЯ

Научный журнал

№ 1 (115)

Основан в 1951 году
Выходит 4 раза в год

Январь – март 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 11.03.2026 г. Формат 60 x 84 1/8.
Уч.-изд. л. 5,96. Усл. печ. л. 8,14. Заказ 91. 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

В. А. Болбышко, А. А. Левкевич, М. И. Мартынович.

Очистка коллекторно-дренажной сети от заиления напорным скоростным потоком воды

5

V. A. Bolbyshko, A. A. Levkevich, M. I. Martynovich.

Cleaning the collector and drainage network from siltation using a high-speed pressurized water flow

В. Е. Левкевич, В. В. Кобяк, Д. С. Миканович, А. В. Бузук.

Алгоритм оценки факторов, определяющих устойчивость берегов судоходных рек и каналов мелиоративного назначения

12

V. E. Levkevich, V. V. Kobyak, D. S. Mikanovich, A. V. Buzuk.

Algorithm for assessing factors determining the stability of the banks of shipping rivers and land reclamation canals

Кормопроизводство

Forage production

Н. Н. Цыбулько, Е. Б. Евсеев, И. И. Жукова.

Влияние минерального азота на накопление ¹³⁷Cs и урожайность злаковых трав на торфянисто-глеевой почве

20

N. N. Tsybulka, E. B. Evseev, I. I. Zhukova.

The influence of mineral nitrogen to the accumulation of ¹³⁷Cs and the yield of cereal grasses in peat-gley soil

Н. Ф. Терлецкая, А. С. Антонюк.

Влияние органического удобрения на основе зерноотходов и побочных продуктов животноводства на продуктивность кукурузы

29

N. F. Tsiarletskaia, A. S. Antoniuk.

The influence of organic fertilizer based on grain waste and livestock by-products to corn productivity

Экология

Ecology

Т. Ю. Хаширова, З. Г. Ламердонов, У. Р. Сидаравичуте.

Влияние включений нефтепродуктов на устойчивость противооползневых защитных сооружений

34

T. Yu. Khashirova, Z. G. Lamerdonov, U. R. Sidaravichute.

The influence of petroleum product inclusions to the stability of landslide protection structures

*В. С. Маций.***Ранжирование селеопасных территорий серым реляционным анализом****42***V. S. Matsiy.***Ranking of mudflow hazardous areas by gray relational analysis***А. Н. Колобаев, А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук.***Влияние мелиорации земель на гидрологический режим рек-водоприемников****50***A. N. Kolobaev, A. I. Mitrakhovich, I. Ch. Kazmiruk.***The influence of land reclamation to the hydrological regime of receiving rivers****Наши юбиляры****Our jubilees****Герасим Александрович Писецкий (к 85-летию)****56****Эдуард Иванович Михневич (к 85-летию)****57****Виктор Николаевич Карнаухов (к 75-летию)****59****Валерий Иванович Бохонко (к 65-летию)****60****Чтобы помнили****To be remembered****Владимир Иванович Белковский (к 95-летию)****61****Александр Наумович Корженевский (к 95-летию)****63****Николай Фролович Башлаков (к 90-летию)****64****Николай Вячеславович Окулик (к 85-летию)****65****Галина Владимировна Хмелевская (к 85-летию)****66****Людмила Николаевна Лученок (к 55-летию)****67**

• МЕЛИОРАЦИЯ •

УДК 631.3:626:862.91

ОЧИСТКА КОЛЛЕКТОРНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ ОТ ЗАИЛЕНИЯ НАПОРНЫМ СКОРОСТНЫМ ПОТОКОМ ВОДЫ

В. А. Болбышко, кандидат технических наук

А. А. Левкевич, научный сотрудник

М. И. Мартынович, инженер

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация. Одним из основных видов работ по техническому обслуживанию коллекторно-дренажной сети является очистка внутренней полости дренажных труб от заиления гидродинамическим способом. Его недостаток – высокая стоимость производимых работ. Предложен прием очистки коллекторно-дренажной сети от заиления напорным скоростным потоком воды. Разработано оборудование для его осуществления, и проведена его апробация в полевых условиях.

Ключевые слова: очистка дренажных трубопроводов, коллекторно-дренажная сеть, заиление, герметизатор, параметры потока воды.

V. A. Bolbyshko, A. A. Levkevich, M. I. Martynovich.

CLEANING THE COLLECTOR AND DRAINAGE NETWORK FROM SILTATION USING A HIGH-SPEED PRESSURIZED WATER FLOW

Abstract. One of the main types of maintenance work in collector and drainage networks is the hydrodynamic cleaning of the interior of drainage pipes. Its disadvantage is the high cost of the work. A method for cleaning collector and drainage networks of silt using a high-speed, pressurized water flow has been proposed. Equipment for this method has been developed and field-tested.

Keywords: cleaning of drainage pipelines, collector and drainage network, siltation, sealant, water flow parameters.

Введение

Один из основных видов работ по техническому обслуживанию закрытой дренажной сети – очистка внутренней полости дренажных труб от заиления и заохривания гидродинамическим способом [1]. Его суть – в размыве отложений и их транспортировке из дренажного трубопровода посредством воздействия высокоскоростных струй воды, исходящих из сопел промывочной насадки, устанавливаемой на конце водоподводящего (промывочного) рукава дренапромывочной установки. В Беларуси такой способ реализован в серийно выпускаемой дренапромывочной установке УПД-120 [2], однако гидродинамический спо-

соб очистки довольно ресурсоемкий и высокочрезвычайно затратный.

Предлагается прием очистки путем создания напорного скоростного потока воды в коллекторно-дренажной сети трубопроводов. Для этого производится закупорка коллектора в его устьевой части. В результате коллекторно-дренажная сеть в течение некоторого времени заполняется водой, после этого устьевая часть открывается и вода с большой скоростью и расходом начинает вытекать из коллектора. Ее поток при этом размывает и выносит отложения как из полости коллектора, так и дренажей, примыкающих к нему¹.

¹ Авторское свидетельство SU 402607, МПК E02b11/00. Способ очистки дренажного трубопровода: заявлено 19.10.1968: опубл. 19.10.1973 / Ярвела Х. А. 2 с.

Следует отметить, что применяемое в настоящее время оборудование не позволяет производить очистку дрен, входящих в коллектор. Предлагаемый прием значительно менее затратен и трудоемок. Несмотря на то что он известен давно, тем не менее информации о

его практической реализации и эффективности в научной литературе не обнаружено.

Для его осуществления требуется создание определенного технологического оборудования и оценка возможности его применения на практике в полевых условиях.

Основная часть

Для реализации вышеназванного способа очистки необходимы устройства для закупорки коллектора (герметизаторы). Такие устройства известны и используются в коммунальном хозяйстве. Например, герметизатор ГМ-1 для трубопроводов диаметром 65–120 мм представляет собой резиновую оболочку, в которую закачивается воздух (рис. 1). Оболочка растягивается и прижимается к стенкам трубопровода.

В РУП «Институт мелиорации» проведены полевые испытания этого герметизатора. Для этого он был оснащен рукавом с трубкой для подачи воздуха, что позволило устанавливать его на расстоянии до двух метров от устьевой части коллектора для предотвращения выклинивания накопленной воды через откос канала.

При проведении полевых испытаний выявлен существенный недостаток такой конструкции: при преодолении герметизатором стыков гончарных трубок и мест их соединения с устьевой трубой возникают затруднения. Также к недостаткам следует отнести довольно высокую стоимость оборудования, необходимость использования компрессора или насоса. Герметизатор ГМ-1 рассчитан на давление в нем воздуха до 1 МПа, а при таких условиях дренажный трубопровод может быть поврежден или даже разрушен.

В РУП «Институт мелиорации» разработаны более простые и эффективные герметизаторы, предназначенные для использования в коллекторно-дренажной сети¹ (рис. 2).

Герметизатор включает в себя корпус, в котором закреплены резиновые диски, которые фиксируются шайбами и гайками. На корпусе также закреплена вилка с тросиком.

Герметизатор имеет резьбовой конец для соединения с установочной штангой. Резиновые диски по размеру несколько превышают внутренний диаметр коллектора – в силу этого они плотно прижимаются к внутренней поверхности трубопровода. Отметим, что за счет упругости манжеты частично компенсируются как отклонения диаметра трубопровода, так и неровности, вызванные его загрязнением, – это обеспечивает необходимую герметичность уплотнения.

В Институте мелиорации разработан ряд герметизаторов для закупорки коллекторов диаметром 75, 100, 125 и 150 мм (рис. 3).

Герметизатор необходимо устанавливать на расстоянии не менее 1,5–2 метра от устьевой части коллектора для предотвращения выклинивания накопленной воды через откос канала. Для этого применяется специальная установочная штанга. Схема работы с герметизатором для создания напорного скоростного потока воды приведена на рис. 4.

С помощью одной установочной штанги можно устанавливать несколько герметизаторов. Тросик служит для извлечения герметизатора из коллектора.

Перед использованием герметизатор закрепляется на установочной штанге (рис. 5) и вводится в коллектор. Затем установочная штанга отсоединяется, и герметизатор с прикрепленным тросиком остается в полости коллектора (рис. 6).

После накопления воды в дренажной сети герметизатор с помощью тросика извлекается, и вода с большой скоростью и расходом начинает вытекать из коллектора (рис. 7). При этом происходит интенсивный размыв и вынос отложений.

¹ Полезная модель ВУ 11360 У, МПК F 16L 55/132 (2006.01). Запорное устройство для перекрытия трубопровода. Заявлено 15.11.2016, и 20160350; опубл. 30.04.2017 / Болбышко В. А., Погодин Н. Н.; заявитель РУП «Институт мелиорации» НАН Респ. Беларусь. 3 с.



Рис. 1. Герметизатор ГМ-1 и присоединенный к нему рукав

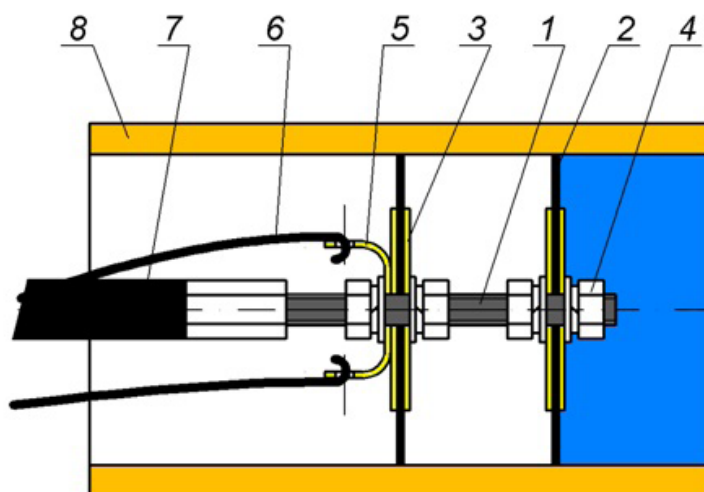


Рис. 2. Герметизатор, установленный в полости трубопровода:
1 – корпус; 2 – резиновые диски; 3 – шайба; 4 – гайка; 5 – вилка; 6 – тросик; 7 – установочная штанга



Рис. 3. Общий вид герметизаторов

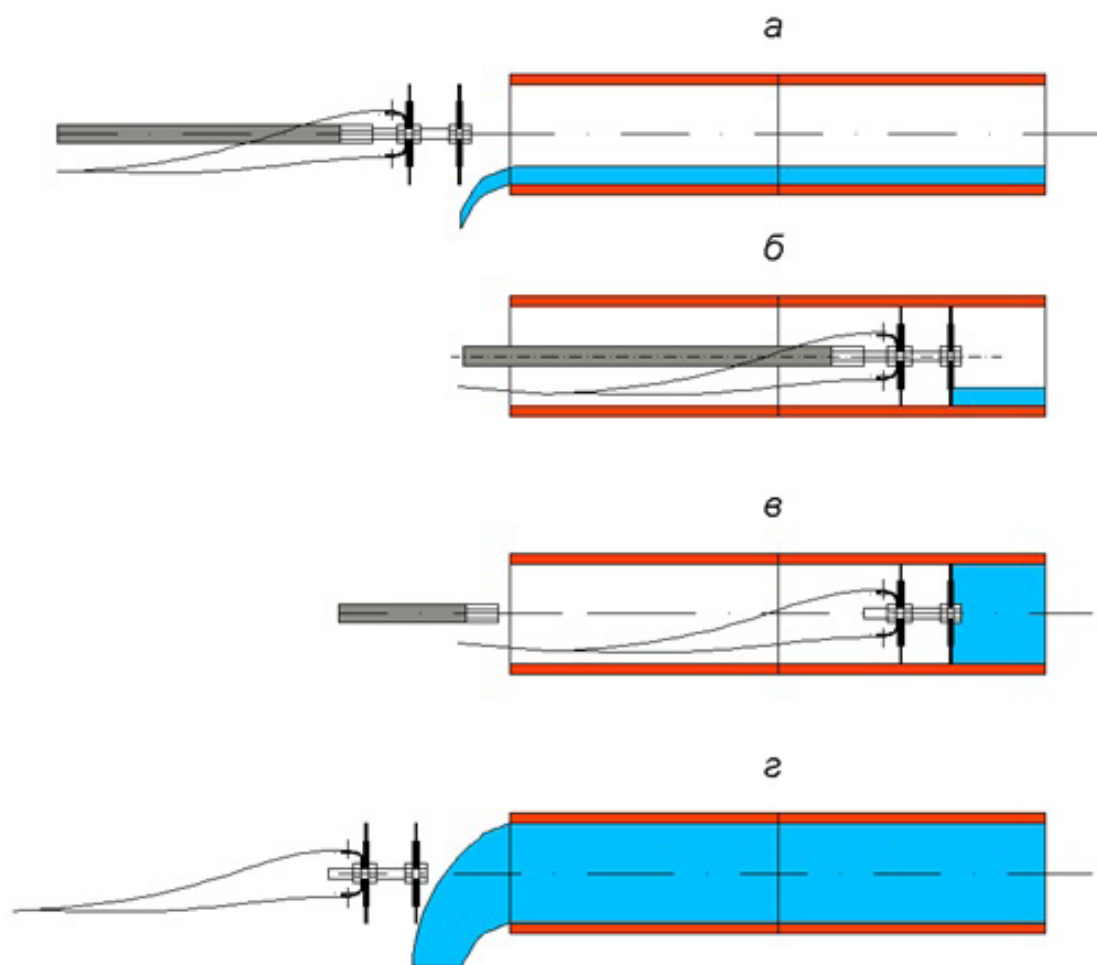


Рис. 4. Схема работы с герметизатором для создания напорного скоростного потока воды:
 а – исходное положение перед установкой; б – ввод герметизатора в коллектор;
 в – отсоединение установочной штанги и накопление воды в коллекторе;
 г – удаление герметизатора из коллектора и слив накопившейся воды



Рис. 5. Герметизатор на установочной штанге



Рис. 6. Герметизатор в полости коллектора



Рис. 7. Слив воды после извлечения герметизатора

Исследования по очистке коллекторно-дренажной сети трубопроводов путем создания в ней напорного скоростного потока воды и определению характеристик вытекающего потока проводились на мелиоративной системе «Восход – Писаревщина» в Молодечненском р-не Минской обл. Были проведены исследования на ряде коллекторов, впадающих в водоприемник р. Писаревки.

Для оценки эффективности очистки коллекторно-дренажной сети путем создания напорного скоростного потока воды измеряли напор в коллекторе после накопления в нем воды, а также расход и скорость потока вытекающей воды. Для проведения таких исследований было разработано специальное оборудование (рис. 8).

Это оборудование включает емкость с монтажной трубой и уплотнительными кольцами. Монтажная труба снабжена прозрачной пьезометрической трубкой. В торцевой стенке емкости выполнен треугольный водослив для замера расхода вытекающей воды. Монтажная труба вставляется в коллектор, и в ней устанавливается герметизатор. Процесс накопления воды в коллекторе и ее напор отслеживаются по уровню воды в пьезометрической трубке. Затем герметизатор извлекается из монтажной трубы, вода поступает в емкость и вытекает из нее через треугольный водослив, при этом фиксируется ее расход.

Общий вид оборудования для определения параметров потока воды, вытекающей из коллектора во время полевых исследований, приведен на рис. 9.

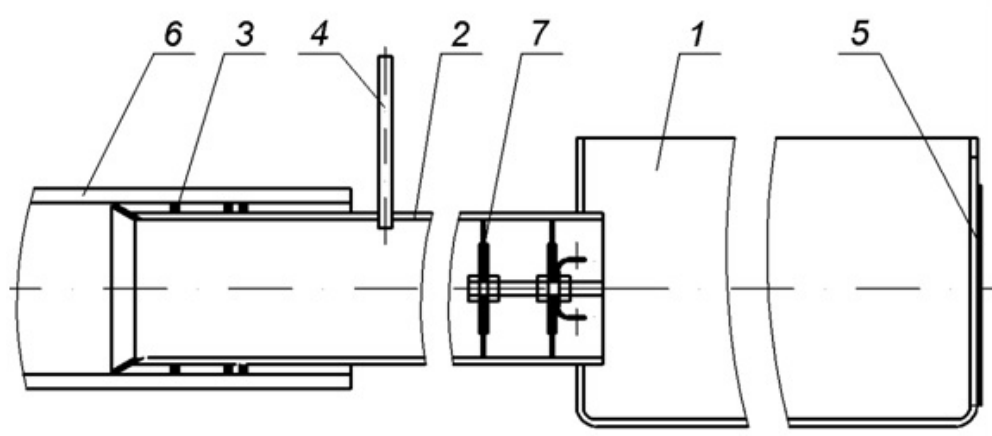


Рис. 8. Схема оборудования для определения параметров потока воды, вытекающей из коллектора:
1 – емкость; 2 – монтажная труба; 3 – уплотнительные кольца;
4 – пьезометрическая трубка; 5 – водослив; 6 – коллектор; 7 – герметизатор



Рис. 9. Оборудование для определения параметров потока воды, вытекающей из коллектора

В ходе исследования определялись начальный сток из коллектора, напор воды в нем, расход воды после извлечения герметизатора. Время закупорки и время слива накопившейся воды фиксировались. Закупорка

коллектора продолжалась до прекращения роста в нем напора воды. Время слива определялось до момента снижения расхода воды к величине начального стока. Результаты измерений приведены в таблице.

Таблица. Гидравлические характеристики напорного потока воды при установке и извлечении герметизатора в коллекторах ($D = 100$ мм)

№ п/п	Начальный сток $Q_{\text{нач}}$, л/с	Время закупорки t_3 , мин	Напор воды H , м	Максимальный расход Q_{max} , л/с	Время слива $t_{\text{с}}$, мин
1	0,61	86	0,72	4,4	14
2	0,63	122	0,76	5,0	8
3	0,31	160	0,31	1,24	5,5
4	0,07	185	0,19	0,13	3,5
5	0,75	162	0,94	1,5	19
6	0,25	176	0,34	0,78	5
7	0,12	137	0,39	5,0	7,5

Анализ полученных данных показывает, что расход воды, вытекающей из коллектора после ее накопления, увеличивается в 2–4 раза и более. Во многих случаях это обеспечивает эффективную очистку коллекторно-дренажной сети от заиливания. При этом очищается не только сам коллектор, но и примыкающие к нему дрены. Для достижения лучшего результата такой прием предпочтительно повторять несколько раз.

Во время проведения исследований отбирались образцы пульпы и определялась ее объемная концентрация. Объемная концентрация пульпы в зависимости от внешних условий и числа промывок значительно из-

менялась и достигала значения 3 % твердого вещества от объема. В нескольких случаях в пульпе присутствовали в большом количестве охристые образования в виде хлопьев.

Проведенные испытания являются предварительными. Для определения условий и возможностей применения очистки напорным скоростным потоком воды необходимы дальнейшие исследования.

Ввиду простоты использования указанного способа и невысоких затрат на его осуществление его можно рекомендовать в качестве профилактической меры по поддержанию коллекторно-дренажной сети в исправном состоянии.

Выводы

Разработано и в полевых условиях апробировано оборудование для очистки коллекторно-дренажной сети от заиливания напорным скоростным потоком воды. Расход воды во время очистки увеличивается в 2–4 и более раза по сравнению с первоначальным. Во многих случаях это обеспечивает эффективную очистку сети от заиливания, при этом очищается не только сам коллектор, но и примы-

кающие к нему дрены. Рекомендуемый метод служит эффективной превентивной мерой, обеспечивающей работоспособность и долговечность коллекторно-дренажной сети, поскольку он продлевает срок службы системы путем регулярного ухода, устранения повреждений и очистки, что обеспечивает эффективный дренаж.

Список использованных источников

1. Погодин, Н. Н. Анализ способов и средств механизации очистки закрытой дренажной сети от заиливания / Н. Н. Погодин, А. С. Анженков, В. А. Болбышко // Мелиорация. – 2019. – № 2. – С. 5–12.
2. Техническая эксплуатация закрытой мелиоративной сети : монография / Н. Н. Погодин [и др.]. – Мн. : Бел. навука, 2022. – 154 с.

Поступила 18 ноября 2025 г.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ УСТОЙЧИВОСТЬ БЕРЕГОВ СУДОХОДНЫХ РЕК И КАНАЛОВ МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В. Е. Левкевич, доктор технических наук

В. В. Кобяк, кандидат технических наук

Д. С. Миканович, кандидат технических наук

А. В. Бузук, кандидат технических наук

Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь,
г. Минск, Беларусь

Аннотация. Представлен системный анализ факторов, определяющих устойчивость берегов судоходных рек и каналов различного назначения, в том числе и мелиоративного, расположенных на территории Беларуси. Определены ключевые природные и антропогенные факторы, влияющие на процессы берегоразрушения: гидрологические характеристики, геолого-геоморфологическое строение берегов и гидродинамические воздействия. На основе проведенной оценки факторов разработан алгоритм, структурирующий процесс анализа и прогнозирования деформаций берегов. Алгоритм позволяет перейти от разрозненных наблюдений к комплексному мониторингу и оценке рисков, который имеет практическую значимость для планирования берегозащитных мероприятий и обеспечения безопасной эксплуатации водных путей и крупных мелиоративных каналов. Исследование подкреплено результатами натурных обследований некоторых участков рек и каналов.

Ключевые слова: деформация, судоходные реки, мелиоративные каналы, берегоформирующие факторы, эрозия.

**V. E. Levkevich, V. V. Kobyak, D. S. Mikanovich,
A. V. Buzuk.**

ALGORITHM FOR ASSESSING FACTORS DETERMINING THE STABILITY OF THE BANKS OF SHIPPING RIVERS AND LAND RECLAMATION CANALS

Abstract. This paper presents a systematic analysis of the factors determining the stability of the banks of shipping rivers and canals for various purposes, including drainage, located in Belarus. Key natural and anthropogenic factors influencing coastal erosion processes are identified: hydrological characteristics, geological and geomorphological structure of the banks, and hydrodynamic impacts. Based on the assessment of these factors, an algorithm has been developed that structures the process of analyzing and predicting coastal deformations. This algorithm enables a transition from isolated observations to comprehensive monitoring and risk assessment, which has practical significance for planning coastal protection measures and ensuring the safe operation of waterways and large drainage canals. The study is supported by the results of in-situ surveys of selected river and canal sections.

Keywords: deformation, shipping rivers, drainage canals, bank-forming factors, erosion.

Введение

Разрушение (деформации) берегов – одно из масштабных негативных явлений, встречающееся на судоходных реках, каналах мелиоративного назначения и водохранилищах. По своей сути данный процесс представляет собой горизонтальные и вертикальные боковые деформации русла реки или канала, которые в ряде случаев угрожают человеку, создают риски для эксплуатации береговых гидротехнических сооружений и объектов экономики.

Строительство коммуникаций вблизи береговой линии, не учитывающее динамики

русловых процессов, также приводит к опасному разрушению береговых склонов. Кроме того, в результате антропогенной деятельности часто видоизменяются природные факторы, непосредственно воздействующие на горизонтальные и вертикальные деформации (перемещения) русла.

Для прогноза горизонтального перемещения – смещения русла важен учет его морфологии, гидрологических факторов, а также особенностей строения берега: высоты, уклонов и характера растительного покрова.

