

ISSN 2070-4828

МЕЛИОРАЦИЯ

Научный журнал

№ 4 (114)

Основан в 1951 году

Октябрь – декабрь 2025

Выходит 4 раза в год



Минск
2025

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 – 26,40 руб.;**
748562 — для предприятий и организаций, цена – 30,00 руб.

Подписку можно оформить во всех отделениях связи.

Редактор, корректор **Т. В. Мейкшане**
Компьютерная верстка **И. В. Скуратович**

Подписано к печати 02.12.2025 г. Формат 60 x 84 1/8.
Уч.-изд. л. 5,15. Усл. печ. л. 6,51. Заказ 795. Тираж 50 экз.

Адрес редакции: 220040, г. Минск, ул. Некрасова, 39-2;
тел. (017) 363-49-03;
e-mail: info@niimel.by, redaktor@niimel.by

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

Содержание Contents

Юбилейная Международная научно-практическая конференция
«Актуальные проблемы мелиорации, рекультивации и охраны земель»
(Скоропановские чтения): связь времен и векторы будущего

5

Anniversary International Scientific and Practical Conference «Current issues
of land reclamation, reclamation, and protection» (Skoropanov Readings):
the connection of times and vectors of the future

Мелиорация

Land improvement

А. С. Анженков, А. П. Лихатевич, Г. В. Латушкина, А. А. Левкевич.

Оценка ресурса работоспособности самотечных осушительных
и осушительно-увлажнительных систем с длительным сроком эксплуатации

7

A. S. Anzhenkov, A. P. Likhatevich, G. V. Latushkina, A. A. Levkevich.

Assessment of the service life of gravity drainage and drainage-humidification
systems with a long service life

Г. В. Дегтярев, Д. В. Лейер, О. Г. Дегтярева.

Оценка влияния уровня воды в оросительном канале
на состояние напряженно-деформированного массива грунта

14

G. V. Degtyarev, D. V. Leyer, O. G. Degtyareva.

Assessment of the impact of water level in an irrigation channel on the state
of a stress-strain soil mass

А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук.

Применение осушительно-увлажнительных систем
на слабоводопроницаемых минеральных почвах

23

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

Application of drainage and humidification systems
on low-permeability mineral soils

А. А. Константинов, В. М. Лукашевич.

Водопотребление овощных культур

29

A. A. Konstantinov, V. M. Lukashevich.

Water consumption of vegetable crops

П. И. Пыленок.

Поверхностный сток с мелиорируемого агроландшафта в условиях
Мещёрской низменности

38

P. I. Pylenok.

Surface runoff from the reclaimed agrolandscape in the conditions
of the Meshchersky lowland

О. П. Мешик, М. В. Борушко.

**Кадровое обеспечение мелиорации и водного хозяйства:
от абитуриента к инженеру**

43

O. P. Meshik, M.V. Borushko.

**Staffing for land reclamation and water management:
from prospective students to engineer**

Наши юбиляры



Our jubilees

**Анатолий Павлович Лихацевич: 50 лет
профессиональной деятельности в Институте мелиорации**

50

Чтобы помнили



To be remembered

Степан Гордеевич Скоропанов (к 115-летию)

51

Иван Васильевич Минаев (к 95-летию)

55

«Актуальные проблемы мелиорации, рекультивации и охраны земель» (Скоропановские чтения): связь времен и векторы будущего



В Институте мелиорации 5–6 ноября с. г. проходила Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы мелиорации, рекультивации и охраны земель» (Скоропановские чтения) с участием ученых, специалистов-практиков и аспирантов из Беларуси и России.

Научное мероприятие было посвящено двум юбилейным датам, связанным с историей института: прошло 115 лет со дня основания Института мелиорации, в 1910 г. называвшегося Минской опытной болотной станцией, и академику С. Г. Скоропанову 7 ноября 2025 г. исполнилось 115 лет со дня рождения.

Степан Гордеевич – один из тех выдающихся людей, кто продолжительное время определял развитие науки и сельского хозяйства Беларуси, кто чувствовал пульс времени и оставил заметный след на белорусской земле, внеся значительный вклад в развитие аграрной науки и сельскохозяйственного производства Беларуси, становление ее научных кадров.

Конференция проведена также с целью обсуждения путей более интенсивного развития научной деятельности в области мелиорации и использования мелиорированных земель, ознакомления с лучшими достижениями мировой и отечественной науки, сохранения памяти о выдающемся ученом, его вкладе в мелиоративную и аграрную науку, его организаторском таланте и незаурядных человеческих качествах.