Основная часть

Общая протяженность рек Беларуси составляет более 50 тыс. км, из них пригодны для транспортного судоходства около 3,5 тыс. км. В настоящее время используется примерно 1,2 тыс. км, в том числе на Днепре и Припяти – около 400 км, Березине – 300, Соже – 120, Немане – 60, Западной Двине – 50, Днепро-Бугском канале – 244, других водоемах – 50 км [1].

В рамках проекта «Международный водный путь U-40» в течение последних 20 лет реконструировано 5 судоходных шлюзов на гидроузлах Днепро-Бугского канала («Новосады», «Дубой», «Кобрин», «Тришин», «Залузье») и ряде водопропускных сооружений, обеспечивающих в нем регулирование стока.

На территории Беларуси р. Днепр судоходна практически по всей своей длине: на ней есть множество речных пристаней и два порта, расположенных в Речице и Могилеве. Река Припять – часть внутренних водных путей Беларуси; на всем своем протяжении от Пинска до Мозыря она судоходна и представляет собой основную часть Днепро-Бугского водного пути. Совместно с Днепро-Бугским каналом Припять выступает основным внешнеторговым водным путем Беларуси, проходящим по территории Беларуси, Украины и Польши по следующему маршруту от Балтийского до Черного моря: Гданьск – Варшава – Брест – Пинск – Киев – Днепр – Херсон.

Днепро-Бугский канал (ранее – Королевский канал) – судоходный канал на территории Беларуси, построенный в период 1775–1783 гг. Он соединяет реки Пину (приток Припяти) и Мухавец (приток Западного Буга). Его общая длина – 244 км, при этом протяженность канала от Бреста до Пинска составляет 196 км (в том числе канализованная часть р. Пины – 74 км, водораздельная часть канала – 58 км; канализованная часть р. Мухавец – 64 км) (рис. 1).

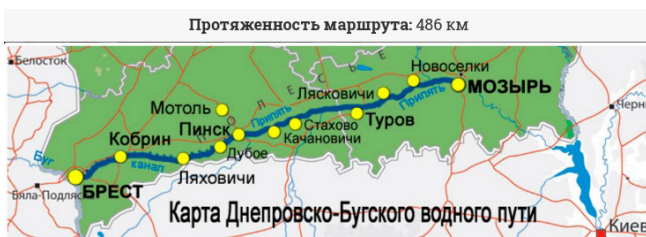


Рис. 1. Днепро-Бугский канал на карте Беларуси

Августовский канал – судоходный канал в Беларуси и Польше, соединяющий реки Вислу и Неман [1–3]. Его длина составляет 101,2 км, в том числе 22 км – на территории Беларуси и около 79 км – на территории Польши [1]. На канале функционирует ряд шлюзов и разводных мостов. В белорусской части канала расположены: три шлюза («Немново», «Домбровка» (рис. 2), «Волкушек» и две плотины, а также четырехкамерный шлюз «Немново», имеющий самый большой на канале перепад уровней воды (около 10 метров). Шлюз «Кужинец» является пограничным: половина его расположена в Польше, другая – в Беларуси, на нем и расположен пограничный переход «Лесная – Рудавка».



Рис. 2. Шлюз «Домбровка» на Августовском канале

Особенно важно оценить устойчивость и потенциальные риски разрушения берегов судоходных рек и каналов при решении задач по определению основных берегоформирующих факторов и прогнозированию возможных ущербов от проявления процессов деформаций. Количественная оценка интенсивности размыва береговых склонов на реках достаточно сложна вследствие их многофакторности и динамики [1–12]. В условиях руслового потока основным берегоформирующим фактором яв-

ляется угол подхода стрежня потока к берегу: чем он больше, тем больше скорость размыва.

Форма берегового склона – это морфологическая характеристика степени интенсивности его размыва [7–9]. При очень сильном размыве берег имеет вертикальный обрыв

(рис. 3, а); при сильном – обрыв со слабо выраженной ступенчатостью (рис. 3, б); при среднем – ступенчатый уступ (рис. 3, в); отдельные ступеньки покрыты травянистой растительностью и обвалившейся дерниной при слабом размыве (рис. 3, г).

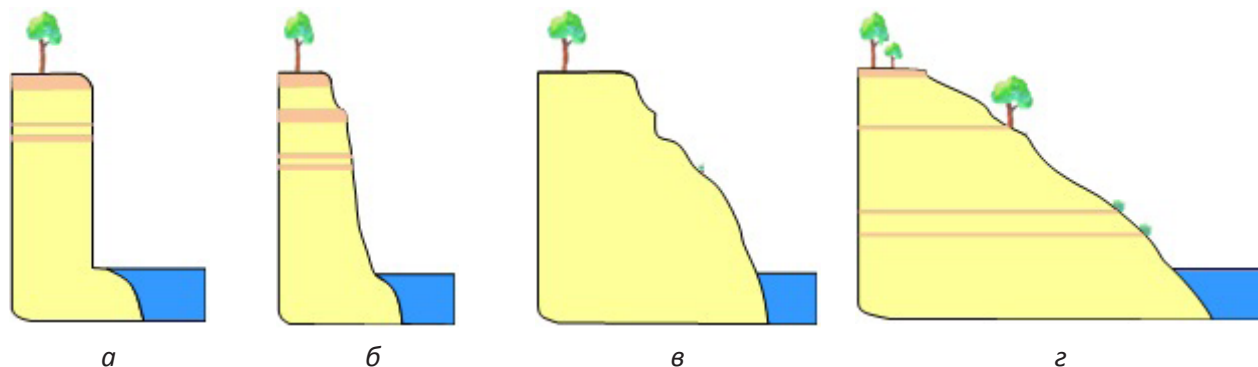


Рис. 3. Формы береговых откосов в зависимости от интенсивности размыва

Состав размываемых грунтов также определяет интенсивность деформаций русла. Как известно, русло реки на большей части своего протяжения незначительно соприкасается с коренными породами. Противоэрозионная устойчивость грунтов зависит от размера, удельного веса, степени неоднородности (сортированности) и связности частиц, составляющих грунт. В Беларуси наиболее распространены несвязные грунты, что значительно влияет на устойчивость береговых склонов.

Неточности и некоторая неопределенность в вычислении интенсивности размыва берегов связаны с тем, что разрушение берегов происходит в результате проявления и взаимодействия двух наиболее важных процессов: обрушения масс материала, слагающего берега, и удаления этого материала от подножья берегового склона. Первый из этих процессов определяется физическими характеристиками грунтов: механическим составом (глины, суглинки или пески), связностью, объемным весом, способностью насыщения влагой, углом внутреннего трения в сухом и влагонасыщенном состоянии. Второй процесс целиком зависит от транспортирующей способности потока и морфологии речного русла [1, 7–10].

Теоретически сложно рассчитать достоверную скорость размыва (эрозии) берегов. Осредненные скорости их размыва определяются на основе использования эмпирических зависимостей, корреляционного анализа и метода экспертных оценок. Например, по-

лучена следующая формула для условий рек средней европейской части России [7–9]:

$$C_b = 10,6 \times I^{0,57} \times Q_{\max}^{0,47}, \quad (1)$$

где C_b – скорость размыва пойменных берегов; I – уклон реки; $Q_{\max}$ – средний максимальный расход, м³/с.

Оценивать риск аварийной ситуации при этом возможно с использованием детерминистических подходов [6–9]. Вероятность события будет обуславливаться задаваемой обеспеченностью расхода половодья при соответствующем расчетном расходе, а ущерб – потерей земельных участков и строений при соответствующей утрате территории.

Наряду с геологическим строением берегового склона, имеет значение и высота его уступа: чем он выше, тем меньше интенсивность размыва. При увеличении высоты берега по единице длины размываемой береговой линии в русло поступает большее количество наносов, что снижает размывающую способность потока. Это отражено в формуле, предложенную К. М. Берковичем [4] для расчета C – скорости отступления берега (м/год):

$$C = K (Q^2 I / d H_6), \quad (2)$$

где Q – среднегодовой расход воды (м³/с); I – уклон потока; d – диаметр частиц, слагающих берег (мм); H_6 – его высота над меженным уровнем воды (м), K – коэффициент (м³/с)⁻¹, зависящий от размера реки (для условий Беларуси $5,5 \times 10^{-3}$).

В табл. 1 приведены данные по скорости размыва берегов рек Беларуси с различным геологическим строением [1].

Таблица 1. Скорости размыва берегов в зависимости от их геологического строения

Характеристика размыва	Скорость размыва (м/год) в зависимости от геологического строения берегового склона			
	Пески и супесь	Суглинки	Глина	Торф
Слабый	< 2	< 1	< 0,5	< 0,2
Средний	2 ÷ 5	1 ÷ 2	0,5 ÷ 1	0,2 ÷ 0,5
Сильный	5 ÷ 10	2 ÷ 5	1 ÷ 2	0,5 ÷ 1
Очень сильный	> 10	> 5	> 2	> 1

Основные показатели гидрологического режима, влияющие на переформирования русла, – это объем и неравномерность стока, интенсивность и амплитуда изменений уровня воды, характер ледового режима и насыщенность потока наносами.

Начало процесса отступания берега часто происходит из-за разрушения основания откоса вследствие того, что основания берега размываются потоком или подтачиваются плавающим льдом, а также в результате термоэрозии грунта искусственным или естественным углублением русла. На подъеме и пике половодья, когда энергия потока наибольшая, дно русла в основании берега размывается, особенно если оно сложено несвязным, мелкозернистым материалом. При врезке понижаются отметки дна и увеличиваются высоты берега. Одновременно с повышением уровня в русле грунт насыщается водой в результате фильтрации со стороны реки и намокает при повышении уровня грунтовых вод и капиллярном поднятии. Вес грунта увеличивается при уменьшении сцепления и угла внутреннего трения. В результате устойчивость грунта на откосе нарушается и при падении уровня воды он приходит в движение, что нарушает устойчивость его массива. Такие процессы наблюдались на Августовском канале вблизи

участка «Домбровка» и на р. Неман (недалеко от Гродненской ГЭС).

Местоположение зон размыва берегов связано с формой русла, то есть его морфодинамическим типом.

В зависимости от геолого-геоморфологического строения долин рек русла могут быть:

широкопойменными ($B_n > 2 \div 3b_p$, где B_n – ширина поймы реки, b_p – ширина русла), где в нашем случае наблюдаются интенсивные размывы пойменных или террасовых берегов;

врезанными ($B_n < b_p$, или пойма отсутствует), когда размывы берегов локальны и невелики;

адаптированными ($b_p < B_n < 2 \div 3b_p$), занимающими промежуточное положение между вышеприведенными [9].

Развитие рельефа речной поймы в конечном итоге определяется русловой эрозией, процессами переотложения размываемого грунта в виде наносов и их аккумуляцией при затоплении пойм. Кроме того, большинство судоходных рек Беларуси имеют достаточно извилистую форму русла в силу специфики рельефа местности. Аналогичный процесс протекает в судоходном либо мелиоративном канале или же водохранилище, он лишь более растянут во времени. Отличие же заключается в том, что канал имеет форму, близкую к прямолинейной.



а



б

Рис. 4. Процессы боковой эрозии: а – Августовский канал, б – р. Неман

Что касается судоходных каналов, предназначенных для транспортировки грузов и судоходства, на них сооружаются судоходные шлюзы, входящие, как правило, в состав плотин водохранилищ. Берега рек в чаше искусственного водного объекта превращаются в озеровидный водоем, и там развиваются существенно иные процессы, а именно:

- волновая абразия способствует возникновению различных склоновых процессов (осыпей, обвалов, оползней и т. д.), которые зависят от геологических и морфометрических характеристик берегового склона;
- аккумуляция наносов «волнового поля» приводит к образованию кос, террас, пересыпей и других озерных аккумулятивных форм [10–12].

Чтобы оценить устойчивость берегового склона от размыва, исходя из его геоморфологических особенностей и конфигурация русла реки, широко применяются такие показатели, как число Лохтина ($L = d/I$, где d – крупность грунта, мм; I – уклон русла и коэффициент стабильности русла по Маккавееву ($K_c = d/b \times I$, где b – ширина русла, м) [1, 7].

На основании проведенных расчетов Н. И. Маккавеев обосновал типизацию не-

которых участков русла р. Неман по степени опасности размыва берегов (табл. 2).

На рис. 5 приведен разработанный алгоритм поэтапного разрушения берега судоходной реки (канала).

На первом этапе нарушается профиль устойчивого равновесия из-за воздействия на берег факторов, приводящих к развитию процесса его разрушения. На втором этапе волны, взаимодействуя с берегом, вымывают грунт и перемещают его к основанию берегового склона. На третьем этапе интенсифицируется процесс нарушения устойчивости берега: разрушается береговой склон, образуется подводная часть отмели за счет врезки в коренной берег и аккумуляции материала переработки. Четвертый этап характеризуется выработкой устойчивого профиля равновесия и затуханием процесса разрушения берега.

Чтобы оценить состояние креплений берегов судоходных рек и откосов каналов, были проведены натурные обследования их технического состояния на территории Полесья. В результате выделены основные типы деформаций креплений (табл. 3).

Таблица 2. Классификация русла по опасности размыва берегов р. Неман [7]

Степень опасности русла	Устойчивость состояния русла	Опасность в баллах	Устойчивость		Интенсивность размыва, м/год
			L	K_c	
Низкая	Устойчивое	1	$> 2,5$	> 100	$0,01 \div 0,18$
Средняя	Средней устойчивости	2	$2,0 \div 2,5$	$50 \div 100$	до 0,57
Относительно высокая	Слабоустойчивое	3	$1,0 \div 2,0$	$20 \div 50$	до 0,86
Высокая	Неустойчивое	4	$< 0,5$	< 20	$1,16 \div 3,62$

Таблица 3. Нарушение устойчивости сооружений на р. Припять

Выявленные нарушения устойчивости берегов и защитных сооружений	
Типы деформаций	Признаки проявления деформаций
Разрушение участков берегов в зоне русла, проходящего через населенный пункт (рис. 6, а)	На незащищенных берегах ярко выражено ледовое воздействие: имеются перемещения грунта под воздействием льда
Разрушение участков берегов в зоне русла, проходящего через населенный пункт (рис. 6, б)	Протекают процессы абразии и русловой эрозии на отдельных участках берега
Разрушение участков берегов в зоне русла, проходящего вне населенного пункта (рис. 6, в)	На незащищенных берегах имеются перемещения грунта под воздействием льда и поверхностной водной эрозии
Разрушение плит крепления на участках, находящихся у опор моста через реку (рис. 6, г)	Наблюдается разрушение верхнего слоя бетона на железобетонных плитах крепления берегозащитных сооружений

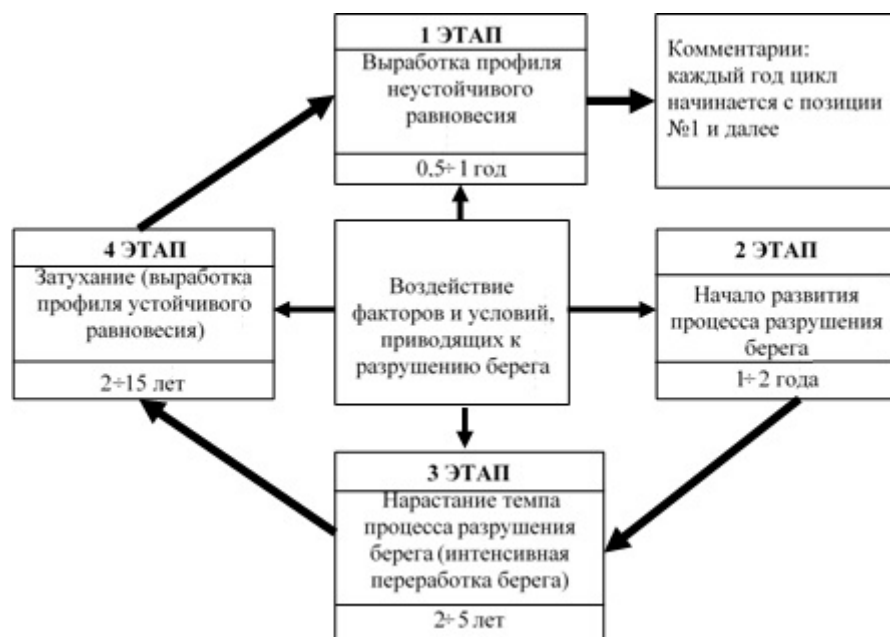


Рис. 5. Алгоритм разрушения берега судоходной реки (канала)

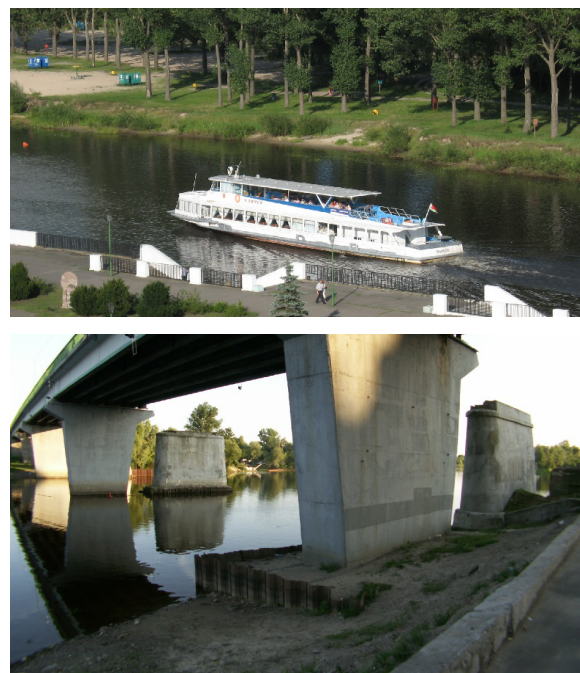


Рис. 6. Разрушение участков берега на р. Припять

Анализ результатов натурных исследований устойчивости креплений и берегозащитных мероприятий (с оценкой характера и масштабов повреждений) в бассейнах Припяти, Мухавца, Пины, Немана, Березины, Западной Двины, Днепра, Сожа, а также на Днепровско-Бугском и Микашевичском каналах Вилейско-Минской водной системы, Августовском канале и других показал, что деформации берегов и берегоукрепления, приведенных в табл. 3, указывают на аварийное состояние [1].

Как показал статистический анализ деформаций, наиболее характерными повреж-

дениями берегоукрепительных сооружений являются разрушения заполнения швов, что сопряжено с выносом из тела сооружения грунта, песчано-гравийной подготовки и обратного фильтра, появлением трещин и разломов с последующей просадкой плит креплений независимо от конструкции.

Вышесказанное позволило уточнить структуру алгоритма по определению основных факторов, влияющих на устойчивость берегов судоходных рек и каналов (рис. 7).



Рис. 7. Последовательность определения основных факторов, влияющих на устойчивость берегов

Заключение

Установлен и систематизирован комплекс основных факторов, определяющих устойчивость берегов судоходных рек и каналов Беларуси. В него входят гидрологические характеристики (расходы и уровни воды, уклон, ледовый режим), геолого-геоморфологическое строение берегов (состав и свойства грунтов, высота уступа, морфодинамический тип русла), гидродинамические воздействия (угол подхода стрежня потока, волновая абразия). Особую значимость приобретают антропогенные факторы, связанные с эксплуатацией водных путей.

Разработанный алгоритм, описывающий процессы разрушения коренных берегов под воздействием берегоформирующих факторов, составляет структурированную основу для комплексного анализа устойчивости береговых склонов водных объектов, принадлежащих к различным типам судоходных рек, ме-

лиоративных каналов и водохранилищ. В них интегрируются ключевые морфологические, гидрологические и геологические параметры, что позволяет перейти от разрозненных наблюдений к системному мониторингу и прогнозированию данных процессов.

Практическая значимость проведенной работы заключается в создании методической базы для оценки рисков размывов и аварийных ситуаций, а также для планирования эффективных берегозащитных мероприятий на существующих судоходных участках рек и каналов Беларуси, потенциально подверженных разрушению.

Дальнейшее развитие исследований в данном направлении позволит разработать более точные прогнозные модели и оптимизировать затраты на содержание и реконструкцию берегоукрепительных сооружений.

Список использованных источников

1. Михневич, Э. И. Устойчивость русел и регулирование стока судоходных рек и каналов / Э. И. Михневич, В. Е. Левкевич. – Мн. : Право и экономика, 2022. – 188 с.
2. Разиньков, Н. Д. Динамика эрозионных процессов берегов рек как фактор риска наводнений / Н. Д. Разиньков // Вестник Воронежского гос. ун-та. Серия: Геология. – 2016. – № 1. – С. 153–154.

3. Короновский, Н. В. Основы геологии / Н. В. Короновский, А. Ф. Якушева. – М. : Высшая школа, 1991. – 416 с.
4. Беркович, К. М. Русловые процессы на реках в сфере влияния водохранилищ / К. М. Беркович. – М. : Географ. ф-т МГУ. – 2012. – 163 с.
5. Финаров, Д. П. Геоморфологический анализ и прогнозирование переформирования береговой зоны и дна водохранилищ / Д. П. Финаров. – Л. : Наука, 1986. – 228 с.
6. Роль современных геологических процессов в формировании инженерно-геологических условий территорий Гомеля / А. Н. Галкин, Е. Ю. Трацевская, А. В. Матвеев, Л. А. Нечипоренко, Н. А. Шишенок // Літасфера. – 2013. – № 2. – С. 67–73.
7. Маккавеев, Н. И. Русловые процессы / Н. И. Маккавеев, Р. С. Чалов. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 264 с.
8. Чалов, Р. С. Почему размываются берега рек / Р. С. Чалов // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – № 2. – С. 99–106.
9. Мележ, Т. А. Русловые процессы и устойчивость русла реки Неман (в пределах Республики Беларусь) / Т. А. Мележ // Вестник Пермского ун-та. Геология. – 2022. – Т. 21, № 2. – С. 104–110.
10. Широков, В. М. Рекомендации по оценке воздействия малых водохранилищ на окружающую среду / В. М. Широков, В. Е. Левкевич, П. С. Лопух. – Мн. : БГУ, 1994. – 112 с.
11. Современная динамика рельефов Беларуси / А. В. Матвеев [и др.]. – Мн. : Навука і тэхніка, 1991. – 102 с.
12. Левкевич, В. Е. Крепление берегов и верховых откосов подпорных сооружений гидроузлов Беларуси / В. Е. Левкевич. – Мн. : БНТУ, 2019. – 172 с.

Поступила 8 января 2026 г.

• КОРМОПРОИЗВОДСТВО •

УДК 631.421.1:631.8.022.3:633.2.031:631.438.2

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО АЗОТА НА НАКОПЛЕНИЕ ^{137}Cs И УРОЖАЙНОСТЬ ЗЛАКОВЫХ ТРАВ НА ТОРФЯНИСТО-ГЛЕЕВОЙ ПОЧВЕ

Н. Н. Цыбулько¹, доктор сельскохозяйственных наук

Е. Б. Евсеев^{2,3}, кандидат сельскохозяйственных наук

И. И. Жукова⁴, кандидат сельскохозяйственных наук

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

²Полесский государственный радиационно-экологический заповедник, г. Хойники, Беларусь

³Полесский государственный университет, г. Пинск, Беларусь

⁴Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка,
г. Минск, Беларусь

Аннотация. В начале весенней вегетации многолетних трав в составе минерального азота в почве преобладает нитратный азот, на долю которого приходится в среднем 53,5 %, а в период первого укоса трав основной удельный вес по всем вариантам опыта занимает аммонийный азот – 64,9–72,4 %. Установлена заметная связь ($r = 0,50\text{--}0,66$) между содержанием $N_{\text{мин}}$ в почве в ранневесенний период и после первого укоса и активностью ^{137}Cs в сене многолетних трав первого и второго укосов. Сильные корреляционные зависимости установлены между содержанием минерального азота в почве в ранневесенний период и после первого укоса трав и урожайностью сена первого и второго укосов. Коэффициенты корреляции r составили соответственно 0,83 и 0,73. При повышении запасов $N_{\text{мин}}$ в почве наблюдалось достоверное повышение урожайности.

Ключевые слова: минеральный азот, удобрения, ^{137}Cs , накопление, торфянисто-глеевая почва, многолетние травы.

N. N. Tsybulka, E. B. Evseev, I. I. Zhukova.

THE INFLUENCE OF MINERAL NITROGEN TO THE ACCUMULATION OF ^{137}Cs AND THE YIELD OF CEREAL GRASSES IN PEAT-GLEY SOIL

Abstract. At the beginning of the spring growing season of perennial grasses, nitrate nitrogen predominates in the mineral nitrogen composition of the soil, accounting for an average of 53.5%. During the first grass cutting period, ammonium nitrogen accounts for the majority of the mineral nitrogen content across all experimental variants, accounting for 64.9–72.4%. A significant correlation ($r = 0.50\text{--}0.66$) was found between the N_{min} content in the soil in early spring and after the first cutting and the ^{137}Cs activity in the hay of perennial grasses from the first and second cuttings. Strong correlations were found between mineral nitrogen content in the soil in early spring and after the first grass cutting and hay yields from the first and second cuttings. The correlation coefficients (r) were 0.83 and 0.73, respectively. With increasing N_{min} reserves in the soil, a significant increase in productivity was observed.

Keywords: mineral nitrogen, fertilizers, ^{137}Cs , accumulation, peaty-gley soil, perennial grasses.

Введение

В Беларуси на территории радиоактивного загрязнения около 245,0 тыс. га осушенных торфяных почв используются в качестве сельскохозяйственных земель, из них 83,0 тыс. га – с мощностью торфяного слоя менее 0,5 м. В среднем на каждый из 55 загрязненных радионуклидами административных районов

приходится 4,3 тыс. га торфяных почв с различной мощностью торфяного слоя. На части территории Полесья эти почвы составляют основу сельскохозяйственного землепользования [1].

Установлено, что количественные параметры перехода ^{137}Cs в продукцию сельскохозяйственных культур на гидроморфных

торфяно-болотных почвах в 1,5–6,0 раз выше по сравнению с почвами автоморфного ряда. Эти почвы наиболее критичны для получения сельскохозяйственной продукции с допустимым содержанием радионуклидов [2, 3].

Применение азотных удобрений на загрязненных радионуклидами почвах в оптимальных дозах способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур, а в повышенных дозах усиливает поступление радионуклидов в растения. В связи с этим рекомендованы максимальные годовые дозы азотных удобрений, в том числе и под многолетние травы [4]. Торфяные почвы отличаются высоким содержанием азота, которое колеблется в пределах 1,6–4,0 % для низинных, 1,4–2,5 – переходных и 0,5–2,0 % – верховых торфяников [5, 6]. Азотный фонд этих почв представлен преимущественно органическими соединениями, азот которых становится доступным для растений в результате биологической минерализации органического вещества (процессов аммонификации и нитрификации) [7].

В почве протекают одновременно два противоположных процесса – синтез и минерализация органических соединений с выде-

лением углекислоты и соединений азота. В торфяных почвах после удаления избыточной влаги и в результате сельскохозяйственного использования процессы минерализации органического вещества преобладают над его образованием [8].

Обеспеченность сельскохозяйственных культур азотом зависит не столько от общего содержания в почве, сколько от наличия таких его минеральных форм, как нитраты и обменный аммоний, которых в почве – около 1 % от общего количества азота. Остальная часть азота находится в составе органических, гумусовых и других соединений (94–95 %), а также в форме необменно фиксированного (в минеральных почвах) глинистыми минералами аммония (3–5 %), почти недоступного или труднодоступного для растений. Для характеристики обеспеченности растений азотом учитывают в основном две его формы – нитратную и аммонийную.

Цель исследований – изучить содержание и запасы минеральных соединений азота в торфянисто-глеевой почве и установить их влияние на накопление ^{137}Cs в растениях и продуктивность многолетних злаковых трав.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2016–2019 гг. в стационарных полевых опытах на мелиоративной системе «Черобасовская», расположенной на территории землепользования государственного предприятия «Синкевичи» Лунинецкого р-на Брестской обл.

Объект исследований – торфянисто-глеевая низинная осушенная почва, развивающаяся на тростниково-осоковых торфах, подстилаемая с глубины 0,26 м связными древнеаллювиальными песками. По агрохимическим показателям она имела слабокислую реакцию среды и соответствовала интервалу оптимального значения этого показателя (pH_{KCl} – 5,29–5,48) для торфяных почв. Содержание и запасы органического вещества в почве составляли в среднем 64,0 % и 576 т/га, зольность – 36,0 %, что соответствовало высокозольным торфяникам. Содержание общего азота в слое 0–25 см колебалось от 1,67 до 1,77 %, минерального азота – от 49,36 до 62,03 мг/кг почвы. Обеспеченность (по ме-

тоду А. Т. Кирсанова) подвижным фосфором составляла в среднем 875 мг/кг почвы, подвижным калием – 805 мг/кг почвы. По существующей градации торфянисто-глеевая почва характеризовалась высоким содержанием P_2O_5 и повышенным содержанием K_2O .

Согласно принятой градации [9], почва на данной территории относится ко второй группе (1,0–4,9 Ки/км²) по степени загрязнения ^{137}Cs . Плотность загрязнения колебалась от 3,2 до 5,1 Ки/км² и в среднем составила ^{137}Cs в 143,9 кБк/м² (3,9 Ки/км²).

За период исследований метеорологические условия вегетационных периодов (апрель – август) различались: 2016 г. характеризовался слабой засушливостью, 2017 г. был влажным, 2018 г. – засушливым, а 2019 г. соответствовал оптимальным климатическим условиям. ГТК составили соответственно 1,28, 2,24, 0,97 и 1,30.

В опыте возделывали среднеспелую злаковую травосмесь, включающую тимopheевку

луговую (2 кг/га), овсяницу луговую (5 кг/га), кострец безостый (6 кг/га). Схема опыта с разными дозами и сроками внесения азотных, калийных и фосфорных удобрений под многолетние злаковые травы включала 5 вариантов. Азотные удобрения в форме карбамида и калийные удобрения в форме калия хлористого применяли перед посевом трав и в дальнейшем в два приема под первый и второй укосы трав в дозах согласно схеме опыта. Фосфорные удобрения в форме суперфосфата аммонизированного в полной дозе вносили в один прием перед посевом трав и в дальнейшем в ранневесеннюю подкормку (табл. 1).

Ежегодно проводили два укоса трав в фазе сенокосной спелости, урожайность сена пересчитывали на 16%-ю стандартную влажность. Уборка трав осуществлялась вручную, поделочно. Определение удельной активности

^{137}Cs (Бк/кг) в исследуемых почвенных пробах выполняли на γ - β -спектрометре МКС-АТ1315, в растительных образцах – на γ -спектрометрическом комплексе *Canberra-Packard*. Основная относительная погрешность измерений при доверительном интервале $P = 95\%$ не превышала 15–30 %. Аппаратурная ошибка измерений не превышала 15 %. Плотность загрязнения почв ^{137}Cs рассчитывали в соответствии с методикой [9]. Выполнение лабораторно-аналитических исследований агрохимических показателей почв проводили по следующим методикам: органическое вещество (гумус) – по методу И. В. Тюрина в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26212–91¹; $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ – потенциометрическим методом по ГОСТ 26483–85²; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91³; общий азот – по ГОСТ 26107–84⁴; N-NH_4 – по ГОСТ 26489–85⁵; N-NO_3 – по ГОСТ 26488–85⁶.

Таблица 1. Схема применения удобрений в опыте

Варианты опыта	Дозы удобрений под 1-й укос, кг/га д. в.*			Дозы удобрений под 2-й укос, кг/га д. в.*		
	N	P	K	N	P	K
1. Контроль (без удобрений)	–	–	–	–	–	–
2. $\text{P}_{90}\text{K}_{150}$ – фон	–	90	90	–	–	60
3. $\text{N}_{100}\text{P}_{90}\text{K}_{150}$	60	90	90	40	–	60
4. $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{150}$	80	90	90	40	–	60
5. $\text{N}_{140}\text{P}_{90}\text{K}_{150}$	80	90	90	60	–	60

* д. в. – действующее вещество.

Результаты исследований и их обсуждение

В торфянисто-глеевой почве с содержанием органического вещества 61,4–66,0 % в слое 0–25 см (T_n) содержание общего азота ($N_{\text{общ}}$) составило 1,67–1,73 %. При плотности почвы 0,36 г/см³ запас $N_{\text{общ}}$ в слое 0–25 см изменялся в пределах 15 030–15 930 кг/га, а в среднем составил 15 570 кг/га. Из общего запаса азота в почве основной удельный вес составлял азот органических соединений ($N_{\text{орг}}$): 99,6–99,7 %.

На долю минерального азота ($N_{\text{мин}}$) приходилось всего 0,3–0,4 % (см. табл. 2).

Цикл азота в почве характеризуется постоянно действующими минерализационно-иммобилизационными процессами его превращения, взаимодействие которых определяет направленность потоков азота в агроэкосистемах. Содержание минеральных соединений (аммонийного и нитратного) азота в почве –

¹ Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26212–91. Мн., 1992. 6 с.

² Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH по методу ЦИНАО: ГОСТ 26483–85. Мн., 1987. 4 с.

³ Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО: ГОСТ 26207–91. Мн., 1992. 6 с.

⁴ Почвы. Методы определения общего азота: ГОСТ 26107–84. Мн., 1985. 6 с.

⁵ Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО: ГОСТ 26489–85. М., 1986. 6 с.

⁶ Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО: ГОСТ 26488–85. Мн., 1986. 5 с.

динамичная величина ввиду его зависимости от действия множества разнонаправленных факторов. Благодаря своей динамичности минеральные формы азота представляют наибольший интерес при оценке азотного режима почв. По динамике изменения минеральных соединений азота в почве определяют обеспеченность возделываемых культур азотом и уровень их продуктивности, а также изменение качества урожая, включая накопление радионуклидов в получаемой продукции.

Разложение азотистых органических соединений в почве в общем виде может быть представлено следующей схемой: гуминовые вещества, белки → аминокислоты, амиды → аммоний → нитриты → нитраты → молекулярный азот. Известно, что скорость процессов минерализации азотсодержащих органических веществ почвенными микроорганизмами до аммиака и нитратов находится под влиянием условий обеспеченности кислородом, влажности, температуры и кислотности по-

чвы. Азотсодержащие соединения почвы разлагаются до аммиака многочисленными аэробными и анаэробными микроорганизмами почвы, это происходит во всех почвах при разной реакции среды, но замедляется в бескислородных условиях, а также при сильно-кислой и щелочной реакциях.

Нитрификация азота (процесс окисления аммонийного азота до нитритов и нитратов) осуществляется группой специфических аэробных бактерий. Оптимальные условия для нитрификации – хорошая аэрация, влажность почвы 60–70 % от капиллярной влагоемкости, температура 25–32 °С и реакция, близкая к нейтральной.

В табл. 3 приведены данные содержания нитратного ($N-NO_3$) и аммонийного ($N-NH_4$) азота в слое 0–25 см торфянисто-глеевой почвы в начале весеннего отрастания трав до применения удобрений и после первого укоса трав с применением разных доз азотных удобрений – от 100 до 140 кг/га действующего вещества.

Таблица 2. Содержание форм азота в слое почвы 0–25 см (T_n)

Показатели	Значения		
	минимальное	максимальное	среднее
Содержание органического вещества, %	61,4	66,0	64,0
Запас органического вещества, т/га	552,4	593,7	576,3
Содержание общего азота, %	1,67	1,77	1,73
Запас общего азота, кг/га	15 030	15 930	15 570
Запас органического азота, кг/га	14 985	15 874	15 520
Содержание минерального азота, мг/кг	49,36	62,03	55,00
Запас минерального азота, кг/га	44,42	55,83	49,50
Соотношение $N_{орг} : N_{мин}$, %	99,7 : 0,3	99,6 : 0,4	99,7 : 0,3

Таблица 3. Содержание нитратного и аммонийного азота в слое почвы 0–25 см

Варианты опыта	$N-NO_3$, мг/кг почвы			$N-NH_4$, мг/кг почвы		
	минимальное	максимальное	в среднем за 4 года	минимальное	максимальное	в среднем за 4 года
<i>Ранневесенний период</i>						
До внесения удобрений	11,91	46,39	29,45	14,49	52,72	25,55
<i>После первого укоса трав</i>						
1. РК – фон	4,17	18,60	9,33	16,84	17,62	16,87
2. Фон + N_{100}	4,48	23,38	11,32	21,34	45,94	29,72
3. Фон + N_{120}	5,13	27,60	13,23	23,33	51,44	33,07
4. Фон + N_{140}	5,34	28,75	13,93	24,15	53,44	34,36

В ранневесенний период содержание $N-NO_3$ в слое почвы 0–25 см изменялось по годам от 11,91 до 46,36 мг/кг, а в среднем за 2016–2019 гг. составило 29,45 мг/кг. Различия между годами изменялись в 3,9 раза. Во время первого укоса трав содержание азота в почве снизилось на фосфорно-калийном фоне в среднем до 9,33 мг/кг (в 3,2 раза), что обусловлено потреблением элемента растениями. В вариантах с применением под первый укос азотных удобрений в дозах 60 и 80 кг/га содержание $N-NO_3$ в почве после укоса трав составило 11,32–13,93 мг/кг, то есть было выше по сравнению с фоновым вариантом всего на 2,0–4,6 мг/кг.

Содержание аммонийного азота в слое почвы 0–25 см в ранневесенний период изменялось по годам исследований от 14,49 до 52,72 мг/кг, а в среднем за 2016–2019 гг. составило 25,55 мг/кг. Различия между годами достигали 3,6 раза. В период уборки трав первого укоса содержание $N-NH_4$ в почве на фосфорно-калийном фоне снизилось в среднем до 16,87 мг/кг, а в вариантах с применением при весеннем отрастании трав азотных удобрений в дозах 60 и 80 кг/га, наоборот, составило 29,72–34,36 мг/кг и было выше по сравнению с вариантом РК на 12,85–17,49 мг/кг.

В начале весенней вегетации многолетних злаковых трав в составе минерального азота в почве преобладал нитратный азот, на долю которого приходилось в среднем 53,5 %, а в период первого укоса трав основной удельный вес по всем вариантам опыта занимал аммонийный азот. С повышением доз азотных удобрений от 100 до 140 кг/га действующего

вещества наблюдалось увеличение удельного веса $N-NH_4$ в составе минеральных соединений азота от 64,9 до 72,4 % (рис. 1). Преобладание аммонийного азота в почве над нитратным обусловлено тем, что растения потребляли преимущественно нитратную форму азота.

Содержание минерального азота (суммы $N-NO_3$ и $N-NH_4$) в слое почвы 0–25 см в ранневесенний период находилось на уровне 55 м/кг с колебаниями по годам исследований от 31,98 до 99,11 мг/кг, или в 3,1 раза. Во время уборки трав первого укоса содержание $N_{мин}$ в почве на фосфорно-калийном фоне было на уровне 26,57 мг/кг с незначительным варьированием по годам – от 21,43 до 35,30 мг/кг. В вариантах, где вносили при весеннем отрастании трав азотные удобрения в дозах 60 и 80 кг/га, его содержание составило соответственно 41,05 и 46,30–48,29 мг/кг.

По принятой градации [6] торфянисто-глеевая почва характеризовалась низкими запасами минерального азота в слое почвы 0–25 см (T_n), которые не превышали 100 кг/га, а в среднем за годы исследований колебались в пределах 24–50 кг/га (табл. 4).

В наших исследованиях проведен корреляционно-регрессионный анализ данных с целью определения зависимостей между содержанием минерального азота в почве (T_n) слое торфянисто-глеевой почвы, с одной стороны, и поступлением ^{137}Cs в растения и урожайностью многолетних злаковых трав, с другой стороны.

Суммарное содержание доступного азота определяли как сумму почвенного азота и азота удобрений, внесенных под первый и второй укосы трав.

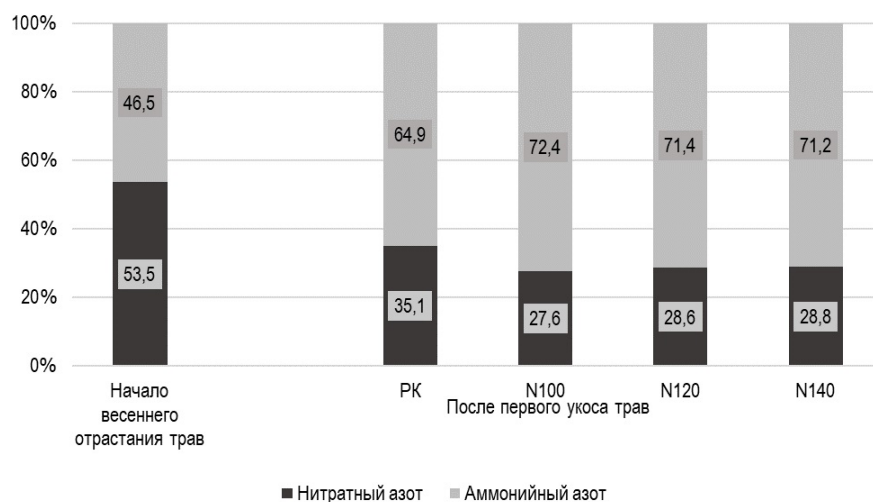


Рис. 1. Соотношение $N-NO_3$ и $N-NH_4$ в составе минерального азота в почве

Таблица 4. Запасы минерального азота в слое почвы 0–25 см

Варианты опыта	Запас $N_{\text{мин}}$ в почве, кг/га		
	минимальный	максимальный	в среднем за 4 года
<i>Ранневесенний период</i>			
До внесения удобрений	28,8	89,2	49,5
<i>После первого укоса трав</i>			
1. РК – фон	19,3	31,8	23,9
2. Фон + N_{100} (60 + 40)	25,2	45,4	36,9
3. Фон + N_{120} (80 + 40)	28,2	50,9	41,7
4. Фон + N_{140} (80 + 60)	29,9	52,9	43,5

Установлена заметная линейная взаимосвязь ($R^2 = 0,254$, $r = 0,50$) между содержанием $N_{\text{мин}}$ в почве в ранневесенний период и удельной активностью ^{137}Cs в сене многолетних трав первого укоса (рис. 2). Также заметная взаимосвязь ($R^2 = 0,430$, $r = 0,66$) выявлена между содержанием $N_{\text{мин}}$ в почве после первого укоса трав и удельной активностью ^{137}Cs в сене второго укоса (рис. 3). Как показывает анализ данных, с повышением содержания минеральных соединений азота в почве наблюдается увеличение удельной активности радионуклида в растениях.

Следует отметить, что даже при запасах $N_{\text{мин}}$ в почве на уровне 180–200 кг/га (высокая степень обеспеченности по градации Н. Н. Семеновко) концентрация ^{137}Cs в сене не превышала 100 Бк/кг. Республиканский допустимый уровень содержания радионуклида в сене при производстве цельного молока составляет

1300 Бк/кг, то есть выше более, чем на порядок.

Сильные корреляционные зависимости установлены между содержанием минерального азота в почве в ранневесенний период и после первого укоса трав и урожайностью сена первого и второго укосов. Коэффициенты детерминации (R^2) и корреляции (r) составили соответственно 0,698 и 0,83, 0,532 и 0,73. При повышении запасов $N_{\text{мин}}$ в почве наблюдалось достоверное увеличение урожайности сена (рис. 4 и 5).

Урожайность многолетних злаковых трав первого укоса 70–80 ц/га сена обеспечивалась при содержании минерального азота в слое почвы 0–25 см в начале их весеннего отрастания на уровне 120–130 кг/га. Для формирования урожайности сена второго укоса 60–65 ц/га запас $N_{\text{мин}}$ в почве должен составлять 110–115 кг/га.

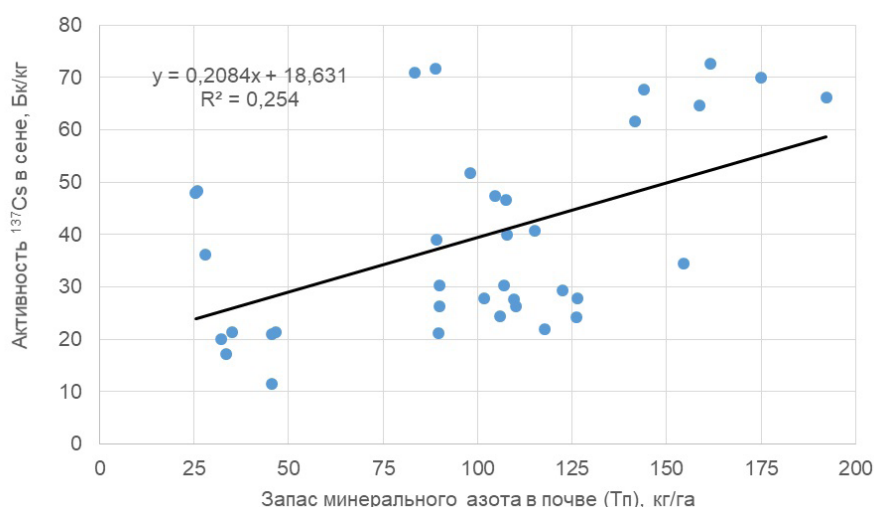


Рис. 2. Зависимость удельной активности ^{137}Cs в сене первого укоса от запасов минерального азота в слое почвы 0–25 см

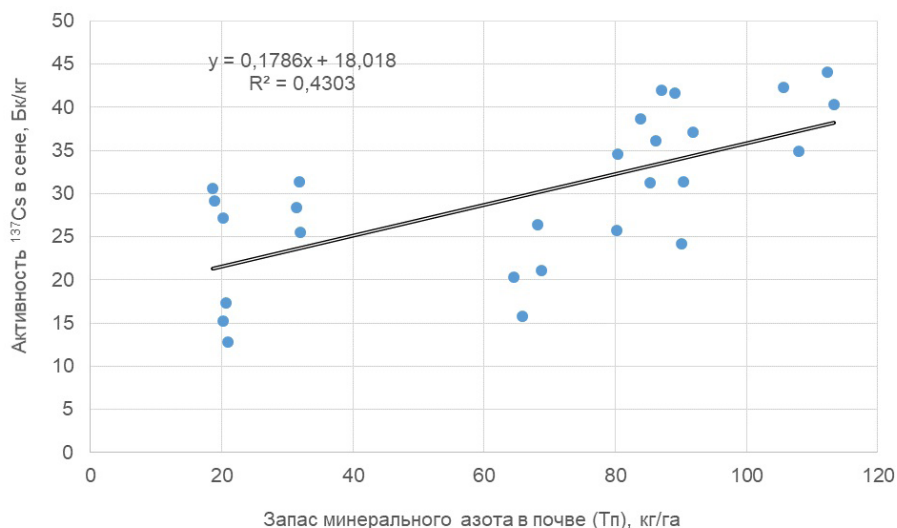


Рис. 3. Зависимость удельной активности ^{137}Cs в сене второго укоса от запасов минерального азота в слое почвы 0–25 см

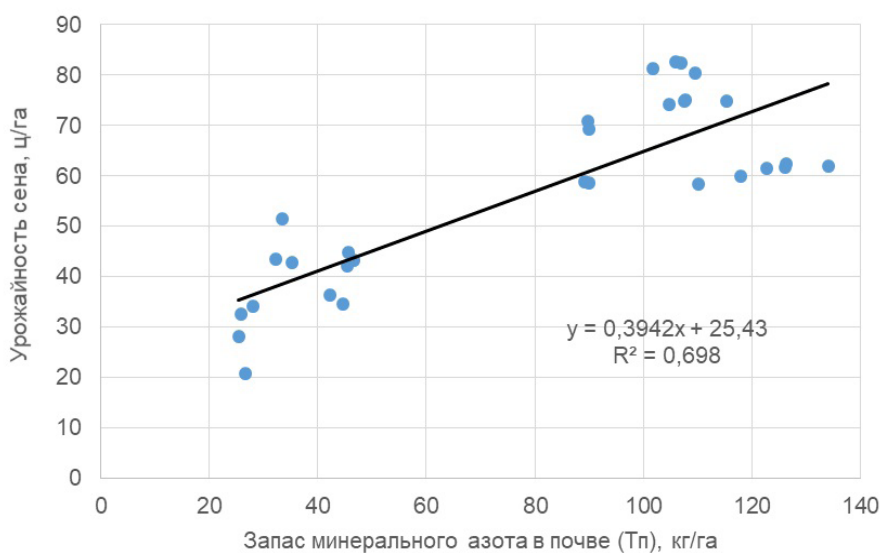


Рис. 4. Зависимость урожайности сена первого укоса от запасов минерального азота в почве в ранневесенний период

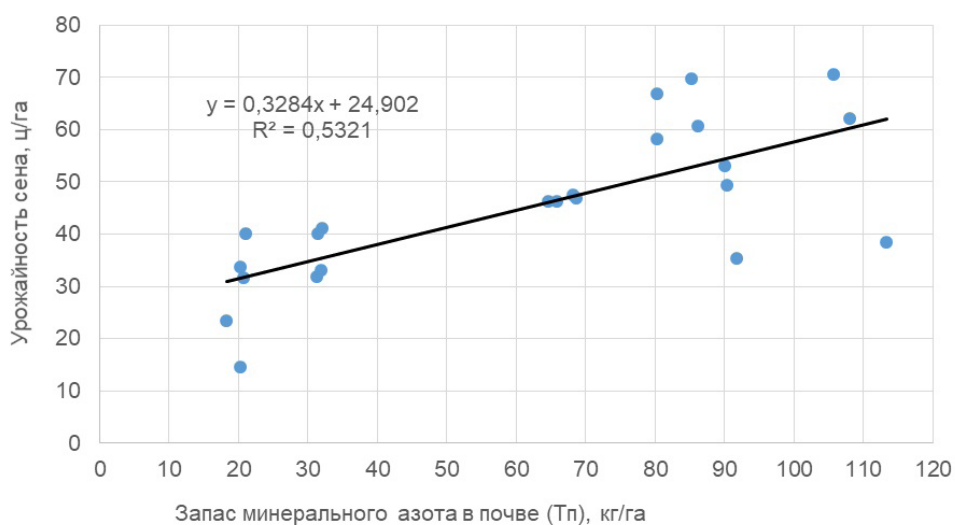


Рис. 5. Зависимость урожайности сена второго укоса от запасов минерального азота в почве

В табл. 5 приведены градации обеспеченности торфянисто-глеевой почвы минеральным азотом для планируемой урожайности многолетних злаковых трав от 35 до 90 ц/га сена.