Председатель оргкомитета конференции – директор института А. С. Анженков приветствовал участников конференции на открытии пленарного заседания. Он рассказал об истории Института мелиорации, которому также исполнилось 115 лет в 2025 г., и о мелиорации в Беларуси. Исторически сложившаяся особенность института – сочетание инженерных и агрономических исследований, результаты которых позволяли осуществлять мелиоративное преобразование болот и переувлажненных земель, а затем использовать их эффективно. Было также указано на решающую роль С. Г. Скоропанова в послевоенном восстановлении Института мелиорации и развитии направлений его работы, когда разрабатывались новые методологические подходы к осушению земель, адаптации зарубежных практик и решений к местным условиям.

Ю. А. Мажайский, доктор сельскохозяйственных наук, представляющий ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова (Рязань), проанализировал влияние различных факторов на рост и развитие травяного покрова, обосновал конкретные рекомендации по его формированию. О проблемных вопросах осушения тяжелых почв на мелиоративных объектах Витебской области проинформировал А. А. Журавский, зам. генерального директора – гл. инженер ГО «Витебскмеливодхоз», и его доклад вызвал особенно активное, бурное обсуждение. В. М. Макоед, заведующий сектором перспективных разработок и информационных технологий РУП «Институт мелиорации», рассказал об инновационных разработках в мелиорации Беларуси, что также вызывало у аудитории определенный интерес. Н. К. Вахонин, кандидат технических наук (Международный университет «МИТСО»), представил доклад «Целеориентированная модель системы поддержки принятия решений в больших и сложных объектах на примере мелиорации».

С воспоминаниями о годах совместной работы со С. Г. Скоропановым выступил ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук В. Н. Филиппов. Он отметил, что

идеи С. Г. Скоропанова положены в основу современного представления о рациональном природопользовании агроэкосистем, мелиорированных земель в целях обеспечения их продуктивного долголетия. Школа С. Г. Скоропанова – это школа комплексного системного подхода к изучению и использованию сельскохозяйственных земель, их сохранению и экологически ориентированной экономике. В. Н. Филиппов подчеркнул, что академик Скоропанов с уважением и признательностью относился к научной производственной работе коллектива Полесской станции. Проводимые под его руководством многолетние опыты с экспериментальными севооборотами по влиянию системы земледелия, структуры посевных площадей на минерализацию органического вещества, мощность органогенного слоя торфяных почв имели и имеют важнейшее значение для рационального использования и долговечности осущенных земель.

В своем выступлении А. П. Лихацевич осветил важнейшие биографические этапы становления незаурядной личности Степана Гордеевича как выдающегося ученого, государственного и общественного деятеля, кто «умел находить верные решения в самых сложных, непредвиденных ситуациях, обладал тонкой интуицией, которая, наряду с высочайшим профессионализмом, позволяла ему действовать эффективно и безошибочно». Докладчик отметил, что в РУП «Институт мелиорации» особое внимание уделяется развитию научного наследия академика, посвятившего свой научный поиск комплексному решению проблем управления всеми урожаеформирующими факторами, включая водную мелиорацию и питание растений. Не забыты важные выводы, сделанные С. Г. Скоропановым, утверждавшим, что главная цель мелиорации состоит в расширенном воспроизведстве плодородия почв и формировании благоприятной экологической среды, удобной для жизни. В повышении продуктивности почвенного покрова следует особенно отметить положительную роль удобрений. Голод человека начинается с голода растения. В завершение выступления А. П. Лихацевич привел методику и результаты установления факторов, лимитирующих урожайность сельскохозяйственных культур в условиях Беларуси.

Далее в рамках секций в очном формате было заслушано более 30 докладов по актуальным проблемам мелиорации, луговодства и использования мелиорированных земель.

Участники конференции ознакомились с экспозицией музея Института мелиорации, новинками тематической литературы на выставке, предоставленной Белорусской сельскохозяйственной библиотекой им. И. С. Лупиновича Национальной академии наук Беларуси, а также с выставкой новейших разработок, где были продемонстрированы колодцы-регуляторы,рыхлители, диагностическое оборудование, технологии обработки данных, полученных при помощи БПЛА, и др.