Ориентировочные уровни содержания и запаса минерального азота в почве предложены в качестве основы для дифференцированного применения азотных удобрений. Доза

азота по каждому конкретному полю (участку) для внесения под укосы многолетних трав рассчитывается как разность между нормативным уровнем и фактическим содержанием $N_{\text{мин}}$ в почве по формуле

$$N_{\text{уд}} = N_{\text{опт}} - N_{\text{факт}}$$

где $N_{\text{уд}}$ – доза азота удобрений, кг/га д. в.; $N_{\text{опт}}$ и $N_{\text{факт}}$ – оптимальное и фактическое содержание азота в почве, кг/га.

Таблица 5. Обеспеченность торфянисто-глеевой почвы минеральным азотом для планируемой урожайности многолетних злаковых трав

Показатель	Уровень планируемой урожайности, ц/га сена					
	35–40	45–50	55–60	65–70	75–80	85–90
Содержание $N_{\text{мин}}$ в слое почвы 0–25 см, мг/кг	35–45	50–55	60–70	75–80	85–90	95–100
Запас $N_{\text{мин}}$ в слое почвы 0–25 см, кг/га	30–40	50–60	70–85	100–110	120–130	135–140

Выводы

1. В торфянисто-глеевой почве с содержанием органического вещества 61,4–66,0 % из общего запаса азота в слое 0–25 см основной удельный вес занимает азот органических соединений – 99,6–99,7 %, на долю минерального азота приходится всего 0,3–0,4 %. Содержание его в почве в ранневесенний период изменялось по годам от 31,98 до 99,11 мг/кг, или в 3,1 раза. Во время уборки трав первого укоса содержание $N_{\text{мин}}$ в почве на фосфорно-калийном фоне составляло 26,57 мг/кг с варьированием по годам от 21,43 до 35,30 мг/кг. В вариантах с применением азотных удобрений в дозах 60 и 80 кг/га его содержание составило соответственно 41,05 и 46,30–48,29 мг/кг. В начале весенней вегетации многолетних трав в составе минерального азота в почве преобладал нитратный азот, на долю которого приходилось в среднем 53,5 %, а в период

первого укоса трав основной удельный вес по всем вариантам опыта занимал аммонийный азот – 64,9–72,4 %.

2. Установлена заметная взаимосвязь ($r = 0,50–0,66$) между содержанием $N_{\text{мин}}$ в почве в ранневесенний период и после первого укоса и активностью ^{137}Cs в сене многолетних трав первого и второго укосов. С повышением содержания минеральных соединений азота в почве наблюдается увеличение удельной активности радионуклида в растениях.

3. Сильные корреляционные зависимости установлены между содержанием минерального азота в почве в ранневесенний период и после первого укоса трав и урожайностью сена первого и второго укосов. Коэффициенты корреляции составили соответственно 0,83 и 0,73. При повышении запасов $N_{\text{мин}}$ в почве наблюдалось достоверное повышение урожайности.

Список использованных источников

1. Цыбулько, Н. Н. Почвенно-агрохимические основы адаптивного использования загрязненных радионуклидами земель / Н. Н. Цыбулько. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2022. – 290 с.
2. Рекомендации по использованию почв с высокими параметрами перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию / Н. Н. Цыбулько [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2019. – 76 с.
3. Персикова, Т. Ф. Возделывание многолетних бобово-злаковых травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах / Т. Ф. Персикова, А. Г. Подоляк // Вестник Белорусской гос. с.-х. академии. – 2022. – № 4. – С. 59–66.

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. Мееровский, А. С. Современное состояние и стратегия сохранения и рационального использования торфяных почв Беларуси / А. С. Мееровский, В. И. Белковский // Междунар. аграр. журнал. – 2001. – № 10. – С. 12–15.

6. Семененко, Н. Н. Торфяно-болотные почвы Полесья: трансформация и пути эффективного использования / Н. Н. Семененко. – Мн. : Бел. навука, 2015. – 282 с.

7. Семененко, Н. Н. Агрогенная эволюция фракционного состава азота торфяных почв / Н. Н. Семененко, Е. В. Каранкевич // Земляробства і ахова раслін. – № 6. – 2011. – С. 36–40.

8. Семененко, Н. Н. Модели прогноза трансформации фракционного состава азота торфяных почв Полесья под влиянием антропогенных факторов / Н. Н. Семененко, Е. В. Каранкевич // Мелиорация. – 2011. – № 1. – С. 122–130.

9. Методика крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И. М. Богдевич [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн. : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2020. – 45 с.

Поступила 18 февраля 2026 г.

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЗЕРНООТХОДОВ И ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ЖИВОТНОВОДСТВА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ

Н. Ф. Терлецкая, кандидат биологических наук
А. С. Антонюк, научный сотрудник

Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, г. Брест, Беларусь

Аннотация. Представлены результаты исследований (2016–2017 гг.) по оценке влияния органического удобрения, полученного путем компостирования зерноотходов и навоза крупного рогатого скота в соотношении 1 : 7, на продуктивность кукурузы. Установлено, что данное удобрение по своему составу не уступает традиционным органическим удобрениям. Массовая доля общего азота в нем составляет 0,60 %, фосфора – 0,31 %, калия – 0,37 %. Внесение разработанного удобрения в дозе 40–60 т/га способствовало существенному увеличению урожайности зеленой массы кукурузы и улучшению питательной ценности корма. В опытном варианте с применением данного удобрения урожайность зеленой массы кукурузы составила 346,5–389,5 ц/га, в контроле – 264,5 ц/га, урожайность сухого вещества – 89,1–102,1 ц/га и 61,4 ц/га, обменной энергии – 10,66–11,08 МДж/кг и 10,54 МДж/кг, выход кормовых единиц – 81,97–101,08 ц/га и 55,26 ц/га соответственно. При применении разработанного удобрения в дозе 40–60 т/га содержание нитратов в зеленой массе кукурузы не превышало предельно допустимую концентрацию.

Ключевые слова: зерноотходы, побочные продукты животноводства, компостирование, органическое удобрение, продуктивность, кукуруза, нитраты.

N. F. Tsiarletskaia, A. S. Antoniuk.

THE INFLUENCE OF ORGANIC FERTILIZER BASED ON GRAIN WASTE AND LIVESTOCK BY-PRODUCTS TO CORN PRODUCTIVITY

Abstract. The results of studies (2016–2017) assessing the effect of organic fertilizer, obtained by composting grain waste and cattle manure, on corn productivity are presented. It has been established that this fertilizer is not inferior in composition to traditional organic fertilizers. The mass fraction of total nitrogen in it is 0,60 %, phosphorus – 0,31 %, potassium – 0,37 %. The application of the developed fertilizer at a dose of 40–60 t/ha contributed to a significant increase in the yield of green mass of corn and improved the nutritional value of the feed. In the variant with the use of this fertilizer, the yield of green mass of corn was 346,5–389,5 c/ha, in the control – 264,5 c/ha, the yield of dry matter – 89,1–102,1 c/ha and 61,4 c/ha, metabolic energy – 10,66–11,08 MJ/kg and 10,54 MJ/kg, feed unit yield – 81,97–101,08 c/ha and 55,26 c/ha respectively. When using the developed fertilizer at a dose of 40–60 t/ha, the nitrate content in the green mass of corn did not exceed the maximum permissible concentration

Keywords: grain waste, livestock by-products, composting, organic fertilizer, productivity, corn, nitrates.

Введение

Проблема переработки отходов актуальна для всех отраслей промышленного производства, в том числе зерноперерабатывающих предприятий. При производстве основного продукта используется, как правило, не более 30 % от массы исходного сырья, остальная же его часть относится к отходам [1]. Между тем зерноотходы многокомпонентны по составу питательных элементов, имеют органическую природу, что подтверждает целесообразность их применения для получения органических удобрений.

Строительство крупных животноводческих комплексов, высокая концентрация на них крупного рогатого скота (КРС) актуализируют также проблему рациональной утилизации побочных продуктов животноводства. В результате деятельности животноводческой отрасли ежегодно образуется около 65 млн тонн навоза КРС [2], выход жидкого навоза и навозных стоков (без учета технологической воды) составляет свыше 12 млн тонн [3]. Одним из направлений утилизации отходов зерноперерабатывающих предприятий и побочных

продуктов животноводства является компостирование, позволяющее, с одной стороны, рационально использовать удобрительный потенциал данных субстратов, с другой – снизить негативное влияние на окружающую среду. В процессе компостирования теряют жизнеспособность семена сорных растений, погибают патогенные микроорганизмы, содержащиеся в свежем навозе КРС, органическое удобрение становится более концентрированным и био-

логически активным [4]. Компосты на основе навоза оказывают положительное влияние на плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур [5, 6].

Цель статьи – оценить влияние органического удобрения на основе отходов зерноперерабатывающих предприятий и побочных продуктов животноводства на урожайность кукурузы и качество растениеводческой продукции.

Материалы и методы исследований

Объект исследований – органическое удобрение, полученное путем компостирования отходов зерноперерабатывающих предприятий и побочных продуктов животноводства (навоз КРС) в соотношении 1 : 7.

Общий запас семян сорных растений в зерноотходах / компосте определялся по формуле

$$M_T = K \frac{1000}{P},$$

где M_T – запас семян сорных растений в 1 т зерноотходов / компоста, шт.; K – количество семян сорных растений в анализируемой навеске, шт.; P – навеска зерноотходов / компоста, взятая на анализ, кг.

Всхожесть семян сорных растений оценивалась в лабораторных условиях при оптимальных показателях температуры и влажности [7].

Экспериментальные участки были заложены на полевого стационаре «Агробиостанция»

Результаты исследований и их обсуждение

Анализ результатов исследований (2016–2017 гг.) состава отходов зерноперерабатывающих предприятий Брестской обл. показал, что по содержанию питательных веществ для растений они не уступают традиционным органическим удобрениям. Так, при естественной влажности содержание фосфора в них составляет 0,74–1,29 %, калия – 0,88–1,00 %, азота – 2,05–2,38 %. Кроме того, зерноотходы характеризуются высоким содержанием органического

УО «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина» на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной, сменяемой с глубины 0,44 м рыхлым песком почве с посевом гибрида кукурузы Краснодарский 194 МВ.

Агротехника возделывания – общепринятая для Беларуси [8]. Удобрения вносились под вспашку. Учет урожая – сплошной поделочный.

Массовая доля общего азота в удобрении определялась по ГОСТ 26715¹, общего фосфора – по ГОСТ 26717², общего калия – по ГОСТ 26718³, содержание органического вещества – на основе термогравиметрического метода в соответствии с ГОСТ 27980⁴. Отбор растительных образцов проводился по ГОСТ 27262⁵.

Статистическая обработка данных выполнена с использованием методов математической статистики, описанных Б. А. Доспеховым [9].

вещества – 90,1–95,7 % [10]. Однако в отходах зерноперерабатывающих предприятий могут содержаться семена сорных растений, что является одним из сдерживающих факторов их применения в качестве удобрений. Наши исследования показали, что количество всхожих семян сорняков в зерноотходах может варьироваться от 80 тыс. шт/т до 8 млн шт/т. Допустимо вносить на поля органические удобрения (при влажности менее 90 %), в которых

¹ Удобрения органические. Методы определения общего азота: ГОСТ 26715–85. М., 1986. 16 с.

² Удобрения органические. Метод определения общего фосфора: ГОСТ 26717–85. М., 1986. 8 с.

³ Удобрения органические. Метод определения общего калия: ГОСТ 26718–85. М., 1986. 8 с.

⁴ Удобрения органические. Методы определения органического вещества: ГОСТ 27980–88. М., 1989. 11 с.

⁵ Корма растительного происхождения. Методы отбора проб: ГОСТ 27262–87. М., 2002. 12 с.

количество всхожих семян сорных растений – менее 300 тыс. шт/т. При превышении данного показателя по засоренности одним из способов снижения количества жизнеспособных семян сорных растений является компостирование. В качестве наполнителей для получения компоста могут использоваться различные компоненты, в том числе побочные продукты животноводства.

Нами разработано органическое удобрение¹, полученное путем компостирования зерноотходов с навозом КРС в соотношении 1 : 7 (по массе). Массовая доля общего азота в данном удобрении составила 0,60 %, фосфора – 0,31 %, калия – 0,37 % (на естественную влажность). По содержанию семян сорных растений удобрение пригодно для внесения на поля при возделывании сельскохозяйственных культур.

Результаты исследований показали, что при применении разработанного удобрения в дозе 40–60 т/га полевая всхожесть кукурузы находилась на уровне контрольного варианта и составила 88–93 %. Внесение удобрения оказало положительное влияние на рост растений: различия по высоте растений между опытными и контрольным вариантом были статистически достоверны. Так, в фазе молочно-восковой спелости высота растений в варианте с внесением 40 т/га компоста составила $218,3 \pm 5,49$ см, 60 т/га – $241,2 \pm 8,24$ см, в контроле – $189,4 \pm 5,44$ см (таблица).

Как свидетельствуют результаты исследований, внесение разработанного удобрения существенно повлияло на урожайность кукурузы. В частности, в опытном варианте с приме-

нением удобрения в дозе 40 т/га сформировалась урожайность зеленой массы кукурузы на уровне 346,5 ц/га, в дозе 60 т/га – 389,5 ц/га, что, соответственно, на 31,0 и 47,2 % выше по сравнению с контролем.

Установлено, что в зеленой массе кукурузы в фазе молочно-восковой спелости содержание сухого вещества при применении разработанного удобрения составило 25,7–26,2 %, в контроле – 23,2 %, урожайность сухого вещества – 89,1–102,1 ц/га и 61,4 ц/га соответственно.

При внесении органического удобрения возросла питательная ценность корма. Содержание кормовых единиц в варианте с дозой внесения удобрения 40 т/га составило 0,92; 60 т/га – 0,99; в контроле – 0,90; обменной энергии – 10,66, 11,08 и 10,54 МДж/кг сухого вещества соответственно.

Применение органического удобрения обеспечило продуктивность кукурузы на уровне 81,97–101,08 ц/га кормовых единиц, что на 26,71–45,82 ц/га выше, чем в контроле (рисунок).

Интенсивное применение удобрений может привести к избыточному накоплению нитратов в растениях, повышенное содержание которых в кормах приводит к ухудшению качества продукции, токсически действует на организм животных и человека. Как показали результаты проведенных исследований, при применении разработанного удобрения в дозах 40–60 т/га содержание нитратов в зеленой массе кукурузы находилось на уровне контроля и не превышало предельно допустимой концентрации (500 мг/кг)².

Таблица. Результаты статистического анализа динамики роста кукурузы (2017)

Вариант опыта	Высота растений, см				
	11.06.	18.06.	28.06.	17.07.	07.08.
Контроль	$24,8 \pm 0,51$	$39,1 \pm 2,37$	$51,1 \pm 2,25$	$149,9 \pm 5,60$	$189,4 \pm 5,44$
Удобрение, 40 т/га	$26,4 \pm 0,82$	$45,4 \pm 3,87$	$62,8 \pm 3,83$	$179,8 \pm 3,20$	$218,3 \pm 5,49$
Удобрение, 60 т/га	$27,7 \pm 0,66$	$52,1 \pm 2,62$	$62,0 \pm 3,85$	$199,1 \pm 6,49$	$241,2 \pm 8,24$

¹ Удобрение органическое на основе отходов животноводства с добавлением отходов зерноперерабатывающих предприятий: ТУ ВУ 290986590.001-2018. URL: <https://gskp.by/produkcija/item/udobrenie-organicheskoe-na-osnove-otkhodov-zhivotnovodstva-s-dobavleniem-otkhodov-zernopererabatyvayushchikh-predpriyatij-161121> (дата обращения: 10.12.2025).

² Об утверждении Ветеринарно-санитарных правил обеспечения безопасности в ветеринарно-санитарном отношении кормов и кормовых: постановление М-ва с. х. и продовольствия Респ. Беларусь от 10 февраля 2011 г. № 10. URL: <https://mshp.gov.by/printv/ru/technical-acts-ru/view/veterinarно-4025/> (дата обращения: 10.12.2025).

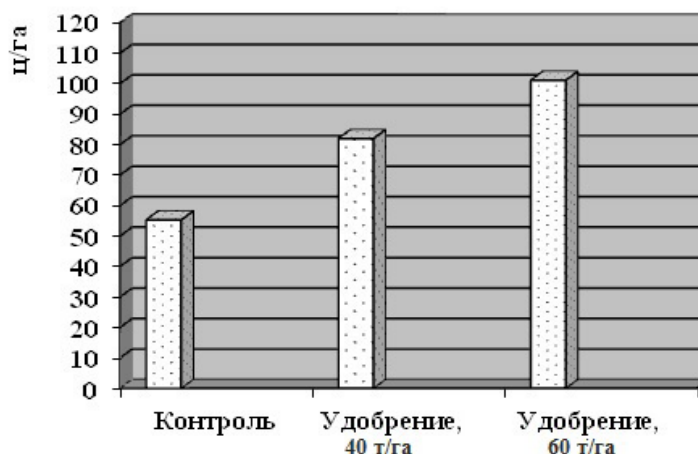


Рисунок. Выход кормовых единиц при внесении органического удобрения на основе зерноотходов и побочных продуктов животноводства

Выводы

Одним из рациональных способов переработки отходов зерноперерабатывающих предприятий является их компостирование с побочными продуктами животноводства. Полученный компост не уступал по составу традиционным органическим удобрениям. Массовая доля общего азота в нем составляла 0,60 %, фосфора – 0,31 %, калия – 0,37 %.

Внесение органического удобрения на основе зерноотходов и навоза КРС в дозе 40–60 т/га способствовало существенному увеличению продуктивности кукурузы. В опытных вариантах с применением разработанного удобрения урожайность зеленой массы кукурузы составила 346,5–389,5 ц/га,

в контроле – 264,5 ц/га, урожайность сухого вещества – 89,1–102,1 ц/га и 61,4 ц/га соответственно. При применении данного удобрения содержание кормовых единиц в опытных вариантах находилось в пределах 0,92–0,99, в контроле – 0,90, обменной энергии – 10,66–11,08 МДж/кг и 10,54 МДж/кг, выход кормовых единиц – 81,97–101,08 ц/га и 55,26 ц/га соответственно.

При внесении органического удобрения на основе зерноотходов и побочных продуктов животноводства содержание нитратов в зеленой массе кукурузы не превышало предельно допустимую концентрацию.

Список использованных источников

1. Сабирова, Г. Х. Пути решения проблемы переработки отходов в отрасли агропромышленного комплекса / Г. Х. Сабирова // Вестник магистратуры. – 2020. – № 3-3 (102). – С. 26–28.
2. Пунько, А. И. Утилизация отходов животноводства как проблема экологической стабильности / А. И. Пунько, А. М. Карпович, И. А. Цубанова // Экология и животный мир. – 2023. – № 2. – С. 52–56.
3. Влияние регулярного внесения жидкого навоза КРС и свиных навозных стоков на показатели гумусового состояния дерново-подзолистых почв / Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, О. М. Бирюкова, И. И. Касьяненко // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 2. – С. 79–89.
4. Виды органических удобрений и методика расчета их потребности для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах / Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева, Т. М. Кирдун, Н. Ю. Жабровская // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 2. – С. 37–56.
5. Сабирханов, А. С. Использование навозного компоста при выращивании кукурузы / А. С. Сабирханов // Научное обеспечение животноводства Сибири : материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., Красноярск, 16–17 мая 2024 г. / М-во науки и высш. образования РФ,

Красноярский науч. центр СО РАН, Красноярский науч.-иссл. ин-т с. х. ; сост.: Л. В. Ефимова, В. А. Терещенко. – Красноярск, 2024. – С. 52–55.

6. Филиппова, Е. А. Методы утилизации отходов зерновых культур / Е. А. Филиппова // Вестник науки. – 2025. – Т. 1, № 5. – С. 1088–1095.

7. Баздырев, Г. И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений / Г. И. Баздырев. – М. : КолосС, 2004. – 328 с.

8. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур : сб. отрасл. регламентов / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию ; редкол.: В. Г. Гусаков, Ф. И. Привалов. – Мн., 2012. – 469 с.

9. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Альянс, 2011. – 350 с.

10. Оценка состава отходов зерноперерабатывающих предприятий / А. В. Сорока, Н. Ф. Терлецкая, А. Н. Гапонюк, А. С. Антонюк // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2018. – № 2. – С. 124–128.

Поступила 20 февраля 2026 г.

ВЛИЯНИЕ ВКЛЮЧЕНИЙ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВООПОЛЗНЕВЫХ ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Т. Ю. Хаширова¹, доктор технических наук

З. Г. Ламердонов², доктор технических наук

У. Р. Сидаравичуте³, магистрант

¹Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, г. Нальчик, Россия

²Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова,
г. Нальчик, Россия

³Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия

Аннотация. При реализации мероприятий по инженерной защите сельскохозяйственных угодий от оползневой опасности в Анапском р-не Краснодарского края при строительстве дороги М-25 Новороссийск – Керчь в процессе строительства противооползневых сооружений были зафиксированы незапланированные деформации конструкций. Проведение дополнительных инженерно-мелиоративных изысканий выявило наличие нефтяных включений в грунтовом массиве, что существенно ухудшило его физико-механические и, что особенно важно для агроландшафтов, водно-физические свойства. На основе скорректированных расчетных характеристик грунта (сцепление, угол внутреннего трения) разработана и реализована конструктивная схема усиления склона с применением буронабивных свай, заглубленных в устойчивые коренные породы. Данное инженерное решение обеспечило не только стабилизацию оползневого склона, но и эффективную защиту значительного участка ценных сельскохозяйственных земель, сохранив их продуктивность и предотвратив деградацию агроландшафта.

Ключевые слова: защита территорий, оползень, устойчивость, нефтепроявления, изыскания, агроландшафт.

T. Yu. Khashirova, Z. G. Lamerdonov, U. R. Sidaravichute.

THE INFLUENCE OF PETROLEUM PRODUCT INCLUSIONS TO THE STABILITY OF LANDSLIDE PROTECTION STRUCTURES

Abstract. During the implementation of measures for the engineering protection of agricultural land from landslide danger in the Anapa district of the Krasnodar Krai during the construction of the M-25 Novorossiysk – Kerch road, unplanned deformations of the structures were recorded during the construction of anti-landslide structures. Additional engineering and reclamation surveys revealed the presence of oil inclusions in the soil massif, which significantly worsened its physical and mechanical and, which is especially important for agrolandscapes, water and physical properties. Based on the corrected design characteristics of the soil (adhesion, angle of internal friction), a structural scheme for strengthening the slope using bored piles buried in stable bedrock was developed and implemented. This engineering solution ensured not only the stabilization of the landslide slope, but also the effective protection of a significant area of valuable agricultural land, preserving their productivity and preventing the degradation of the agro-landscape.