• МЕЛИОРАЦИЯ •

УДК 626.82:63.6

ОЦЕНКА РЕСУРСА РАБОТОСПОСОБНОСТИ САМОТЕЧНЫХ ОСУШИТЕЛЬНЫХ И ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ С ДЛИТЕЛЬНЫМ СРОКОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. С. Анженков, кандидат технических наук

А. П. Лихатсевич, доктор технических наук

Г. В. Латушкина, кандидат технических наук

А. А. Левкевич, научный сотрудник

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация. Определены основные характерные признаки неудовлетворительного состояния элементов самотечных осушительных и осушительно-увлажнительных систем, функционально влияющие на эффективность регулирования водного режима мелиорированных земель. Проведена оценка ресурса, определяющего возможности эффективного управления водным режимом, на ряде мелиоративных объектов с длительным сроком эксплуатации.

Ключевые слова: осушительно-увлажнительная система, ресурс управления, открытая мелиоративная сеть, закрытая мелиоративная сеть, гидroteхнические сооружения, водоприемник, водоисточник, регулирование водного режима.

*A. S. Anzhenkov, A. P. Likhatshevich, G. V. Latushkina,
A. A. Levkevich*

ASSESSMENT OF THE SERVICE LIFE OF GRAVITY DRAINAGE AND DRAINAGE-HUMIDIFICATION SYSTEMS WITH A LONG SERVICE LIFE

Abstract. The main characteristic signs of the unsatisfactory condition of the elements of gravity drainage and drainage-humidification systems that functionally affect the efficiency of regulating the water regime of reclaimed lands are determined. An assessment of the resource that determines the possibilities of effective water regime management at a number of reclamation facilities with a long service life is carried out.

Keywords: drainage and humidification system, management resource, open drainage network, closed drainage network, hydraulic structures, water intake, water source, water regime regulation.

Введение

Одна из основных задач эксплуатации мелиоративных систем – создание водного режима почвы, благоприятного для развития сельскохозяйственных культур [1, 2]. Для выбора и реализации необходимых технологических и эксплуатационных мероприятий на мелиоративных объектах с длительным сроком эксплуатации требуется оценка доступного ресурса системы, определяющего возможности проведения технологических операций, направленных на поддержание благоприятного водного режима почвы на мелиориро-

ванных землях в течение вегетации возделываемых сельскохозяйственных культур.

Основными исполнительными элементами мелиоративной системы, от которых зависит эффективность ее работы по обеспечению благоприятного водного режима почв, являются водоприемник, водоисточник, открытая и закрытая мелиоративная сеть, водорегулирующие гидroteхнические сооружения.

На осушительно-увлажнительных системах (ОУС) одни и те же элементы используются как для отвода воды с осушаемой территории, так

и для подачи воды на увлажнение. В большинстве случаев оценить функциональный ресурс элементов мелиоративных систем на конкретном объекте возможно на основе визуального экспертного анализа мелиоративного со-

стояния территории, технического состояния гидротехнических сооружений, видимых дефектов, возникающих по причине длительной эксплуатации мелиоративных систем.

Основная часть

В Беларуси осушено 2 803 тыс. га сельскохозяйственных земель [3], а самотечные осушительно-увлажнительные системы располагаются на площади около 660 тыс. га [2, 4]. В основном это системы с предупредительным шлюзованием, принцип работы которых заключается в задержании стока с водосборной площади путем маневрирования затворами водорегулирующих сооружений для обеспечения подпора воды в каналах (коллекторах) в засушливое время и сброса избыточной воды в период максимальных расходов весеннего половодья и дождевых паводков в период вегетации.

Наличие в составе мелиоративного объекта таких водоисточников с достаточным объемом воды, как водохранилище, озеро, река и др., позволяет проводить увлажнительное шлюзование с гарантированной подачей воды в мелиоративную сеть.

При оценке возможности (ресурса) управления элементами осушительных и осушительно-увлажнительных систем первоочередное (особое) внимание следует уделять водоприемнику и открытой проводящей сети, которые предназначены для сбора и отвода воды, поступающей с осушаемой территории. Водоприемник должен отвечать следующим требованиям:

- уровни воды не должны создавать подпоры и подтопления впадающим в водоприемник магистральным каналам и проводящей осушительной сети;
- расходы воды в водоприемнике в предпосевной и летний периоды должны проходить при уровнях не менее чем на 20–30 см ниже уровней воды в проводящей сети;
- равномерное движение воды должно быть обеспечено по всей длине водоприемника;
- в летне-осенний период не допускается выхода воды из каналов на осушаемые земли.