Keywords: protection of territories, landslide, stability, oil shows, refinement, agricultural landscape.

Введение

В настоящее время при развитии агломераций и транспортной инфраструктуры в Краснодарском крае (Сочинский, Туапсинский, Анапский и другие районы), Республике Крым, Северной Осетии – Алании и других регионах осваиваются земли со сложным рельефом, включая склоновые территории, имеющие высокую сельскохозяйственную ценность для

виноградарства, садоводства и растениеводства [1]. Принятие проектных решений на таких территориях требует обязательной оценки устойчивости склонов, под которой понимается способность грунтовых массивов сохранять свою форму и положение во времени в условиях мелиоративного и инфраструктурного освоения [2, 3].

Материалы и методы исследований

После выполнения строительно-мелиоративных работ и возведения защитных сооружений в Анапском р-не мониторинговый контроль выявил критические деформации подпорных конструкций (рис. 1). Дополнительные исследования установили наличие в геологическом разрезе месторождений нефти, природного газа, песчаника и известняка, что существенно влияет на гидрогеологические условия и устойчивость склонов, формируя риски для защитных мелиоративных систем и сельскохозяйственных угодий.

Склоновые земли, используемые в сельском хозяйстве, характеризуются повышенной сложностью в части таких нагрузок и природных факторов, как атмосферные осадки, высокая сейс-

мичность (до 8 баллов), дефляция, дефлюкция, а также частичное или полное отсутствие растительного покрова, что снижает противозерозивную устойчивость агроландшафтов [3].

По результатам инженерно-геологических изысканий в 2022 г. установлено, что практически по всем скважинам в глинистых толщах грунтов фиксируются признаки нефтеносности по слоистости. Коллекторами служат тонкие прослои песчаников. Грунты обладают специфическими нефтяными летучими компонентами. При проведении буровых работ вдоль автодорог была нарушена естественная изоляция нефтеносных прослоев, что привело к миграции флюидов и повышению риска загрязнения почв и водных объектов (рис. 2) [5].



а

б

Рис. 1. Деформации грунта и сооружения

а – сдвиг защитного инженерного сооружения по стыковочному шву;

б – трещина отрыва в голове оползневого очага на удалении 5–6 м от автодороги; раскрытие до 5 см



Рис. 2. Разлив нефти при бурении геологической скважины ПК36+54,68 М-25

Наличие нефти в грунтах повышает их пластичность и снижает прочностные характеристики, что в сочетании с неблагоприятными гидрометеорологическими условиями может существенно влиять на общую устойчивость склона и эффективность мелиоративных систем. Отсутствие растительного покрова многократно увеличивает вероятность развития эрозионных и оползневых процессов, угрожающих сельскохозяйственным землям.

На участке распространены такие опасные инженерно-геологические процессы, как подтопление и сейсмичность. Уточненная после сейсморазведочных работ сейсмическая опасность оценивается в 8 баллов, что требует специальных решений при проектировании мелиоративных и защитных сооружений. Территория давно и интенсивно используется в сельском хозяйстве (виноградарство, садоводство, зерновые культуры). В этой связи в проектную документацию обязательно включаются мероприятия по охране земель сельскохозяйственного назначения и восстановлению агроландшафтов. Проект должен учитывать особенности строительно-мелиоративного производства и рекомендовать компенсационные мероприятия (лесомелиорацию, рекультивацию земель, создание противоэрозионных покрытий).

Оценку устойчивости склонов проводят при крутизне от 10° с целью обоснования проектных решений по защите сельскохозяйственных земель, безопасной эксплуатации мелиоративных систем, линейных объектов и сооружений на сложном рельефе [6, 7]. В условиях района г. Сочи и Южного берега Крыма, где важно сохранить природный ландшафт и сельскохозяйственный потенциал, применение террасирования часто ограничено. В таких случаях детальная оценка устойчивости склонов и разработка специализированных проектных решений по стабилизации, включая биомелиоративные и дренажные мероприятия, делают возможным хозяйственное освоение территорий без ущерба для агроэкосистем [8].

Отсутствие унифицированной методики расчета устойчивости склонов в контексте мелиоративного строительства и защиты сельскохозяйственных земель вызвано разнообразием опасных геологических процессов,

различиями в математических подходах к оценке устойчивости и вариативностью исходных данных изысканий [9]. Например, при проектировании мелиоративных систем на склонах, сложенных однородными грунтами (включая искусственные насыпи сельскохозяйственного назначения), рационально применять методы круглоцилиндрических поверхностей скольжения (метод предельного равновесия А. У. Бишоп и аналоги, основанные на равновесии моментов) [10]. В случае неоднородного строения грунтового массива, характерного для многих агроландшафтов, предпочтительно использовать методы, учитывающие равновесие и сил, и моментов. Если прогнозирование формы гравитационных процессов затруднено или выявлены различные механизмы нарушения устойчивости, рекомендуется выполнить расчеты несколькими методами [9]. Для принятия проектных решений по защите сельскохозяйственных земель и мелиоративных сооружений следует руководствоваться результатами, дающими минимальный коэффициент устойчивости [11–13].

Информацию о нефтепроявлениях на сельскохозяйственных территориях можно получить, изучив архивные материалы предыдущих исследований: отчеты, карты распространения залежей нефти (рис. 3), данные об условиях ее залегания, физико-механических свойствах дисперсных грунтов, влияющих на водно-физические характеристики мелиорируемых земель, картографические материалы с плановым положением геологических разрезов и другие результаты инженерно-мелиоративных изысканий.

По данным исследований, проведенных на рассматриваемой территории, определена категория оползневой опасности: весьма опасная, характеризующаяся средней площадью пораженности сельскохозяйственных угодий (11–30 %), объемом оползня от 100 до 1000 тыс. м³ и высокой повторяемостью активизаций (0,04–0,01 событий/год) [14]. Это создает существенные риски для устойчивости мелиоративных систем, сохранения плодородия почв и безопасности сельскохозяйственного производства, поэтому требуется разработка специальных защитных мероприятий в рамках проектов землеустройства и мелиорации.

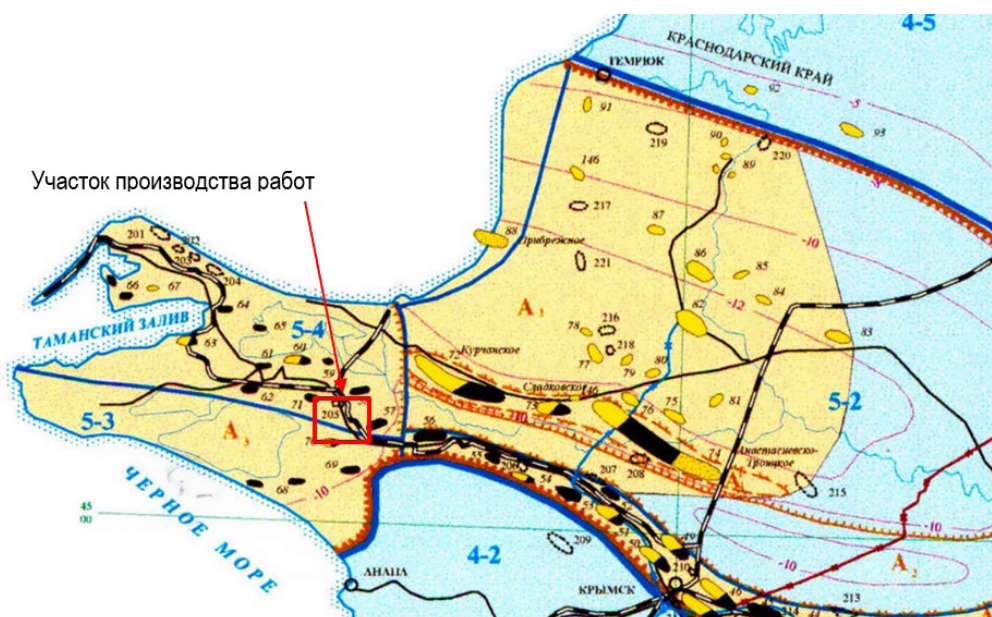


Рис. 3. Карта распространения залежей нефти в Анапском р-не при строительстве дороги М-25 Новороссийск-Керчь

Результаты исследований и их обсуждение

С целью прогнозирования оползневой опасности и построения расчетной модели устойчивости склона для обоснования мелиоративных мероприятий и защиты сельскохозяйственных земель определены наиболее вероятные поверхности скольжения с учетом основного и особого сочетания нагрузок при проектировании противооползневых и водохранных сооружений [15].

Первоначально оценка устойчивости склона выполнена общепринятыми методами предельного равновесия Моргенштерна – Прайса

и Янбу на основе материалов инженерно-мелиоративных изысканий. При основном сочетании нагрузок учитывались собственный вес грунтов и элементов мелиоративной системы (25 кН/м^3), нагрузка от сельскохозяйственной техники ($75,6 \text{ кПа}$). При особом сочетании дополнительно принималось во внимание сейсмическое воздействие, актуальное для региона. Оценка устойчивости склона по всем расчетным сечениям (кроме показанного на рис. 4) выявляет достаточную устойчивость при основном и особом сочетании нагрузок.

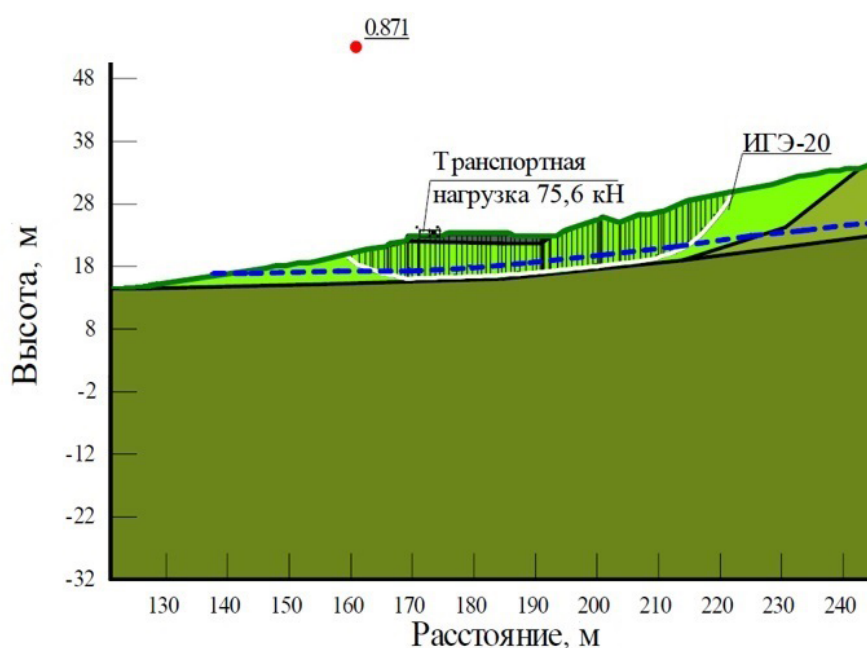


Рис. 4. Первоначальный расчет устойчивости склона методом Моргенштерна – Прайса при особом сочетании нагрузок ($K_y = 0,871$)

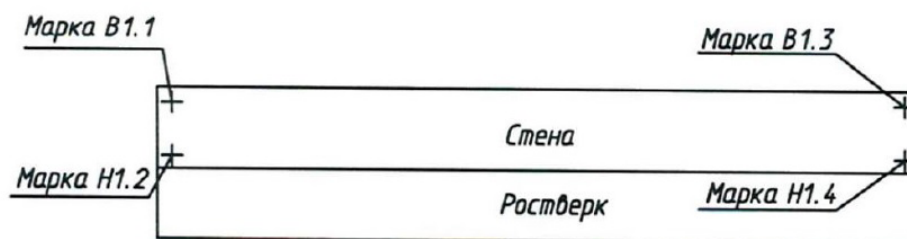
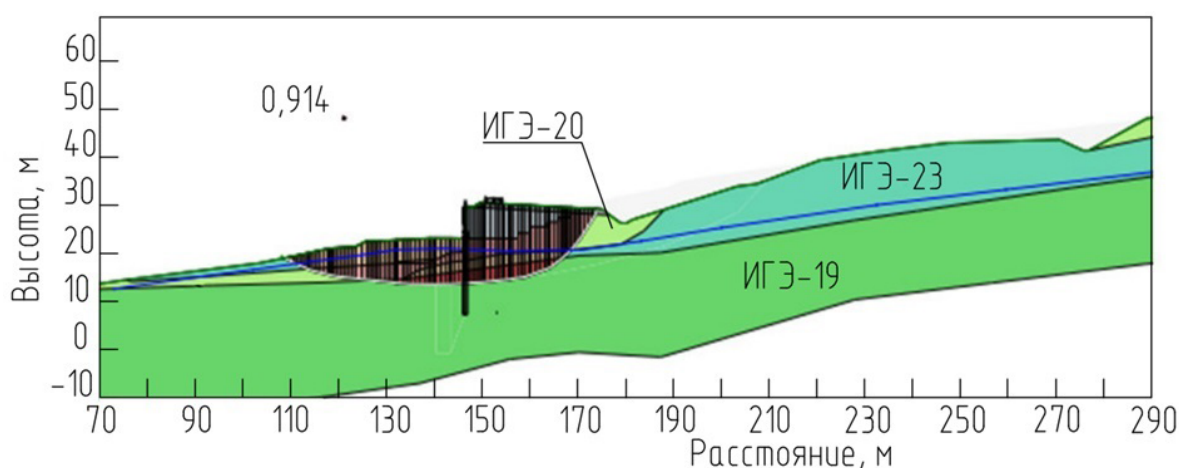


Рис. 5. Схема защитного сооружения с установленными по фасаду геодезическими марками

Рис. 6. Расчет общей устойчивости склона методом Моргенштерна – Прайса при особом сочетании нагрузок ($K_y = 0,914$)

Для обеспечения устойчивости вышеупомянутого расчетного сечения запроектировано сооружение инженерной защиты (рис. 5).

Предварительные расчеты, выполненные независимо от воздействия нефтепроявлений на физико-механические и водно-физические свойства грунтов, показали формально достаточную устойчивость склона, что противоречило фактическим данным мониторинга и наблюдаемым деформациям мелиоративной инфраструктуры (табл. 1).

Как показывают данные мониторинга, секции подпорной стены № 2–12 на ПК 35+33,95 – ПК 36+94,83 сместились неравномерно по ее длине на величину до 73 мм (верх стены) и 57 мм (низ стены). По названным секциям зафиксирован крен (верх стены переместился сильнее, чем ее низ). По секциям № 1, 13–24 смещения не зафиксировано. Повторные расчеты устойчивости с включением в модель нефтеносных прослоев и их влияния на сцепление и угол внутреннего трения грунтов (рис. 6) выявили недостаточную эффективность первоначально запроектированных защитных мероприятий.

На основании результатов дополнительных лабораторных испытаний образцов грунта с нефтяными включениями, а также скорректированных значений прочностных характеристик (сцепления, угла внутреннего трения, коэффициента фильтрации (табл. 2) была разработана конструктивная схема усиления склона.

На основании результатов дополнительных лабораторных испытаний образцов грунта с нефтяными включениями, а также скорректированных значений прочностных характеристик (сцепления, угла внутреннего трения, коэффициента фильтрации (табл. 2), была разработана конструктивная схема усиления склона.

Чтобы обеспечить устойчивость склона при строительстве дороги М-25 Новороссийск – Керчь (км 73–100), проектом предусмотрено устройство буронабивных свай, заглубленных в устойчивые грунты, не подверженных смещениям, что повысит требуемую несущую способность для защиты сельскохозяйственных угодий, мелиоративных каналов и будет способствовать предотвращению деградации антропогенного агроландшафта.

Таблица 1. Деформации подпорной стены ПК 35+39,68 – ПК 38+58,10, зафиксированные по геодезическим маркам

Номер секции	Номер стены в осях БНС*	Перемещение секции (расположение марки – слева вверх), мм	Перемещение секции (расположение марки – слева вниз), мм	Перемещение секции (расположение марки – справа вверх), мм	Перемещение секции (расположение марки – справа вниз), мм
1	1–5	–15	–12	–3	–5
2	6–12	–4	–6	7	13
3	13–18	9	7	14	13
4	19–24	18	14	24	23
5	25–30	28	25	28	21
6	31–36	20	23	22	24
7	37–42	24	19	29	30
8	43–48	35	33	42	34
9	49–54	39	34	55	39
10	55–60	73	57	67	51
11	61–66	49	39	36	17
12	67–72	10	9	9	9
13	73–78	2	–2	0	0
14	79–84	3	–3	8	уничтожена
1	85–90	11		13	
2	91–95	–5		2	
3	96–100	–2		5	
4	101–106	–3		2	
5	107–112	–3		2	
6	113–118	–2		–1	
7	119–124	1		2	
8	125–130	–2		1	
9	131–136	2		5	
10	137–140	–4		–2	

П р и м е ч а н и я: 1*. БНС – буронабивные сваи. 2. Секции 1–14 имеют стеновую часть, марки на которой установлены попарно в верхней и нижней ее частях. Секции 15–24 имеют только ростверк без стеновой части.

Таблица 2. Изменение основных прочностных характеристик после уточнения ИГЭ*-19, -20, -23

№	Наименование	Первоначальное значение	Уточненное значение
<i>ИГЭ-19. Глина темно-серая твердая, с включением песчаника, набухающая</i>			
1	Сцепление	43 кПа	43 кПа
2	Угол внутреннего трения	17°	17°
<i>ИГЭ-20. Глина синевато-коричневая легкая пылеватая тугопластичная</i>			
1	Сцепление	47 кПа	47 кПа
2	Угол внутреннего трения	17°	17°
<i>ИГЭ-23. Глина серо-коричневая полутвердая легкая пылеватая, слабонабухающая</i>			
1	Сцепление	45 кПа	41 кПа
2	Угол внутреннего трения	20°	16°

П р и м е ч а н и е. ИГЭ – инженерно-геологический элемент.

Выводы

В ходе строительства противооползневых сооружений в Анапском р-не Краснодарского края и в результате проведения мониторинга геодезическими методами зафиксированы незапланированные деформации возведенных конструкций. Секции подпорной стены № 2–12 сместились неравномерно по ее длине до 73 мм (верх стены) и 57 мм (низ стены). По данным секциям наблюдается крен: верх стены сместился сильнее, чем ее низ. По секциям № 1, 13–24 смещения не зафиксировано.

Проведение дополнительных инженерно-мелиоративных изысканий выявило:

- наличие нефтяных включений в грунтовом массиве, что существенно ухудшило его физико-механические свойства и, что особенно

важно для агроландшафтов, водно-физические свойства;

- для ИГЭ-23 – увеличение угла внутреннего трения с 16° до 20° , уменьшение сцепления с 45 кПа до 41 кПа.

На основе скорректированных расчетных характеристик грунта (сцепления, угла внутреннего трения) разработана и реализована конструктивная схема усиления склона с применением буронабивных свай, заглубленных в устойчивые коренные породы. Данное инженерное решение обеспечило не только стабилизацию оползневого склона, но и эффективную защиту значительного участка ценных сельскохозяйственных земель, сохранив их продуктивность и предотвратив деградацию агроландшафта.

Список использованных источников

1. Гарманова, Е. А. Анализ использования земельных угодий в Краснодарском крае / Е. А. Гарманова, Н. С. Айвазян // Вестник науки. – 2025. – Т. 1, № 5. – С. 60–82.
2. Седусова, Ю. А. Определение устойчивости откоса грунтового массива с помощью программного комплекса «GeoStudio» / Ю. А. Седусова, В. И. Клевеко // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2019. – Т. 2. – С. 53–58.
3. Kozhogulov, K. Ch. Prediction of slope stability based on numerical modeling of stress-strain state of rocks / K. Ch. Kozhogulov, V. I. Nifadyev, S. F. Usmanov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Novosibirsk, 02–06 Oct. 2017. – Novosibirsk : Institute of Physics Publishing, 2018. – Vol. 134. <https://doi.org/012032.10.1088/1755-1315/134/1/012032>
4. Маций, С. И. Гидрологическая классификация оползней Краснодарского края / С. И. Маций, А. Базиз // Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов : сб. тез. по материалам V Междунар. конф., Краснодар, 15–16 июля 2020 г. – Краснодар : ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», 2020. – С. 14.
5. Караулов, А. М. Анализ устойчивости оползневого склона в г. Сочи / А. М. Караулов, А. Н. Донец, Ю. Н. Савельев // Вестник Сибирского гос. ун-та путей сообщения. – 2022. – № 2. – С. 116–122. https://doi.org/10.52170/1815-9265_2022_61_116
6. Борисов, А. В. Инженерные методы расчета устойчивости откосов и склонов / А. В. Борисов // Вестник Коломенского ин-та (филиала) Московского политехн. ун-та. Серия: Естественные и технические науки. – 2018. – № 11. – С. 143–152.
7. Деревенец, Ф. Н. Оценка устойчивости склонов и оползневых давлений / Ф. Н. Деревенец, С. И. Маций // М-во с. х. Рос. Федерации, Кубанский гос. аграр. ун-т. – Краснодар : Кубанский гос. аграр. ун-т, 2011. – 140 с.
8. Волик, Д. В. Оценка пространственной устойчивости склонов / Д. В. Волик, С. И. Маций // Вестник Волгоградского гос. архитектурно-строительного ун-та. Серия: Строительство и архитектура. – 2008. – № 10. – С. 47–53.
9. Калинин, Э. В. Методы расчета устойчивости склонов и откосов: российские подходы в сопоставлении с мировыми тенденциями / Э. В. Калинин, М. П. Кропоткин // Инженерная геология. – 2022. – Т. 17, № 4. – С. 22–38. <https://doi.org/10.25296/1993-5056-2022-17-4-22-38>

10. Bishop, A. W. The use of slip circle in the stability analysis of slopes / A. W. Bishop // *Géotechnique*. – 1955. – Vol. 5, № 1. – P. 7–17.
11. Шишко, С. А. Анализ методов расчета устойчивости склонов / С. А. Шишко // *Строительство-2014: современные проблемы промышленного и гражданского строительства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 18–19 дек. 2014 г.* / Ростовский гос. строит. ун-т, Ин-т промышленного и гражданского строительства. – Ростов-на-Дону : ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет», 2014. – С. 126–127.
12. Демин, А. М. Устойчивость открытых горных выработок и отвалов : монография / А. М. Демин. – М. : Недра, 1973. – 232 с.
13. Маций, С. И. Вероятностные расчеты устойчивости оползневого склона / С. И. Маций, Д. И. Кацко // *ГеоРиск*. – 2021. – Т. 15, № 3. – С. 8–22. <https://doi.org/10.25296/1997-8669-2021-15-3-8-22>
14. Симонян, В. В. Геодезический метод определения оценки оползневой опасности / В. В. Симонян, В. И. Волков // *Геоэкологические проблемы техногенного этапа истории Земли – 2022 : сб. материалов Всерос. (нац.) науч.-практ. конф., Москва, 14 окт. 2022 г.* – М. : Нац. исследоват. Московский гос. строительный ун-т, 2022. – С. 113–123.
15. Карпик, А. П. Анализ методов и средств изучения динамики перемещений оползневых склонов / А. П. Карпик, В. С. Хорошилов, А. В. Комиссаров // *Вестник Сибирского гос. ун-та геосистем и технологий*. – 2021. – № 6. – С. 17–32. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2021-26-6-17-32>

Поступила 15 декабря 2025 г.