Признаками низкого ресурса как водоприемника, так и проводящей и регулирующей открытой сети являются: наличие помех в руслах, возникновение запруд, застарение

руслов кустарником и влаголюбивой растительностью, заиление, обрушение откосов, существенная деформация профиля канала, подпор устьев закрытых коллекторов, застой воды по длине канала, вымочки на прилегающих территориях. При визуальном выявлении неудовлетворительного технического состояния водоприемника и магистральных каналов необходимо установить его причины с использованием (при необходимости) попечной и продольной нивелировки русел водотоков либо проанализировать цифровую модель рельефа. Полученные при этом характерные отметки дна, откосов и берм наносят на исполнительные профили водоприемника и каналов, что позволяет делать выводы и прогнозы о характере деформации русел. Все выявленные нарушения водопроводящей способности водоприемника и магистральных каналов являются основанием для принятия соответствующих мер по их устранению.

Вопрос оценки ресурса закрытой дренажной сети должен решаться с обязательным наличием схемы объекта. Визуально выполняется оценка мелиоративного состояния дренированных участков (устанавливаются места и контуры вымочек и переувлажнений; оцениваются мелиоративное состояние наддреновых полос и окружающей территории, наличие древесно-кустарниковой растительности), определяется их примерная суммарная площадь; фиксируется наличие/отсутствие дренажного стока и состояние устьевых сооружений. Признаками неисправного состояния дренажа и низкого ресурса закрытой дренажной сети являются: наличие провалов и воронок над дренами, луж и вымочек на более 5 % мелиорированной площади; затопление устьев дренажных коллекторов; разрушения смотровых колодцев (их просадка, заиление, отсутствие на колодцах крышек).

На основании дефектов, выявленных на дренажных системах, выбирается вид ремонтных и восстановительных работ.

Если техническое состояние открытой и закрытой сети удовлетворительное и визуально не выявлены технические неисправности гидротехнических сооружений, но на полях наблюдается застой поверхностных вод, ставится вопрос о проведении агромелиоративных мероприятий, включая рыхление, щелевание, разуплотнение плужной подошвы и др.

Для регулирования стока в каналах и коллекторах, поддержания в каналах необходимых уровней воды, непосредственно влияющих на уровень грунтовых вод (УГВ) на осушаемых участках осушительно-увлажнительных систем, служат такие гидротехнические сооружения, как шлюзы-, трубы- и колодцы-регуляторы, временные сооружения и другие водоподпорные устройства.

При предупредительном шлю佐вании ставится задача максимально использовать местный сток с водосборной площади. Для этого водоподпорные сооружения закрывают весной сразу после опускания уровня грунтовых вод в межканальном пространстве на глубину 60–70 см от поверхности почвы. В дальнейшем необходимо следить, чтобы УГВ не поднимался выше указанного предела, и обеспечивать его постепенное снижение с учетом развития корневой системы растений, поддерживая уровни грунтовых вод на глубине не менее 20–40 см глубже нижней границы корнеобитаемого слоя.

Увлажнительное шлю佐ование при наличии внешних источников увлажнения заключается в подаче воды в осушительно-увлажнительную сеть и маневрировании затворами подпорных сооружений в соответствии со складывающимися метеорологическими условиями – с целью поддержания УГВ на осушаемых землях в диапазонах, благоприятных для сельскохозяйственных культур.

Оценка ресурса (работоспособности) гидротехнических сооружений мелиоративного назначения выполняется по данным визуальных и инструментальных обследований. Так, при оценке исправности труб-регуляторов и шлюзов-регуляторов, регулирующих колодцев проводится визуальный осмотр их конструктивных элементов с установлением размеров зазиления, трещин и мест разрушения бетона, с оценкой их влияния на работоспособность сооружения. Состояние подъемных устройств

на трубах-регуляторах, шлюзах, колодцах-регуляторах определяется в ходе опытной проверки их работоспособности: выявляются места коррозии металла, деформация штоков, сохранность сварочных и болтовых соединений, состояние винтовой резьбы. В резиновых уплотнениях проверяются сохранность их по длине, герметичность перекрытия, степень старения резины.

После проведенного осмотра оцениваются дефекты сооружения, составляется заключение с указанием возможности эксплуатации сооружения с обнаруженными разрушениями и повреждениями, отмечается, что дефект приводит к заметному снижению эксплуатационных характеристик, определяется целесообразность и очередность ремонта данного сооружения.

Для мелиоративных систем, на которых проводится увлажнительное шлю佐ование, в качестве диагностических показателей исправности и работоспособности водорегулирующих сооружений используются:

- проектная отметка верха затвора в закрытом положении;
- расчетный уровень воды в каналах (нормальный подпорный уровень), необходимый для увлажнения земель;
- отметка воды в верхнем бьефе;
- требуемый расход воды по графику водоподачи.

В качестве показателя ресурса подпорных сооружений мелиоративной системы выступает отношение суммарной площади эффективного влияния исправных подпорных сооружений на водный режим к общей площади двустороннего регулирования осушительно-увлажнительной системы.

Подконтрольные водорегулирующему сооружению площади (участки регулирования), на которых с помощью данного сооружения поддерживается заданное положение уровня грунтовых вод, должны быть указаны в проектной документации. Пользователи мелиорированных земель и организации по строительству и эксплуатации мелиоративных систем для обслуживания осушительно-увлажнительных систем должны иметь планы с отражением границ участков регулирования водного режима почвы отдельными подпорными сооружениями.

Таблица. Оценка ресурса мелиоративных объектов с длительным сроком эксплуатации

Мелиоративный объект	Характеристика	Состояние элементов мелиоративной системы				Качественная оценка
		Площадь, га	Открытая сеть	Закрытая сеть	ГТС	
1	2	3	4	5	6	7
ОУС на Полесской опытно-мелиоративной станции	Построена в 1960–1975 гг., реконструирована в 2005–2015 гг. На системе около 66 водоподпорных сооружений. Регулирование водного режима осуществляется шлюзованием с использованием местного стока и подачи воды из р. Бобрик. Построена насосная станция, позволяющая при высоких УВК опорожнять каналы	800	Каналы отремонтированы, находятся в хорошем состоянии	В местах бывших вымочек выбраночно устроен дренаж; вымочки отсутствуют	Водорегулирующие сооружения отремонтированы, находятся в удовлетворительном состоянии	Водоприемник в хорошем состоянии
ОУС в ООО «Коммерц-Агро Любань» в Любанскои р-не Минской обл.	Построена в 1973–1976 гг. Регулирование водного режима предусмотрено с помощью предупредительного шлюзования. Всего на объекте для регулирования водного режима 8 труб-регуляторов и 2 шлюза-регулятора	265	Каналы находятся в неудовлетворительном состоянии: засыпано дно, не укреплены откосы, застой воды по длине канала	Плохая работа дренажа. Коллекторы засыпаны. На полях большое количество вымочек	Все ГТС требуют ремонта: заделать промоины, очистить от засыпки, заделать стыки и др. На двух трубах-регуляторах необходим монтаж винтовых подъемников	Каналы-водоприемники в неудовлетворительном состоянии (дно засыпано, наличие оползней и обрушения откосов)
						У объекта низкий ресурс возможностей для регулирования водного режима. Требуются ремонтные работы по восстановлению работоспособности системы

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
ОУС в филиале «Дуброво-Агр» РУП «Гомельэнерго» (уч. Виноград) в Светлогорском р-не Гомельской обл.	Построена в 1980 г. Регулирование водного режима предусмотрено с помощью предупредительного шлюзования с использованием местного стока. Для задержания местного стока на объекте имеются 5 труб-регуляторов	125	Регулирующая сеть открытых каналов на участке залегена, заросла древесно-кустарниковой растительностью (ДКР)	Дренажные системы находятся в нерабочем состоянии, залегены, устья коллекторов забыты наносами, частично разрушены и находятся в подпоре	Из 5 труб-регуляторов две требуют восстановления, 3 – ремонта, в том числе с заменой резиновых уплотнений в затворах и ликвидацией промоин в обоих бьефах	Проводящая сеть залегена, заросла ДКР, на каналах имеются дефекты и повреждения: так, бобровые плотины создают подпор мелиоративной сети в целом	По всем основным элементам, функционально влияющим на регулирование водного режима, имеет место крайне низкий уровень ресурса для управления водным режимом. Требуется реконструкция отдельных участков
ОУС в КСУП экспериментальной базы «Стреличево» в Хойничском р-не Гомельской обл. (мелиоративная система «Вить-Турья»)	Срок эксплуатации системы более 40 лет. Регулирование водного режима предусмотрено с помощью предупредительного шлюзования с использованием местного стока. Для задержания местного стока на объекте имеются 6 труб-регуляторов	345	Регулирующая и проводящая сеть открытых каналов на участке залегена, заросла древесно-кустарниковой растительностью, имеются и другие дефекты и повреждения	Часть дренажа залегена и находится в нерабочем состоянии, устья коллекторов забыты наносами, частично разрушены и находятся в подпоре. Отсутствуют мероприятия по организации поверхностного стока. Имеют место значительные вымочки	Все сооружения требуют в разной степени ремонта, 2 трубы-регуляторы нуждаются в установке затворного оборудования и подъемного механизма	Проводящая сеть залегена, заросла ДКР, имеются и другие дефекты и повреждения	Анализ технического состояния основных элементов мелиоративной системы, функционально влияющих на регулирование водного режима на участке двустороннего регулирования, показал крайне низкий уровень ресурса системы для управления водным режимом. Требуется реконструкция отдельных участков