РАНЖИРОВАНИЕ СЕЛЕОПАСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕРЫМ РЕЛЯЦИОННЫМ АНАЛИЗОМ

В. С. Мацкий, аспирант

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

Аннотация. Проведено сравнение существующих методов анализа чувствительности различных параметров при обосновании инженерных решений. Выявлены недостатки традиционных детерминистических подходов. Предложен метод серого реляционного анализа для уточнения степени селевой опасности. Проанализированы исходные данные 22 селеопасных участков (расход паводка, средний и средневзвешенный уклоны бассейна и русла, залесенность), рассчитаны нормализованные риски, проведена интегральная оценка селевой опасности. Результаты позволили уточнить проведенную ранее полуколичественную оценку риска. В статье впервые утверждается, что серый реляционный анализ универсально применим для анализа сложных систем с несколькими критериями при нестабильных или неполных данных. Он помогает ранжировать альтернативы, выявлять ключевые факторы и оптимизировать процессы при минимальных вычислительных усилиях. Метод актуален и обоснованно может применяться в вариантном проектировании мероприятий по защите территорий от оползней и селей, в оценке риска проявления опасных процессов.

Ключевые слова: сель, селеопасность территории, селевой риск, серый реляционный анализ, ранжирование селевых участков, охрана земель, Республика Крым.

V. S. Matsiy.

RANKING OF MUDFLOW HAZARDOUS AREAS BY GRAY RELATIONAL ANALYSIS

Abstract. A comparison of existing methods of analysis of sensitivity of different parameters in the justification of engineering decisions has been carried out. The shortcomings of traditional deterministic approaches were identified. A method of gray relational analysis to clarify the degree of feral danger was proposed. On the basis of the initial data, 22 sensitive sites (flood flow, medium and medium-weighted slope of the basin and the river bed, vegetation) were calculated with normalized risks, an integrated risk assessment was carried out. The results allowed to refine the previous semi-quantitative risk assessment. The article is the first to state that that gray relational analysis is universally applicable for analyzing complex systems with multiple criteria in unstable or incomplete data. It helps to rank alternatives, identify key factors and optimize processes with minimal computational effort. The method is up to date and can be applied in the variant design of activities for protection against landslides and mudslides, in the assessment of risk of occurrence of dangerous processes.

Keywords: debris flow, mudflow danger of locality, mudflow risk, gray relational analysis, grading mudflow districts, protection of lands, the Republic of Crimea.

Введение

Сели наносят масштабный экономический ущерб, вредят сельскому хозяйству и угрожают местному населению, уничтожая обширные земли, объекты транспортной системы и прилегающие коммуникации [1–6]. В связи с этим критически важной задачей становится диагностика эрозионной устойчивости склонов для точной оценки рисков и определения приоритетных участков по уровню селевой угрозы [7, 8].

В рамках инженерных изысканий на территории Республики Крым, вблизи села Грушевка [9] была проведена такая оценка. Ее целью стало проектирование защитных сооружений

и организация мониторинга объектов защиты [10]. Анализ показал, что для возникновения селей в этой местности необходимо сочетание четырех ключевых факторов: метеорологических, геоморфологических, геологических и связанных с растительным покровом. В ходе работ было идентифицировано 3 селевых бассейна, внутри которых выделено еще 14 водотоков. В качестве защитных мер нами рекомендуется комплексный подход, а именно:

1) *инженерные решения:* строительство противоселевых барьеров на разных высотах для задержки крупных обломков [11];

2) *природообустройство*: проведение агролесомелиорации (для улучшения состояния почв и водного режима) и фитомелиорации (для сохранения естественного растительного покрова), включая высадку леса на крутых склонах и запрет на вырубку (это позволяет корневым системам укреплять грунт и снижать объем твердого материала в селевом потоке).

На примере данного комплекса четко прослеживается связь между эрозией и чрезвычайными ситуациями: в руслах селевых потоков было зафиксировано скопление рыхлого материала, что указывает на активность оползней, обвалов и осыпей. Зоны зарождения этих опасных процессов во время обследования были картографированы.

Для прогнозирования и предотвращения разрушений предложен ряд превентивных мер:

- внедрение системы геотехнического мониторинга, включающей геологические исследования;
- строительство и регулярное обслуживание (очистка, ремонт) дренажных и водоотводящих систем;
- плановое техническое обслуживание и своевременная реконструкция защитных сооружений;
- укрепление незалесенных склонов с помощью противоэрозионных покрытий (геоматы) [12], анкерных полей или иных инженерных методов.

Изыскания проводились также на территории Крыма.

Пик обильных осадков в этом регионе наблюдается в летний период (с конца мая по сентябрь), и он связан с прохождением атмосферных фронтов [13, 14]. Вследствие таких метеорологических условий и формируются

дождевые сели. Риск их схода многократно возрастает на участках, где склоны не имеют противоэрозионной защиты. Именно высокая селевая активность характерна для района планируемого строительства и реконструкции автодороги Льговское – Грушевка – Судак.

Для оценки рисков и разработки защитных мер был выполнен комплексный анализ [9], который включал:

- 1) выявление очагов и причин: определение территорий с наиболее активными селевыми процессами, анализ факторов (отсутствие растительного покрова на склонах, интенсивные продолжительные ливни);
- 2) оценка последствий: изучение ущерба, наносимого сельскохозяйственным угодьям, объектам инфраструктуры и коммуникациям, включая нарушение работы смежных сетей;
- 3) разработка мероприятий [2]: формирование на основе полученных данных плана первоочередных действий и пакета рекомендаций по защите наиболее уязвимых участков.

С целью систематизации данных и удобства планирования все селевые бассейны на участке автомобильной дороги Льговское – Грушевка – Судак, вблизи с. Грушевка, были категоризированы на три группы по критерию максимальной высоты. Проанализирован селевой риск в границах территории исследования. Полуколичественная оценка селевого риска [11, 15] позволила ранжировать опасные участки по трем категориям, и для каждой из них рекомендованы свои мероприятия в зависимости от уровня селевой опасности. На отдельных участках выявлена необходимость незамедлительного проведения агролесомелиоративных мероприятий по борьбе с ветровой и водной эрозией, а также устройства противоселевых сооружений.

Материалы и методы исследования

Проектирование линейных объектов часто связано с созданием глубоких выемок в грунте. Ключевой задачей при этом является поиск баланса при назначении углов откосов: чрезмерно крутые склоны теряют устойчивость, а излишне пологие выводят из оборота значительные земельные ресурсы. На стабильность откосов влияет множество факторов с разной степенью воздействия, и для оценки этого влияния эффективно применяется анализ

чувствительности. Этот инструмент позволяет проектировщикам обоснованно выбирать экономически целесообразные и технически безопасные решения [16].

Современные методы анализа чувствительности включают:

- искусственные нейронные сети;
- серый реляционный анализ;
- методы ортогонального и равномерного планирования;

- нечеткую комплексную оценку;
- аналитический иерархический процесс;
- методы анализа надежности.

Теория серых систем, разработанная J. L. Deng, фокусируется на решениях в условиях неполной информации [17]. Автор использует следующую терминологию:

белая информация – полная и достоверная;

серая информация – известная частично;

черная информация – полностью отсутствующая.

Метод GRA (*Grey Relational Analysis*, или анализ серых отношений) – один из ключевых методов многокритериальной оптимизации для работы с неполной, неопределенной или неточной информацией; особенно эффективен при наличии сложных взаимосвязей между параметрами, ограниченных объемах исходных данных, необходимости выявления ключевых факторов влияния.

Традиционные детерминистические расчеты устойчивости («белый ящик») опираются на нормативные характеристики грунтов. Однако реальные грунтовые массивы характеризуются существенной пространственной неоднородностью, изменчивостью во времени под влиянием климатических и техногенных факторов, разнообразием методов определения прочностных характеристик. Эти особенности превращают оценку устойчивости в «серую» систему, где часть информации известна, а часть – нет. GRA не ищет идеального решения, но позволяет найти технически приемлемый и экономически обоснованный вариант в условиях неопределенности.

Основные направления применения GRA в геотехнике:

- анализ влияния различных факторов на поведение грунтов;
- ранжирование рисков и оптимизация проектных решений;
- обработка данных мониторинга и прогнозирование поведения конструкций.

Эталонная последовательность X составляется из параметров, влияющих на устойчивость откоса в условиях выемки или насыпи (например, удельный вес, сцепление, угол внутреннего трения, высота откоса и т. д.). Сравниваемая последовательность Y формируется из соответствующих коэффициентов

устойчивости откоса F_{st} , полученных при изменении каждого параметра.

В матричной форме это можно представить в виде:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix},$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $x_{ij} = (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ – значение j -го параметра i -го фактора;

$y_{ij} = (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$ – соответствующий коэффициент устойчивости.

Так как физический смысл и размерность каждого фактора различны, необходимо привести их к единому безразмерному виду. При этом некоторые факторы положительно коррелируют с коэффициентом устойчивости, а некоторые – отрицательно.

Очевидно, что положительные и отрицательные воздействующие факторы оказывают противоположное влияние на устойчивость откосов. Традиционный метод анализа серых систем игнорирует влияние этой противоположной тенденции и рассматривает все воздействующие факторы в соответствии с положительными факторами корреляции. Поэтому необходимо использовать два разных метода расчета для выполнения безразмерной обработки параметров положительной корреляции и отрицательной корреляции соответственно.

Для положительной и отрицательной корреляции x_{ij} :

$$\left. \begin{aligned} x'_{ij} &= \frac{x_{ij} - \min x_i}{\max x_i - \min x_i} \\ y'_{ij} &= \frac{y_{ij} - \min y_i}{\max y_i - \min y_i} \end{aligned} \right\};$$

$$\left. \begin{aligned} x'_{ij} &= \frac{\max x_i - x_{ij}}{\max x_i - \min x_i} \\ y'_{ij} &= \frac{\max y_i - y_{ij}}{\max y_i - \min y_i} \end{aligned} \right\}, \quad (2).$$

где x_{ij} – значение j -го параметра i -го фактора влияния;

y_{ij} – соответствующий коэффициент устойчивости склона.

В результате получаем безразмерные матрицы эталонной последовательности X' и сравниваемой последовательности Y' . Эти матрицы – основа для всего последующего расчета коэффициентов реляционной близости и, в конечном итоге, для принятия инженерного решения.

Расчет весов критериев методом энтропии начинается с нормирования исходной матрицы (расчет вероятностей p_{ij}):

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}. \quad (3)$$

Расчет энтропии для каждого критерия производится по формуле

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m (p_{ij} \cdot \ln p_{ij}), \quad (4)$$

$$\text{где } k = \frac{1}{\ln m}. \quad (5)$$

Расчет степени отклонения энтропии d_j :

$$d_j = 1 - e_j. \quad (6)$$

Весовые коэффициенты ω_j рассчитываются по формуле

$$\omega_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}. \quad (7)$$

Нормирование матрицы R производится по формулам

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_j}; \quad y'_{ij} = \frac{\min x_j}{x_{ij}}. \quad (8)$$

Затем необходимо рассчитать матрицу коэффициентов взаимосвязей. Коэффициенты взаимосвязи между элементами эталонной и сравниваемой последовательностей определяются по формуле

$$\xi_{ij} = \frac{\min_i \min_j |x'_{ij} - y'_{ij}| + \lambda \cdot \max_i \max_j |x'_{ij} - y'_{ij}|}{|x'_{ij} - y'_{ij}| + \lambda \cdot \max_i \max_j |x'_{ij} - y'_{ij}|}. \quad (9)$$

Из уравнения (9) видно, что λ является весовым коэффициентом, а его размер отражает системную целостность серой степени связи. Иногда λ называют различительным коэффициентом, показывающим соотношение значений минимальных и максимальных оценок. Этот эффект влияет на размер интервала распределения степени связи, что, в свою очередь, обуславливает результаты корреляционного анализа. Обычно в сером реляционном анализе λ принимается равным 0,5.

Итоговый рейтинг рассчитывается при помощи интегральных показателей:

$$\gamma_i = \sum_{j=1}^n (\omega_j \times \xi_{ij}). \quad (10)$$

Результаты исследования и их обсуждение

Серый реляционный анализ – это метод теории серых систем, который позволяет оценивать степень влияния различных факторов на исследуемый процесс, даже при наличии неполных или неточных данных. Его можно применять для оценки устойчивости склонов, особенно когда данных недостаточно. При этом важен выбор ключевых факторов. Так, для селеопасных территорий таковыми могут быть [18]:

- геометрические параметры (высота, угол наклона, форма склона);
- грунтовые характеристики (удельный вес, пористость, угол внутреннего трения, сцепление);
- гидрогеологические условия (уровень грунтовых вод, инфильтрация);

- нагрузки (сейсмичность, техногенные воздействия);

- растительный покров и эрозионные процессы.

Рассчитываемый интегральный показатель устойчивости показывает, что чем он выше, тем ближе склон к идеальному (устойчивому) состоянию. Соответственно, можно проводить ранжирование и классифицировать участки, считая, что территории с высоким реляционным коэффициентом более устойчивы. Можно также выявить наиболее критичные факторы (с низкими показателем), требующие укрепления.

Преимущества метода GRA заключаются в том, что он работает с малыми выборками и неполными данными; учитывает качественные и количественные показатели; позволяет

сравнивать разные склоны по степени устойчивости. GRA позволяет системно оценить селевую опасность территории даже при ограниченных данных, а также выявить ключевые факторы риска, что полезно для предварительного анализа и принятия решений о мерах укрепления. Если исходные факторы имеют разную значимость, можно использовать такие методы, как АНР (*Analytic Hierarchy Process*, или обработка аналитических иерархий) или энтропийный подход для определения весов.

Из данных, полученных на селевых участках в Судакском р-не Республики Крым [9], берем только те показатели, которые отражают опасность селей (табл. 1):

1) прямые (чем больше – тем опаснее): расход дождевого паводка, м³/с; средний уклон бассейна, ‰; средний уклон селевого русла, ‰; средневзвешенный уклон русла, ‰;

2) обратные (чем меньше – тем опаснее): в частности, залесенность (в %) – чем больше леса, тем безопаснее.

Параметры переведены в факторы риска, чтобы сравнить между собой: прямые критерии оставлены как есть; что касается обратных, то их значения заменены на максимум по столбцу. Таким образом, чем больше число, тем участок опаснее по этому критерию. Для нормализации значений приводим все показатели к диапазону 0–1 с помощью уравнений (2). Результаты представлены в табл. 2.

В табл. 2 ноль (0) означает наименьший риск по критерию среди всех участков, а 1 – наибольший. Далее создаем эталонный («идеальный опасный») профиль. Для сравнения задаем опорную последовательность: в ней все значения по критериям равны 1. Это гипотетический участок, который среди наблюдаемых максимально опасен по каждому показателю. Вычисление коэффициентов серой корреляции производим по формулам (3)–(9). Рассчитанные коэффициенты серой корреляции приведены в табл. 3.

Таблица 1. Факторы риска селевых участков

№ участка	Расход паводка, м ³ /с	Средний уклон бассейна, ‰	Средневзвешенный уклон русла, ‰	Средний уклон русла, ‰	Залесенность, %
1	0,047	472	330	293	97
2	0,046	447	476	451	97
3	0,03	464	516	398	97
4	0,006	622	489	432	97
5	0,007	505	395	383	97
6	0,074	529	394	373	97
7	0,169	478	421	393	97
8	0,064	587	612	509	97
9	0,078	519	585	576	63
10	0,203	571	460	398	67
11	0,051	628	307	276	74
12	0,026	619	446	406	58
13	0,088	394	279	269	0
14	0,015	491	408	398	31
15	1,280	509	235	204	26
16	0,245	631	307	283	29
17	0,047	786	431	414	50
18	0,025	782	406	398	31
19	0,032	852	401	388	57
20	0,025	1174	436	448	54
21	0,014	616	341	336	31
22	0,847	478	224	200	33

Таблица 2. Нормализованные риски селевых участков

№ участка	Расход паводка м³/с	Средний уклон бассейна, ‰	Средневзвешенный уклон русла, ‰	Средний уклон русла, ‰	Залесенность, %
1	0,032	0,100	0,273	0,247	1,000
2	0,031	0,068	0,649	0,668	1,000
3	0,019	0,090	0,753	0,527	1,000
4	0,000	0,292	0,683	0,617	1,000
5	0,001	0,142	0,441	0,487	1,000
6	0,053	0,173	0,438	0,460	1,000
7	0,128	0,108	0,508	0,513	1,000
8	0,046	0,247	1,000	0,822	1,000
9	0,057	0,160	0,930	1,000	0,649
10	0,155	0,227	0,608	0,527	0,691
11	0,035	0,300	0,214	0,202	0,763
12	0,016	0,288	0,572	0,548	0,598
13	0,064	0,000	0,142	0,184	0,000
14	0,007	0,124	0,474	0,527	0,320
15	1,000	0,147	0,028	0,011	0,268
16	0,188	0,304	0,214	0,221	0,299
17	0,032	0,503	0,534	0,569	0,515
18	0,015	0,497	0,469	0,527	0,320
19	0,020	0,587	0,456	0,500	0,588
20	0,015	1,000	0,546	0,660	0,557
21	0,006	0,285	0,302	0,362	0,320
22	0,660	0,108	0,000	0,000	0,340

Таблица 3. Серые коэффициенты ξ для каждого фактора селеопасного участка

№ участка	Расход паводка, м³/с	Средний уклон бассейна, ‰	Средневзвешенный уклон русла, ‰	Средний уклон русла, ‰	Залесенность, %
1	0,341	0,357	0,408	0,399	1,000
2	0,340	0,349	0,588	0,601	1,000
3	0,338	0,355	0,669	0,514	1,000
4	0,333	0,414	0,612	0,566	1,000
5	0,334	0,368	0,472	0,493	1,000
6	0,346	0,377	0,471	0,481	1,000
7	0,364	0,359	0,504	0,507	1,000
8	0,344	0,399	1,000	0,737	1,000
9	0,346	0,373	0,878	1,000	0,588
10	0,372	0,393	0,561	0,514	0,618
11	0,341	0,417	0,389	0,385	0,678
12	0,337	0,413	0,539	0,525	0,554
13	0,348	0,333	0,368	0,380	0,333
14	0,335	0,363	0,487	0,514	0,424
15	1,000	0,370	0,340	0,336	0,406
16	0,381	0,418	0,389	0,391	0,416
17	0,341	0,501	0,517	0,537	0,508
18	0,337	0,499	0,485	0,514	0,424
19	0,338	0,548	0,479	0,500	0,548
20	0,337	1,000	0,524	0,595	0,530
21	0,335	0,411	0,417	0,439	0,424
22	0,595	0,359	0,333	0,333	0,431

Для проведения интегральной оценки серым реляционным анализом (GRA) рассчитываем по формуле (10) итоговый балл как среднее взвешенное коэффициентов по критериям (рисунок).

Рассмотрение результатов, полученных путем серого анализа, показало, что верхние места в рейтинге заняли участки с большими уклонами, высокими паводковыми расходами и низкой залесенностью. Нижние места – у бо-

лее пологих, хорошо залесенных бассейнов с меньшими расходами.

Однако итоговое ранжирование селеопасных участков значительно отличается от проведенного полуколичественной оценкой селевого риска и существенно уточняет ее. Это подтверждает вывод о том, что такие анализы должны проводиться различными методами для получения наиболее достоверной информации.

№	GRA grade
8	0,696
9	0,637
20	0,597
4	0,585
2	0,576
3	0,575
7	0,547
6	0,535
5	0,533
1	0,501
10	0,491
15	0,490
19	0,483
17	0,481
12	0,474
18	0,452
11	0,442
14	0,425
22	0,410
21	0,405
16	0,399
13	0,353

Рейтинг опасности селевых участков (GRA)

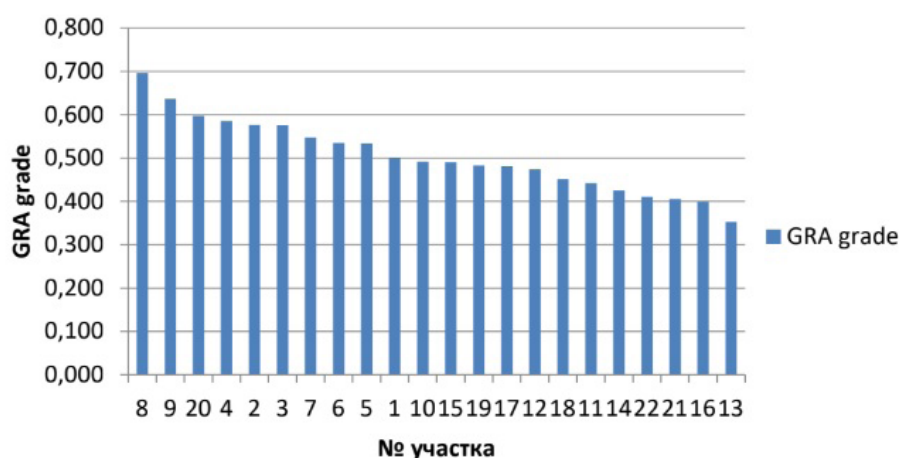


Рисунок. Итоговый рейтинг опасности (GRA) селевых участков на территории реконструкция автомобильной дороги Льговское – Грушевка – Судак

Выводы

В статье впервые показано, что серый реляционный анализ универсально применим для анализа сложных систем с несколькими критериями при нестабильных или неполных данных. Он помогает ранжировать альтернативы, выявлять ключевые факторы и оптимизировать процессы при минимальных

вычислительных усилиях. Метод актуален и обоснованно может применяться в вариантном проектировании мероприятий защиты территорий от оползней и селей, уточнении объемов инженерных изысканий и характеристик грунтов, в оценке риска проявления опасных процессов.

Список использованных источников

1. Гаевая, Э. А. Борьба с водной эрозией в севооборотах на склоновых землях / Э. А. Гаевая, А. Е. Мищенко, И. В. Сафонова // Науч. журнал Рос. НИИ проблем мелиорации. – 2012. – № 1. – С. 91–100.
2. Гетто, О. Н. Организационно-технические мероприятия по обеспечению селезащиты / О. Н. Гетто, В. А. Белов // Мелиорация и гидротехника. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 264–276. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-3-264-276>
3. Кюль, Е. В. Ландшафтная оценка селеопасности территории / Е. В. Кюль, Д. Р. Джаппуев // Известия Кабардино-Балкарского науч. центра РАН. – 2011. – № 6. – С. 90–96.

4. Маций, С. И. Инженерная защита объектов от склоновых процессов : учебник / С. И. Маций, В. С. Маций. – Краснодар : КубГАУ, 2023. – 520 с.
5. Перов, В. Ф. Селеведение : учеб. пособие / В. Ф. Перов ; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. Географ. ф-т. – М. : Географический факультет МГУ, 2012. – 271 с.
6. Шерхов, А. Х. База данных селевых явлений. Реализация поисковых запросов / А. Х. Шерхов, З. Ж. Гергокова // Природообустройство. – 2023. – № 4. – С. 86–91. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2023-4-86-91>
7. Сидаравичуте, У. Р. Результаты обследования противоселевых сооружений в предгорной части Краснодарского края / У. Р. Сидаравичуте, С. И. Маций, В. С. Маций // Мелиорация. – 2025. – № 2. – С. 38–46.
8. Маций, С. И. Противоселевая защита / С. И. Маций, Л. А. Сухляева. – Краснодар : КубГАУ, 2021. – 168 с.
9. Кузнецов, Е. В. Диагностика эрозионной устойчивости селеопасных участков на территории Республики Крым / Е. В. Кузнецов, В. С. Маций, У. Р. Сидаравичуте // Мелиорация и гидротехника. – 2023. – Т. 13, № 4. – С. 182–201. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-182-201>
10. Маций, С. И. Полуколичественная оценка селевого риска на автомобильных дорогах / С. И. Маций, Л. А. Сухляева // Вестник Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 10, № 4. – С. 105–115. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2019.4.10>
11. Сидаравичуте, У. Р. Расчет нагрузки на противоселевые сооружения / У. Р. Сидаравичуте, Д. В. Сухарев // Мелиорация и гидротехника. – 2023. – Т. 13, № 3. – С. 237–255. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-3-237-255>
12. Исследование возможности применения инженерно-экологического противоэрозионного покрытия – геомата с грунтом и посевом трав / Т. Ю. Жукова, А. В. Еремеев, Н. В. Ханов, М. И. Зборовская, А. И. Новиченко // Экономика строительства. – 2022. – № 11. – С. 95–101.
13. Динамика атмосферных осадков в ландшафтах равнинного Крыма / Р. В. Горбунов, Т. Ю. Горбунова, В. А. Табунщик, А. В. Дрыгваль, М. С. Сафонова // Успехи современного естествознания. – 2021. – № 9. – С. 31–38. <https://doi.org/10.17513/use.3768>
14. Ефимов, В. В. Характеристики экстремальных атмосферных осадков в Крыму / В. В. Ефимов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. – 2022. – № 2. – С. 6–18. <https://doi.org/10.22449/2413-5577-2022-2-6-18>.
15. Сидаравичуте, У. Р. Оценка селеопасности территории в составе инженерных изысканий / У. Р. Сидаравичуте, В. С. Маций // Вопросы управления недвижимостью, землеустройства и геодезии. – 2023. – № 2. – С. 38–44.
16. Маций, В. С. Управление качеством изысканий и проектирования сооружений инженерной защиты : монография / В. С. Маций, С. И. Маций. – Краснодар : КубГАУ, 2023. – 109 с.
17. Deng, J. L. Control problems of grey systems / J. L. Deng // Systems & Control Letters. – 1982. – Vol. 1, № 5. – P. 288–294.
18. Сидаравичуте, У. Р. Экзогенные геологические процессы / У. Р. Сидаравичуте, В. С. Маций // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2024. – № 1. – С. 199–212.