На осушительно-увлажнительных системах с увлажнительным шлюзованием (кроме магистральных и транспортирующих осушительных каналов, в которых, как правило, не хватает местного стока для увлажнения) озера, пруды и водохранилища выполняют функцию дополнительных водоисточников.

Хозяйства, где применяются увлажнительные технологии регулирования водного режима с использованием местных водных ресурсов, должны знать режим водоисточника, которым они располагают. Данные сведения можно получить в органах территориального управления по гидрометеорологии и контролю природной среды, куда поступает информация по гидрологическому режиму водоисточника и его водному балансу от организации, эксплуатирующей пруды и малые водохранилища [5]. О малых водоисточниках (например, прудах) можно получить данные путем наблюдений на местном уровне с привлечением профильных, в том числе научных организаций, для разработки и анализа мониторинга.

Для реализации эксплуатационного режима работы прудов и малых водохранилищ, предназначенных для сельскохозяйственного использования, необходимо знать:

- возможности их весеннего заполнения до отметки нормального подпорного уровня (НПУ);
- отметку уровня воды в водохранилище в условиях пропуска расчетного максимального паводка, которая не должна превышать установленный проектом форсированный уровень;
- допустимое снижение уровня воды в маловодные годы до уровня мертвого объема (УМО) при использовании водоисточника на орошение и увлажнение земель.

Выводы

Результаты оценки ресурса работоспособности элементов осушительно-увлажнительных систем являются той основой, на базе которой должно приниматься решение о выборе эксплуатационных мероприятий на каждом мелиоративном объекте.

Мелиоративные системы с длительным сроком эксплуатации в основном утратили функциональный ресурс, заложенный в них проектом.

По каждому водохранилищу, пруду должны быть установлены основные показатели: объем полный (млн м³); объем полезный (млн м³); отметка НПУ, отметка УМО. В качестве показателя ресурса водоисточника как элемента мелиоративной системы, участвующего в регулировании водного режима, рассматривается вероятность (обеспеченность) наполнения водоисточника до НПУ в весенне-посевной период.

Почти все осушительно-увлажнительные системы в Беларуси построены более 40 лет назад, то есть имеют длительный, близкий к нормативному срок эксплуатации либо его превышают.

На основе изыскательских материалов проектных организаций был проанализирован ресурс основных элементов на существующих мелиоративных системах с длительным сроком эксплуатации; учитывалось их текущее техническое состояние и мелиоративное состояние осушаемых земель, чтобы оценить возможности эффективного управления водным режимом (см. таблицу).

В настоящее время в связи с отсутствием в большинстве случаев закачки воды в пруды-водоисточники, а также с передачей прудов и водохранилищ в аренду, перепрофилированием их под промышленное разведывательное, а также из-за значительного снижения горизонта воды в летний период в реках-водоисточниках, проблематично осуществлять гарантированное увлажнительное шлюзование на мелиоративных объектах. Поэтому на всех функционирующих в Беларуси осушительно-увлажнительных системах возможно осуществление в основном предупредительного шлюзования.

При неудовлетворительном техническом состоянии элементов осушительных и осушительно-увлажнительных систем требуется разработка организационно-технических мероприятий по повышению ресурса элементов систем для выполнения ими функции регулирования водного режима. При установленной целесообразности требуется реконструкция отдельных участков системы или адаптивная трансформация земледелия к существующим условиям водного режима мелиорированных земель.

Ресурс, установленный по результатам обследований, достаточный для осуществления

эксплуатационного управления водным режимом, следует поддерживать.