Поступила 30 декабря 2025 г.

ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ НА ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК-ВОДОПРИЕМНИКОВ

А. Н. Колобаев¹, доктор технических наук
А. И. Митрахович², кандидат технических наук
И. Ч. Казьмирук¹, кандидат технических наук

¹Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

²РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация. Проанализировано влияние мелиоративных систем на гидрологический режим рек-водоприемников, приведены наиболее существенные факторы, влияющие на речной сток. Предложен комплекс мероприятий, направленных на сохранение малых и средних рек при восстановлении и реконструкции мелиоративных систем. Особое внимание уделено экологическим аспектам мелиорации как важному компоненту планирования и реализации мелиоративных работ, что должно способствовать сохранению природного баланса, предотвращению истощения водных ресурсов.

Ключевые слова: антропогенное влияние, водный режим, водосбор, болото, гидрологические условия, мелиоративные системы, речной сток.

A. N. Kolobaev, A. I. Mitrakhovich, I. Ch. Kazmiruk.
**THE INFLUENCE OF LAND RECLAMATION TO THE
HYDROLOGICAL REGIME OF RECEIVING RIVERS**

Abstract. The influence of drainage systems to the hydrological regime of receiving rivers is analyzed, and the most significant factors influencing river runoff are presented. A set of measures aimed at preserving small and medium-sized rivers during the restoration and reconstruction of drainage systems is proposed. Particular attention is paid to the environmental aspects of land reclamation as an important component of planning and implementation of drainage works, which should contribute to maintaining the natural balance and preventing the depletion of water resources.

Keywords: anthropogenic impact, water regime, catchment area, swamp, hydrological conditions, drainage systems, river runoff.

Введение

Мелиоративные мероприятия улучшают водный режим почв и создают благоприятные условия для использования сельскохозяйственных земель в качестве посевных площадей. Они учитывают экологические аспекты, минимизируют антропогенную нагрузку и способствуют сохранению баланса природных процессов. Положительный эффект от мелиорации выражается в увеличении площадей в

сельскохозяйственном использовании за счет осушения болот, заболоченных территорий, минеральных земель тяжелого гранулометрического состава. Негативного влияния мелиорации на окружающую среду, в том числе на реки-водоприемники, можно во многих случаях избежать, если учесть необходимые природоохранные мероприятия на стадии проектирования.

Основная часть

В Беларуси по состоянию на 1 января 2025 г. осушено 3,25 млн га, в том числе 2,8 млн га сельскохозяйственных земель, из них используется под пропашные культуры — 1,5 млн га, под луговые и пастбищные угодья — 1,3 млн га. На мелиорированных землях производит-

ся 30 % сельскохозяйственной продукции, в том числе более 50 % кормов¹.

Масштабная мелиорация на территории нашей страны началась в 1960-х гг. В этот период было проведено осушение минеральных земель, болот и заболоченных территорий.

¹ Государственный комитет по имуществу Республики Беларусь. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь по состоянию на 1 января 2025 г. URL: https://gki.gov.by/ru/activity_branches-land-reestr (дата обращения 12.02.2026).

К 1971 г. в водосборе р. Припять было мелиорировано 800 тыс. га земель [1, с. 27]. Мелиоративные работы продолжались до конца 1980-х гг., превратив республику в высокопродуктивный агропромышленный комплекс.

На первых этапах масштабной мелиорации земель экологические аспекты учитывались слабо или не учитывались вовсе, но полученный в те годы опыт позволил с большей ответственностью подходить к вопросам реконструкции и восстановления мелиоративных систем в нынешнее время. В 1990-х гг. происходило старение ранее построенных мелиоративных систем, отработавших нормативный срок эксплуатации, и наблюдался постепенный выход их из строя. В связи с постепенным ухудшением состояния мелиорированных земель встал вопрос об их сохранении, и в начале 2000-х гг. Президентом был подписан Указ № 150 «О Государственной программе возрождения и развития села на 2005–2010 годы». Эту программу сменила Государственная программа сохранения и использования мелиорированных земель на 2011–2015 годы. Государство начало выделять средства на реконструкцию мелиоративных систем и восстановление плодородия ранее осушенных земель. В проектах реконструкции приоритетным стало внимание к сопутствующим экологическим проблемам, поскольку инженерная мелиорация коренным образом преобразует земли, поэтому вопросы экологии должны решаться на протяжении всего жизненного цикла мелиоративной системы: от первичного осушения, строительства, эксплуатации, реконструкции и до вывода осушенных земель из сельскохозяйственного оборота.

Земли, осушение которых не принесло положительного эффекта либо по каким-либо причинам не используемые в сельскохозяйственном производстве, должны подлежать ренатурализации с повторным заболачиванием. Такие примеры в Беларуси имеются: например, ренатурализация болота Межча на территории Национального парка «Припятский». Данное болото – типичный олиготрофный массив с грядово-мочажинным комплексом, часть крупной системы в староречье Припяти. Решение о восстановлении болота Межча было принято после его комплексного исследования, а также выявления гнездо-

вания большого подорлика, занесенного в Красную книгу Беларуси как исчезающий вид. Также на болоте зафиксированы места произрастания редкого растения — клюквы мелкоплодной. Восстановление Межча не единственный случай на территории Беларуси, но такие проекты исключительны, большинство мелиоративных систем после реконструкции продолжает функционировать в режиме осушения, поддерживая водовоздушный баланс ранее осушенных земель.

При проведении осушительных мелиораций образуется дренажный сток, который по магистральным каналам транспортируется преимущественно в реки-водоприемники, реже в ниши, овраги и балки (в данной статье не рассматриваются). Мелиоративные мероприятия влияют на гидрологический режим рек, его формирование и трансформацию. Для определения характера и степени воздействия мелиоративных мероприятий на сток рек-водоприемников следует рассматривать всю площадь речного водосбора, поскольку осадки, выпадающие на этой площади, формируют поверхностный и внутриводосборный стоки.

Отдельные участки водосбора представляют собой различные типы поверхности: сельскохозяйственные поля, луга, болота, леса, водные объекты, крутые склоны, мелиоративные системы. Так, на крутых склонах выпавшие осадки в основном образуют поверхностный склоновый сток. Осадки над вспаханной равнинной площадью формируют преимущественно внутриводосборный сток. Мелиорированные земли образуют особый тип площадей, формирующих сток: он может быть как организован на поверхности, так и преобразован в дренажный, но значительная часть и того, и другого оказывается в каналах, то есть образует поверхностный сосредоточенный сток. Иным образом развивается процесс стока для водных поверхностей и болот. Так, бессточные болота в основном накапливают воду, а затем происходит испарение и подпитывание грунтовых вод; болота со стоком, служащие началом реки, имеют процесс расходования осадков, сходный со сточным озером: вода расходуется на испарение, подпитывание грунтовых вод и речной сток, но в различных пропорциях с болотом.

Луговые и пастбищные угодья отличаются тем, что верхний слой почвы уплотнен и на лугах может образовываться интенсивный поверхностный сток, особенно во время ливней. Кроме того, травы транспирируют почвенную воду, забирая ее преимущественно из верхних слоев почвы, в то время как корни деревьев и кустарников осушают более глубокие слои.

Расположенные на водосборных площадях мелиоративные системы, наряду с лесными массивами и немелиорированными сельскохозяйственными угодьями, составляют случайный водосборный контур, определенный рельефом. Наличие мелиорированных земель в водосборе рек-водоприемников существенным образом влияет на формирование речного стока. При инфильтрации контуры площадей представляют собой источники пополнения грунтовых вод, усиливаются и фильтрационные потоки в сторону разгрузки. При этом инфильтрация на разных контурах не совпадает по времени и интенсивности и уровень грунтовых вод (УГВ) на этих контурах повышается или понижается в области действия мелиоративных систем на различную высоту. Если небольшие по площади относительно всего водосбора мелиоративные системы в водосборе средней реки чередуются с лесными массивами, неосушенными землями и другими, то разновременность инфильтрации не создает предпосылок для существенного изменения речного стока. Если в водосборе средней реки появляются крупные системы, которые преимущественно формируют грунтовый и поверхностный притоки, то они могут оказать существенное влияние на сток реки-водоприемника.

Ранее к мелиоративным системам не предъявляли повышенных требований по экологической безопасности, а улучшение водного режима и повышение плодородия почвы было подчинено одной цели – получению высоких урожаев. В водосборах малых и средних рек оказалось до 40 % осушенных земель. К наиболее существенным аспектам влияния мелиорации на окружающую среду относят гидрологические изменения. Эта проблема интересовала многих ученых [2–6]. Влияние осушения болот и заболоченных территорий сказывается на уровнях грунтовых вод, в том числе на прилегающих к осушаемому участ-

ку землям, где происходит понижение УГВ и могут снизиться уровни воды в колодцах как источниках водоснабжения [7]. Что касается влияния осушения на речной сток, то здесь мнения ученых об оценке изменений среднегодового стока рек разделились: одни считают, что речной сток увеличивается, а другие – что он уменьшается. Оценивая изменения минимальных и месячных расходов воды (именно эти гидрологические характеристики широко используются в водохозяйственной и водоохранной деятельности), исследователи доказывают, что речной сток увеличивается вследствие уменьшения испарения с верхнего слоя почвы [4]. По данным А. А. Волчека, летне-осенний речной сток воды увеличился в среднем приблизительно на 8 % [8].

По данным А. П. Русецкого, осушенные земли влияют на снижение уровней грунтовых вод на прилегающих территориях [1], что неизбежно ведет к уменьшению расхода воды в реке. В то же время ученый поддерживает мнение, что «обвалование и мелиорация пойменных земель сокращает площадь затопления и уменьшает их регулируемую емкость, что направлено на увеличение уровней в реке» [9, с. 38].

Исследования показывают, что осушительная мелиорация может приводить к уменьшению речного стока за счет снижения площади затопления пойм вследствие осушительного действия мелиоративных систем и инфильтрации воды в почву. В частности, Пружанская гидрологическая лаборатория установила уменьшение весеннего стока на 0–20 % после осушения болот на водосборах с заболоченностью до 30 %. И. В. Минаев считает, что осушение бессточных болот, которые не являются началом рек, увеличивает речной сток [5].

Наиболее уязвимыми к влиянию осушительных мелиораций оказались речные бассейны малых и средних рек. Спрямление их русел привело к значительному уменьшению объема стока в меженный период. Это можно проиллюстрировать речной сетью бассейна р. Припяти, которая в настоящее время в значительной степени преобразована: там «спрямлено и углублено около 200 рек и ручьев на участках общей длиной 4 тыс. км, из них около 100 – на всем протяжении, составля-

ющем 2 тыс. км. Общая длина открытой мелиоративной сети составляет 65 тыс. км, что превышает протяженность естественной гидрографической сети. Густота речной сети после мелиорации увеличилась в 1,5–2,0, а на отдельных водосборах – в 3,0–5,0 раз» [10, с. 40].

«Пик половодья на большинстве рек бассейна приходится на конец марта – начало апреля. На притоках Припяти сроки начала половодья несколько изменяются: на левобережных половодье наступает позже, на правобережных – раньше. Максимальные расходы паводков формируются, как правило, длительными дождями, но ливни не охватывают одновременно всю территорию водосбора даже средних рек, а тем более бассейн Припяти в целом. Высота паводков в среднем и нижнем течении реки может достигать 2,0–3,5 м над предподъемным уровнем» [10, с. 41]. Таким образом, роль мелиоративных изменений режимов речного стока может быть существенной при сочетании определенных условий.

Спрявление рек-водоприемников, проведенное в годы масштабной мелиорации земель, привело к обмелению и пересыханию некоторых русел. Поэтому при спрявлении и дноуглублении естественных водотоков рекомендуется устанавливать систему шлюзов, как это сделано на объекте Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства (ПОСМЗил) на р. Бобрик, что позволяет комплексно использовать водные ресурсы. Такая система способна относительно оптимально использовать водные ресурсы при необходимости осушения земель и при их увлажнении в засушливые периоды путем маневрирования затворами шлюзов-регуляторов. Трансформация осушительных систем в осушительно-увлажнительные при благоприятных гидрогеологических условиях будет способствовать поддержанию влажности осушенных почв в пределах, близких к оптимальным при закрытии шлюзов, и оказывать минимальное влияние на гидрологию речного бассейна. Спрявление небольших рек (например, р. Цны в пределах города Минска) представляется нерациональным, поскольку в ходе этого процесса значительно уменьшается

речной сток и в период летней межени русла рек могут даже пересыхать. Это объясняется тем, что спрявление русел малых рек ускоряет их течение.

Нашим правительством принята Государственная программа развития районов Припятского Полесья (включая использование ресурсов) на 2025–2030 годы. Она направлена на устойчивое социально-экономическое развитие региона, сохранение уникальной экосистемы Белорусского Полесья. Проектирование, строительство и эксплуатация мелиоративных систем требуют экономических затрат, в которые входят не только средства на строительство и эксплуатацию гидротехнических сооружений и устройств, но и на выполнение ограничительных экологических условий согласно Государственным нормативно-правовым актам и, в первую очередь, согласно действующим экологическим нормам и правилам¹.

Для реализации этих условий необходимы дополнительные мероприятия, направленные на уменьшение антропогенного воздействия на состояние окружающей природной среды Белорусского Полесья. Применительно к мелиорации земель такими мероприятиями могут быть:

- устройство лесозащитных полос на каналах (например, из ивы быстрорастущей – разработка ПОСМЗил) и непрерывных лесных полос на путях миграции диких животных и др.;
- исключение размещения на мелиорированных землях складов хранения ядохимикатов, удобрений и других экологически опасных объектов;
- контроль допустимых доз и сроков внесения удобрений;
- ограничение строительства животноводческих комплексов на мелиорированных землях;
- регулирование сброса загрязненных рыбным кормом вод из наливных рыбохозяйственных прудов;
- другие мероприятия в зависимости от местных условий и интенсивности хозяйственной деятельности на водосборе.

¹ ЭкоНП 17.06.01-006-2023 «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Нормативы качества воды поверхностных водных объектов» (в ред. Постановления М-ва природы и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 21.01.2026 № 1-Т).

Предлагается комплекс мероприятий, направленный на сохранение малых и средних рек:

- обеспечение научно обоснованного, сбалансированного, рационального использования водных ресурсов малых рек и их водосборных бассейнов;
- использование природных ресурсов малых рек на основе сочетания и повышения эффективности правовых, экономических и административных методов управления водопользованием;
- обеспечение экологической безопасности при реконструкции мелиоративных систем в бассейнах малых и средних рек.

Результатом реализации комплекса мероприятий по восстановлению малых рек будет:

- сохранение открытых русел малых рек и прекращение практики их спрямления;
- обеспечение нормативного качества воды путем комплекса научно обоснованных инженерных и инженерно-биологических мероприятий на малых реках;
- реализация бассейнового подхода к разработке схем охраны и рационального использования малых рек и прилегающих мелиорированных территорий;
- охрана и восстановление природных сообществ и биологических ресурсов водных и околосредовых экосистем путем устройства на мелиоративных объектах экологических ниш;
- строительство прудов-отстойников для очистки дренажного и поверхностного стока с площадей, на которые вносятся удобрения,

Заключение

Экологические аспекты мелиорации – важный компонент планирования и выполнения мелиоративных работ. Сохранение природного баланса и предотвращение деградации природных ресурсов требует взаимной интеграции лучших достижений в области гидротехнического строительства и обеспечения устойчивого состояния окружающей среды, биологических и экологических

Благодарность. Подготовка материалов для публикации выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (договор № T25MC-014).

средства защиты растений и другие загрязняющие компоненты;

- запрет сброса загрязненных сточных вод с животноводческих ферм в водные объекты;
- восстановление долин малых рек с учетом сохранности памятников природы как мест обитания исчезающих видов флоры и фауны.

Для повышения уровней воды в реках водоприемниках могут быть применены следующие мероприятия:

- проектирование и возведение мини-плотин для подъема уровня воды;
- улучшение состояния водосборных бассейнов средних рек путем преобразования осушительных мелиоративных систем в осушительно-увлажнительные с устройством на реках-водоприемниках системы шлюзов;
- регулярная очистка водоемов от излишней растительности и избыточного заиления.

Состав дополнительных мероприятий должен устанавливаться на стадии предпроектных работ в результате соответствующего технико-экономического анализа. Критерием экономической эффективности этих мероприятий должен быть минимум дисконтированных, приведенных к одному и тому же моменту времени, затрат при обязательном соблюдении ограничительных условий согласно утвержденным экологическим нормам и правилам¹.

Все это свидетельствует о необходимости безусловного учета экологических требований на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации мелиоративных систем.

подходов. Гармоничное сочетание этих факторов – залог эффективного развития сельскохозяйственных и природных ландшафтов, что способствует сохранению малых и средних рек. Экологическая безопасность при мелиорации не менее важна, чем ее техническая эффективность, и требует постоянного совершенствования методов и технологий.

Acknowledgements. Preparation of materials for publication was supported by The Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research (Agreement No T25MS-014).

¹ ЭкоНП 17.06.01-006-2023 «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Нормативы качества воды поверхностных водных объектов» (в ред. Постановления М-ва природы и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 21.01.2026 № 1-Т).

Список использованных источников

1. Русецкий, А. П. Влияние мелиорации на гидрологические характеристики р. Припяти / А. П. Русецкий // Мелиорация. – 2010. – № 2. – С. 27–35.
2. Лихацевич, А. П. Состояние и перспективы сельскохозяйственного использования торфяных почв / А. П. Лихацевич, А. С. Мееровский, В. И. Белковский // Природные ресурсы. – 1997. – № 2. – С. 31–40.
3. Торфяные месторождения Республики Беларусь, пригодные для комплексного освоения на ближайшую и отдаленную перспективу / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования ; сост.: Л. С. Лис и др. ; науч. ред. И. И. Лиштва. – Мн. : Бел. навука, 2013. – 113 с.
4. Логинов, В. Ф. Водный баланс речных водосборов / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек. – Мн. : Тонпик, 2006. – 160 с.
5. Минаев, И. В. Экология водохозяйственного строительства / И. В. Минаев. – Мн.: УП «Технопринт», 2001. – 123 с.
6. Колобаев, А. Н. Рациональное использование и охрана водных ресурсов / А. Н. Колобаев. – Мн. : БНТУ, 2005. – 171 с.
7. Авраменко, Н. М. Трансформация осушенных торфяных почв Полесья / Н. М. Авраменко // Мелиорация. – 2017. – № 4. – С. 12–15.
8. Логинов, В. Ф. Современные изменения водных ресурсов Республики Беларусь / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, С. И. Парфомук // География и природные ресурсы. – 2008. – № 4. – С. 149–154.
9. Мееровский, А. С. Проблемы и пути интенсификации лугового кормопроизводства в Беларуси / А. С. Мееровский // Повышение эффективности мелиорации сельскохозяйственных земель : докл. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Ин-та мелиорации и луговодства НАН Беларуси и 95-летию со дня рожд. акад. С. Г. Скоропанова, Минск, 20–22 сент. 2005 г. / НАН Беларуси, РУП «Ин-т мелиорации и луговодства НАН Беларуси». – Мн., 2005. – С. 272–274.
10. Современное состояние и использование ресурсов поверхностных вод Припятского Полесья / О. В. Кадацкая, Е. В. Санец, Е. П. Овчарова, А. М. Пеньковская, Е. Е. Петлицкий // Природопользование. – 2011. – № 19. – С. 37–47.

Поступила 6 марта 2026 г.

• НАШИ ЮБИЛЯРЫ •



ГЕРАСИМ АЛЕКСАНДРОВИЧ ПИСЕЦКИЙ (к 85-летию)

Герасим Александрович Писецкий родился 12 января 1941 г. в д. Лядно Слуцкого р-на Минской обл. в семье колхозника. В 1957 г. окончил Ляднянскую среднюю школу и пошел работать в колхоз, в 1959 г. стал помощником машиниста экскаватора Слуцкой машино-мелиоративной станции.

С 1959 г. по 1961 г. учился в Горно-промышленном училище № 10 г. Первомайска Луганской обл., по окончании учебы работал проходчиком шахты и машинистом угольного комбайна шахты «Горская». С 1962 г. по 1965 г. служил в Советской Армии. Затем поступил на математический факультет Белорусского государственного университета, где получил специальность математика.

После окончания вуза стал работать в Институте мелиорации: инженером, старшим инженером, младшим и старшим научным сотрудником лаборатории математического моделирования, ведущим научным сотрудником лаборатории мониторинга природных комплексов.

В 1980 г. стал кандидатом технических наук, защитив кандидатскую диссертацию на тему «Расчеты неустановившейся фильтрации воды под влиянием водопроводящей и регулирующей сети».

Автор более 40 научных публикаций в области математического моделирования, мониторинга природных систем.

Коллектив института поздравляет Герасима Александровича с юбилеем и желает ему крепкого здоровья и благополучия.



ЭДУАРД ИВАНОВИЧ МИХНЕВИЧ (к 85-летию)

Эдуард Иванович Михневич – известный ученый в области водного хозяйства, гидрологии, русловых процессов и водоснабжения.

Родился 21 января 1941 г. в д. Черкесы Ивьевского р-на Гродненской обл. В 1962 г. окончил гидротехнический факультет Белорусского политехнического института и получил специальность инженера-гидротехника. С 1962 г. по 1976 г. работал в БелНИИ мелиорации и водного хозяйства младшим, затем старшим научным сотрудником, в 1976–1992 гг. – заведующим лабораторией русловых процессов и регулирования водоприемников и заведующим отделом гидротехники.

В 1967 г. Эдуард Иванович защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, а в 1990 г. – диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук. Профессор (1993), академик Международной инженерной академии (1995).

В 1970–1971 гг. прошел научную стажировку в Университете Гренобля (Франция). С 1993 г. – профессор кафедры «Водоснабжение и водоотведение» Белорусского национального технического университета, с 1994 г. по 2011 г. – заведующий кафедрой, с 2011 г. по 2024 г. – профессор кафедры, в 2000–2003 гг. – профессор надзвычайный (profesor nadzwyczajny – по совместительству) в Белостокском политехническом университете (Польша).

Помимо преподавательской работы, Эдуард Иванович активно вел научные исследования. Под его научным руководством выполнен отдельный научно-технический проект «Разработать комплексную программу инженерно-экологической и медико-биологической реабилитации Нарочанского курортно-рекреационного региона» (1998–2000 гг.), по которому головной организацией был БНТУ, а соисполнителями – 7 научных и учебных организаций (БГУ, РУП «Институт мелиорации», Институт природопользования НАН Беларуси, ЦНИИКИВР и др.); в 2001–2020 гг. – научный руководитель ряда заданий государственных программ научных исследований, а также двух международных проектов (проект по разработке концептуальных подходов к управлению и улучшению качества вод в Днепре на территории Республики Беларусь (2000–2002 гг.) и проект PRESTO по сокращению эвтрофикации Балтийского моря (2011–2014 гг.).

В результате исследований, проводимых на протяжении ряда лет в БелНИИМВХ и БНТУ, Э. И. Михневич внес существенный вклад в теорию русловой гидравлики. Им разработаны: более совершенные методы расчета устойчивости регулируемых русел рек и проводящих каналов к размыву и откосов к действию фильтрационных сил; новые формулы для определения допускаемых скоростей течения воды, учитывающие основные физические и физико-механические свойства грунтов для различных стадий движения наносов, и для определения транспортирующей способности потока и незаиляющей скорости; аналитическая методика расчета пропускной способности каналов, которая позволяет непосредственно по формулам определять размеры поперечного сечения русла и тем

самым избежать трудоемкого процесса расчета каналов путем использования графо-аналитического способа; новые способы и конструкции креплений каналов.

Автор более 200 работ, опубликованных в отечественных и зарубежных изданиях, в том числе 5 монографий, 15 научно-технических пособий, рекомендаций, методических указаний по вопросам регулирования, восстановления и расчета пропускной способности и устойчивости русел рек и каналов, конструкций и способов их креплений, а также 7 учебных пособий по гидрологии, регулированию стока и водоснабжению.

Э. И. Михневич руководил подготовкой докторантов, аспирантов и магистрантов. Он подготовил 6 докторов технических наук, 3 кандидатов и 30 магистров, выступал официальным оппонентом по 28 докторским и кандидатским диссертациям.

Эдуард Иванович деятельно участвовал в работе многих общественных научных организаций: в 1990–2009 гг. – председатель Белорусской ассоциации гидроэкологов, в 1996–2012 гг. – заместитель председателя Президиума Белорусской инженерной академии, с 1997 г. по 2023 г. – член совета по защите диссертаций в БНТУ (в 1997–2000 гг. – председатель совета) и несколько лет – в РУП «Институт мелиорации». На протяжении многих лет был членом экспертных советов ГКНТ, редколлегий научно-технических журналов «Наука и техника», «Мелиорация», «Природопользование», «Вестник БрГТУ», членом Межвузовского научно-координационного совета при МГУ имени М. В. Ломоносова. Он принимал активное участие во многих международных конференциях и форумах.

Награжден Знаком «Отличник Минводхоза СССР» (1988), Знаком «Отличник Министерства образования Республики Беларусь» (2011), золотой медалью Международной инженерной академии «За заслуги в развитии науки и техники» (1997), Почетными грамотами Министерства жилищно-коммунального хозяйства (2001, 2005, 2011), Почетными грамотами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды (2005, 2011), Почетной грамотой Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь (2018), Почетными грамотами БНТУ (2011, 2016, 2021), Почетной грамотой ГКНТ. Стипендиат Президента Республики Беларусь по итогам конкурса среди деятелей науки (2002). Биография Э. И. Михневича опубликована в 10-м томе «Белорусской энциклопедии».

Эдуард Иванович Михневич во все годы своей трудовой деятельности проявлял себя как талантливый ученый, требовательный, принципиальный руководитель, высокопрофессиональный педагог, чуткий и отзывчивый товарищ, честный и порядочный человек. Сейчас Эдуард Иванович находится на заслуженном отдыхе.

Мы от всей души поздравляем нашего уважаемого коллегу с юбилеем, благодарим за большой вклад в отечественную и зарубежную науку, желаем оставаться примером для подрастающего поколения ученых. Пусть Ваши идеи, Эдуард Иванович, живут и развиваются! Желаем крепкого здоровья, неиссякаемого жизнелюбия, неичерпаемой бодрости духа.



ВИКТОР НИКОЛАЕВИЧ КАРНАУХОВ (к 75-летию)

Виктор Николаевич Карнаухов родился 23 марта 1951 г. в г. Горки Могилевской обл.

В 1973 г. окончил гидромелиоративный факультет Белорусской сельскохозяйственной академии с присвоением квалификации инженера-гидротехника и был направлен на работу в минский НИИ «Белгипроводхоз», где начал работать геодезистом в отделе изысканий. С ноября 1973 г. был призван на действительную воинскую службу, которую проходил в Северо-Кавказском военном округе. После демобилизации возвратился на работу в институт, где год проработал инженером отдела сооружений.

Молодого инженера влекла научная среда. Поэтому в августе 1976 г. Виктор Николаевич перешел на работу в Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства в качестве старшего инженера лаборатории русловых процессов и регулирования водоприемников. Без отрыва от производства закончил аспирантуру и в 1988 г. успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Обвалование и создание русел сложного сечения рек-водоприемников при защите пойменных земель от затопления». В 1989 г. стал старшим научным сотрудником, в 1991 г. – заместителем заведующего, затем и заведующим лабораторией гидротехники.

В своей научной деятельности В. Н. Карнаухов проявил лучшие качества исследователя. Им лично и под его руководством проведен широкий круг исследований в области речной гидравлики и русловых процессов на опытных участках отрегулированных русел Ясельды и Лани. Под его руководством впервые в Беларуси было изучено влияние эрозионно-аккумулятивных процессов на работоспособность элементов мелиоративных систем, условия транспортировки продуктов эрозии мелиоративными водотоками в различных условиях. Виктор Николаевич – автор методики количественной оценки поступления в водотоки с полей наносов, распределения их в открытой сети. Им предложены инженерные мероприятия по снижению отрицательного влияния эрозионно-аккумулятивных процессов на работоспособность мелиоративных систем.

Автор 67 научных публикаций, в том числе 6 пособий, методических указаний, рекомендаций и двух патентов. В его монографии «Эрозионно-аккумулятивные процессы на открытой сети мелиоративных систем» (2013) впервые обобщены результаты многолетних исследований на крупномасштабных гидравлических моделях рек и затопляемых польдерных системах. Все разработанные мероприятия и технологии по реконструкции рек-водоприемников внедрены в производство. Монография В. Н. Карнаухова могла бы стать основой докторской диссертации, но в конце 2013 г. он решительно сменил поле своей деятельности и ушел из Института мелиорации на пенсию.

За время почти 40-летней работы в институте В. Н. Карнаухов активно участвовал в общественной жизни, награжден Почетными грамотами Академии аграрных наук Республики Беларусь и БелНИИМил. За профессионализм и высокие человеческие качества Виктор Николаевич снискал заслуженный авторитет не только у коллектива и руководства института, но и у работников всей мелиоративной отрасли Беларуси.

Коллектив Института мелиорации высоко оценивает личный вклад Виктора Николаевича Карнаухова в мелиоративную науку Беларуси, глубоко уважает его как ученого и человека, тепло поздравляет с юбилеем, желает крепкого здоровья и всяческого благополучия.



**ВАЛЕРИЙ ИВАНОВИЧ
БОХОНКО**
(к 65-летию)

Валерий Иванович Бохонько родился 12 февраля 1961 г. в д. Парахонск Пинского р-на Брестской обл. В 1980 г. окончил Пинский гидромелиоративный техникум, получив специальность «техник-гидротехник», в 1985 г. – Белорусскую сельскохозяйственную академию с присвоением квалификации «инженер-гидротехник», в 2003 г. – Белорусский государственный экономический университет по специальности «экономика и управление предприятием».

Работал специалистом по мелиорации и кормопроизводству в колхозе им. Крупской в Малоритском р-не Брестской обл., главным инженером-мелиоратором колхоза «Октябрь» в Ивановском р-не. С 1991 г. – директор экспериментальной базы Полесской опытно-мелиоративной станции Белорусского НИИ мелиорации и луговодства. В 1997–2004 гг. – начальник сельскохозяйственного отдела Государственного национального парка «Беловежская пуща»; в Лунинецком райисполкоме – заведующий отделом по чрезвычайным ситуациям и защите населения от последствий катастрофы на ЧАЭС. За этот период Валерий Иванович успел поработать директором Пинского филиала БГЭУ, заместителем председателя Брестского райисполкома, директором Департамента науки, образования и кадров Минсельхозпрода Беларуси, заместителем академика-секретаря Отделения аграрных наук НАН Беларуси.

С 2005 г. по 2006 г. – главный советник управления агропромышленным комплексом Аппарата Совета Министров Беларуси; с 2008 г. по 2013 г. – заместитель директора РУП «Белгипроводхоз», первый заместитель председателя – начальник управления сельского хозяйства и продовольствия Мядельского райисполкома. С 2014 г. – заместитель начальника отдела оперативного контроля по Московскому, Ленинскому, Центральному районам г. Минска (Минский городской комитет природных ресурсов и охраны окружающей среды); начальник, главный специалист Минского областного управления мелиорации и технического надзора (государственное объединение «Белводхоз»).

В 1998 г. получил ученую степень кандидата технических наук, защитив диссертацию на тему «Эксплуатационный режим управления уровнями воды в проводящей сети польдерных систем». Автор около 100 научно-методических работ, которые посвящены специфике управления водным режимом на польдерных системах, повышению эффективности использования мелиорированных земель, оценке влияния мелиорации на природные комплексы с учетом требований охраны природы.

Коллектив института сердечно поздравляет Валерия Ивановича с юбилеем, желает крепкого здоровья на долгие годы и дальнейших успехов в работе.

• ЧТОБЫ ПОМНИЛИ •



ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ БЕЛКОВСКИЙ (к 95-летию)

Владимир Иванович Белковский родился 4 февраля 1931 г. в дер. Некрашево Сенненского р-на Витебской обл.

В 1950 г. окончил Смольянский сельскохозяйственный техникум, в 1955 г. – агрономический факультет Белорусской сельскохозяйственной академии. В 1955–1957 гг. работал старшим преподавателем Смольянского сельскохозяйственного техникума. В 1957 г. поступил в аспирантуру Белорусского НИИ земледелия, где прошел хорошую школу под руководством члена-корреспондента АН БССР П. Е. Прокопова. По окончании аспирантуры в 1960–1961 гг. – старший научный сотрудник БелНИИ земледелия.

С 1961 г. по 1968 г. Владимир Иванович работал в Министерстве сельского хозяйства БССР, где трудился главным агрономом, начальником отдела земледелия, затем – отдела сельскохозяйственной пропаганды Главного управления науки и пропаганды.

В 1964 г. защитил кандидатскую, в 1993 г. – докторскую диссертацию на тему «Повышение плодородия и основные направления сельскохозяйственного использования торфяных почв».

С 1968 г. в течение 20 лет работал заместителем директора по науке Белорусского НИИ мелиорации и водного хозяйства, в 1987–2003 гг. – ведущим, потом главным научным сотрудником. Именно в нашем институте, в годы активного мелиоративного строительства, когда в сельскохозяйственный оборот ежегодно включались обширные площади обновленных земель, в полной мере раскрылись способности В. И. Белковского как экспериментатора и организатора научных исследований.

Владимир Иванович внес большой вклад в разработку концепции антропогенной эволюции торфяных почв после их осушения; изучил эколого-экономические последствия массового нарушения болотных экосистем Белорусского Полесья; разработал технологию обогащения малозольных торфяных почв веществами минерального происхождения, технологию и средства механизации по трансформации сработанных торфяников в экологически устойчивые техногенные почвы, технологию создания и рационального использования высокопродуктивных лугов длительного пользования на торфяных почвах, технологию рационального использования торфяных почв в системе почвозащитных зернотравяных севооборотов, технологию повышения и сельскохозяйственного использования антропогенных почв, формирующихся на месте сработанных торфяников. Тем самым Белковскому принадлежит приоритет в целом ряде направлений земледельческой науки: в частности, технологий структурной мелиорации, глубокой

мелиоративной вспашки, почвозащитных севооборотов и т. д. Под руководством В. И. Белковского заложены фундаментальные опыты по изучению эффективности различных севооборотов, промежуточных культур, минеральных удобрений.

Владимир Иванович – автор более 230 научных работ. В их числе – целый ряд монографий: «Пути трансформации маломощных торфяников в почвы с минеральным пахотным слоем методом глубокой вспашки», «Структурная мелиорация мелкозалежных торфяников», «Улучшение свойств торфяных почв», «Повышение плодородия и рациональное использование торфяных почв» (в соавторстве с В. П. Зоткиным), «Плодородие и использование торфяных почв» (в соавторстве с В. М. Горошко), «Использование и охрана торфяных комплексов в Беларуси и Польше» (в соавторстве с А. П. Лихацевичем, А. С. Мееровским, С. Юрчук, Я. Островским), «Мелиорация обновляет землю» (в соавторстве с И. А. Шибeko), «Структурная мелиорация почв» (в соавторстве с В. С. Казаковым), «Беречь и умножать плодородие торфяников» (в соавторстве со С. Г. Скоропановым, В. С. Брезгуновым). Избран академиком Международной академии экологии.

Научная судьба Владимира Ивановича Белковского была счастливой: большую часть сознательной жизни он занимался любимым делом, решал важные задачи и преуспел в этом.

Награжден орденом «Знак Почета», медалями «За трудовую доблесть», «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина», «Ветеран труда». В 2003 г. за цикл работ по сохранению торфяных почв удостоен Премии Национальной академии наук Беларуси (посмертно).

Ученики и последователи В. И. Белковского бережно хранят память об этом талантливом ученом, простом и обаятельном человеке.



АЛЕКСАНДР НАУМОВИЧ КОРЖЕНЕВСКИЙ (к 95-летию)

Александр Наумович Корженевский родился 28 февраля 1931 г. в д. Сенно Новогрудского р-на Гродненской обл.

В 1955 г. с отличием окончил гидромелиоративный факультет Белорусской сельскохозяйственной академии и получил специальность инженера-гидротехника. Как студент, проявивший склонность к точным наукам, высокую работоспособность и упорство в освоении новых знаний, был направлен по распределению преподавателем в Пинский гидромелиоративный техникум, где проработал в течение 1955–1956 гг. Перспективного специалиста заметили в Министерстве мелиорации БССР, и он был приглашен на должность инженера управления эксплуатации Министерства мелиорации БССР (1956–1957). Вскоре руководство оценило его организаторские способности, и в 1957 г. он становится главным инженером Оресской машинно-мелиоративной станции, далее – Любанской ремонтно-технической мелиоративной станции (Минская обл.), начальником Любанского строительно-монтажного управления.

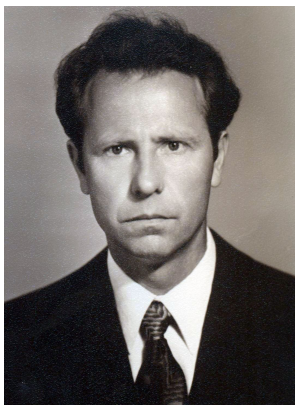
Выдающиеся результаты практической работы Александра Наумовича были высоко оценены руководителями мелиоративной отрасли республики. В 1962 г. Корженевский – начальник Управления эксплуатации мелиоративных систем и кадастра, член коллегии Министерства мелиорации и водного хозяйства БССР (1962–1978). На всех местах службы он постоянно повышал свой профессиональный уровень, успешно постигал высоты практической и научно-исследовательской работы. Результатом его многолетней производственной и исследовательской деятельности стала успешная защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук (1973 г.).

Накопив достаточный багаж производственного и творческого опыта, Александр Наумович Корженевский решил использовать его в научно-исследовательской работе, поэтому перешел из Министерства мелиорации и водного хозяйства БССР на работу в Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства, в котором в течение 15 лет заведовал лабораторией эксплуатации осушительных и осушительно-увлажнительных систем (1978–1993).

А. Н. Корженевский – автор более 50 научных работ в области эксплуатации и ремонта гидромелиоративных систем, в том числе трех нормативных документов.

Активно участвовал в общественной жизни: работал в составе группы народного контроля, заместителем председателя совета трудового коллектива института. Член ученого совета института.

За высокие достижения в практической и научно-исследовательской работе награжден орденами Трудового Красного Знамени и «Знак Почета», медалями «За трудовое отличие», «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина», медалями и дипломами ВДНХ СССР, медалью «Ветеран труда».



НИКОЛАЙ ФРОЛОВИЧ БАШЛАКОВ (к 90-летию)

Николай Фролович Башлаков родился 11 марта 1936 г. в г. Добруше Гомельской обл. В 1963 г. окончил Белорусскую сельскохозяйственную академию (агрономический факультет) по специальности «селекция и семеноводство».

Как студент, проявивший интерес к проведению научных исследований, по окончании вуза был направлен по распределению на Минскую сельскохозяйственную опытную станцию, где работал младшим научным сотрудником, а затем – старшим научным сотрудником Центрального научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства Нечерноземной зоны СССР. Однако Николая Фроловича как агронома больше привлекала научно-исследовательская работа в поле, поэтому по согласованию с руководством Западного отделения ВАСХНИЛ в 1965 г. он переходит на работу в Белорусский научно-исследовательский институт мелиорации и водного хозяйства. Здесь он проработал 25 лет: последовательно младшим, затем старшим и ведущим научным сотрудником. В 1990 г. он становится заведующим лабораторией сенокосов и пастбищ института до 2003 г. В 2003–2005 гг. – ведущий научный сотрудник лаборатории.

В 1971 г. Николай Фролович успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по теме «Создание культурных пастбищ ранних сроков использования на осушенных дерново-глееватых и дерново-подзолистых почвах». Основные направления его научных исследований – разработка приемов повышения продуктивности луговых угодий и внедрение их в производство, организация кормовой базы на мелиорированных землях, создание и интенсивное использование луговых травостоев, культурных пастбищ и их эксплуатация.

Он опубликовал 80 научных публикаций, в том числе 4 книги и практическое руководство «Пастбища Беларуси: создание и эксплуатация». Под его руководством и при его непосредственном участии разработаны принципы создания пастбищного конвейера, которые изложены в названном практическом руководстве. Николай Фролович Башлаков – автор технологии переменного использования сеяных злаковых травостоев в системе сенокосооборотов на осушенных низинных лугах, позволяющей обеспечить высокую продуктивность злаковых травостоев в течение 10–12 лет, а также технологии создания и использования пастбищ на торфяных почвах Полесья с устойчивой урожайностью трав на протяжении 10–15 лет.

Награжден медалью «Ветеран труда», Почетными грамотами Минсельхозпрода Республики Беларусь, Минского горкома профсоюзов работников агропромышленного комплекса, Грамотой Президиума Академии аграрных наук, Почетными грамотами БелНИИ мелиорации и луговодства и др.



НИКОЛАЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ ОКУЛИК (к 85-летию)

Николай Вячеславович Окулик родился 22 января 1941 года в дер. Гинцевичи Барановичского р-на Брестской обл.

В 1961–1964 гг. служил в Советской Армии. В 1969 г. окончил факультет агрохимии и почвоведения Белорусской сельскохозяйственной академии и получил специальность агрохимика. После окончания вуза работал инженером, старшим инженером-почвоведом института «Союзгипромелиоводхоз» (г. Пинск), а в 1971–1973 гг. учился в аспирантуре БелНИИ мелиорации и водного хозяйства. После окончания учебы работал старшим научным сотрудником, заведующим лабораторией агрохимии Полесской опытно-мелиоративной станции БелНИИМВХ.

С 1976 г. по 1988 г. – заведующий Пружанской гидролого-гидрогеологической мелиоративной лабораторией БелНИИМВХ, затем, до 1992 г., – старший научный сотрудник, заведующий лабораторией сельскохозяйственного использования и эволюции торфяных почв БелНИИМВХ.

За годы работы в нашем институте Николай Вячеславович проявил себя исключительно организованным, трудолюбивым научным работником, scrupulously осуществлявшим агрономические и мелиоративные исследования на осушенных торфяных почвах. Результатом его многолетних исследований явилась диссертация по теме «Влияние осушения и сельскохозяйственного использования на плодородие мелкозалежных торфяников Белорусского Полесья» и получение ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук.

Николай Вячеславович Окулик – автор 3 монографий и более 20 научных работ по изучению влияния гидротехнических мероприятий на водный режим, микроклимат и плодородие почв в условиях северо-западной части Белорусского Полесья.



**ГАЛИНА ВЛАДИМИРОВНА
ХМЕЛЕВСКАЯ
(к 85-летию)**

В этом году Галине Владимировне Хмелевской исполнилось бы 85 лет. Она родилась 12 февраля 1941 г. в Москве.

В 1962 г. окончила с отличием факультет гидротехнического строительства Московского инженерно-строительного института имени В. В. Куйбышева. В годы учебы в МИСИ проявила склонность к научно-исследовательской деятельности, поэтому по окончании вуза была направлена на работу во Всесоюзный научно-исследовательский институт «Водгео» (Москва). На протяжении 1962–1976 гг. работала в лаборатории гидротехнического строительства ВНИИ «Водгео».

В 1974 г. защитила диссертацию на соискание степени кандидата технических наук на тему «Фильтрационная прочность грунтов в плотинах из местных материалов».

В 1976 г. переехала в Минск и стала работать в Белорусском НИИ мелиорации и водного хозяйства. С 1976 г. по 2012 г. прошла все ступени профессионального роста: от младшего и старшего научного сотрудника до заведующей лабораторией гидротехнических сооружений. Все эти годы являлась членом ученого совета института.

Галина Владимировна Хмелевская – автор более 60 научных публикаций, в том числе одной монографии и патента на изобретение. В процессе научной деятельности выросла в крупного специалиста в области исследований новых гидротехнических сооружений и методик их расчета.

Пользовалась заслуженным авторитетом коллег. Награждена Почетной грамотой института и неоднократно получала благодарности от руководства института.



ЛЮДМИЛА НИКОЛАЕВНА ЛУЧЕНОК (к 55-летию)

Людмила Николаевна Лученок – известный ученый в области сельскохозяйственного использования торфяных почв, земледелия, растениеводства, биохимии растений и почв. Она родилась в Минске 26 февраля 1971 г., в 1995 г. окончила Белорусский государственный университет по специальности «биология».

Еще во время учебы в университете Людмила Николаевна проявила свои исследовательские качества, поэтому по окончании вуза ее направили на работу в Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, где она трудилась в лаборатории микробиологии, биохимии и детоксикации почв. Без отрыва от производства окончила аспирантуру института по специальности «агрохимия», в 2003 г. успешно защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Молодого ученого увлекла проблема повышения плодородия торфяных почв, находящихся в сельскохозяйственном пользовании, поэтому в 2004 г. в связи с формированием нового направления исследований перешла на работу в Институт мелиорации и луговодства, а в 2008 г. возглавила одно из его важнейших структурных подразделений – лабораторию использования торфяных комплексов.

Проведенные Лученок и под ее руководством исследования охватывают широкий спектр вопросов повышения продуктивности осушенных торфяных почв, разработки новых высокопродуктивных, ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий и систем кормопроизводства, основанных на адаптации видового состава кормовых культур к почвенно-гидрологическим условиям полей, рациональном их сочетании и отработке режимов использования в севооборотах, современных приемах интенсификации возделывания с учетом требований адаптивного земледелия, динамики гидрологических параметров мелиоративной системы. Важное место в исследованиях Людмилы Николаевны Лученок уделено вопросам сохранения плодородия торфяных почв посредством разработки приемов агротехники возделывания сельскохозяйственных культур, прежде всего многолетних трав.

Исследователь показала в своих многолетних опытах высокий потенциал продуктивности осушенных торфяных почв при их трансформации в процессе сельскохозяйственного использования, доказала возможность и эффективность возделывания ценных культур, считавшихся ранее непригодными для этих почв.

Ею опубликовано 119 научных работ в отечественных и зарубежных журналах, научных сборниках, разработаны отраслевые рекомендации и регламенты, получено 4 патента на изобретение.

В 2017 г. Людмила Николаевна поступила в докторантуру Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию и в течение 4 лет активно работала без отрыва от производства над подготовкой докторской диссертации на тему «Оптимизация приемов повышения производительной способности трансформированных в процессе

сельскохозяйственного использования торфяных почв Беларуси». В 2021 г. она должна была закончить докторантуру и выйти на защиту докторской диссертации. К этому она была очень близка.

Л. Н. Лученок отличали высокая квалификация как научного работника, ответственность, дисциплинированность и требовательность как к себе, так и к подчиненным, умение ставить научные задачи и мотивировать сотрудников к их выполнению, что обеспечивало сплоченность коллектива и высокую научную результативность лаборатории.

Исследовательскую работу Л. Н. Лученок успешно сочетала с подготовкой научных кадров. Под ее руководством были подготовлены и успешно защищены 2 диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, и до последнего дня она руководила работами вверенных ей соискателей.

В этом году Людмиле Николаевне исполнилось бы 55 лет. К сожалению, ее жизнь унес ковид. Коллеги высоко ценили Людмилу Николаевну за широкий кругозор, знания, деловые качества, энергию, умение добиваться поставленных целей, а также за внимательное отношение к коллегам, отзывчивость и готовность всегда прийти им на помощь.

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; объем – до 40 тыс.** печатных знаков (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).

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

[illegible]