Библиографический список

1. Голченко, М. Г. Мелиорация и эксплуатация гидромелиоративных систем / М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов, П. У. Равовой. – Минск : Вышэйшая школа, 1985. – 303 с.
2. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов. – Минск : ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
3. Реестр земельных ресурсов Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2025 г.) / Гос. комитет по имуществу Респ. Беларусь. – Минск, 2025. – 60 с.
4. Реестр внутрихозяйственных осушительных и осушительно-увлажнительных систем (по состоянию на 1.01.2024 г.) : приказ М-ва с. х. и продовольствия Респ. Беларусь от 26.04.2024 г. № 109 // М-во с. х. и продовольствия Респ. Беларусь. – URL: <https://www.mshp.gov.by/printv/ru/melio-ru/view/ekspluatatsija-obsluzhivanie-i-vedenie-gosudarstvennogo-ucheta-meliorativnyx-sistem-i-otdelno-raspolozhenn-2212/> (дата обращения 24.05. 2025).
5. Иванов, А. Н. Гидрология и регулирование стока / А. Н. Иванов, Т. А. Неговская. – Москва : Колос, 1979. – 384 с.

Поступила 21 июля 2025 г.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В ОРОСИТЕЛЬНОМ КАНАЛЕ НА СОСТОЯНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО МАССИВА ГРУНТА

Г. В. Дегтярев, доктор технических наук

Д. В. Лейер, кандидат технических наук

О. Г. Дегтярева, доктор технических наук

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

Аннотация. Выполнены численные эксперименты с использованием конечно-элементного программного комплекса *Plaxis*. Разработана компьютерная расчетная модель системы «грунт – мостовой переход». Получены данные о развитии касательных и нормальных напряжений при изменении уровня воды в оросительном канале, транспортной нагрузки, а также сейсмических воздействиях на примере реального объекта. При анализе касательных и нормальных напряжений по грани мостового перехода выявлено, что наличие сейсмических воздействий на касательные напряжения в сечении практически не влияет и составляет не более 5 %. Однако моделирование асимметричной транспортной нагрузки влияет на величину касательных напряжений более чем на 40 %, что необходимо учитывать при численном моделировании в практике строительства.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, грунтовый массив, уровень воды, оросительный канал, математическая модель, численный расчет, метод конечных элементов, мостовой переход, напряжения.

G. V. Degtyarev, D. V. Leyer, O. G. Degtyareva

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF WATER LEVEL IN AN IRRIGATION CHANNEL ON THE STATE OF A STRESS-STRAIN SOIL MASS

Abstract. The study involved numerical experiments using the Plaxis finite element software package. A computer calculation model of the soil-bridge system was developed. Data on the development of tangential and normal stresses during changes in the water level in the irrigation canal, transport load, and seismic impacts were obtained using a real object as an example. When analyzing tangential and normal stresses along the edge of the bridge, it was found that the presence of seismic impacts has virtually no effect on tangential stresses in the section and amounts to no more than 5 %. However, modeling an asymmetric transport load affects the value of tangential stresses by more than 40 %, which must be taken into account in numerical modeling in construction practice.

Keywords: stress-strain state, soil massif, water level, irrigation canal, mathematical model, numerical calculation, finite element method, bridge crossing, stresses.

Введение

Строительство и капитальный ремонт инфраструктурных объектов на слабых грунтах остаются сложной инженерной задачей, требующей баланса между надежностью и экономической целесообразностью. В исследовании на примере проектирования мостового перехода в Краснодарском крае (Россия) продемонстрировано, как рациональное усиление слабого грунтового основания позволяет разработать экономически эффективные конструктивные решения мостового перехода без ущерба для безопасной эксплуатации.

Материалы и методы исследования

Анализ чрезвычайных ситуаций на автомобильных дорогах Краснодарского края и чер-

В статье проанализировано влияние уровня воды в канале оросительной системы на нормальные и касательные напряжения по грани железобетонной конструкции, водопроводной системы и мостового автомобильного перехода, выявлена динамика изменения напряженно-деформированного состояния грунтового массива при различных сочетаниях нагрузок и изменении уровня воды. Численное моделирование выполнено с использованием конечно-элементной геотехнической программы *Plaxis*.

номорского побережья показал, что основной из причин нарушения безопасной эксплуата-

ции объектов инфраструктуры является переувлажнение грунтового массива [1–3], что приводит к образованию оползней, селей, а также к нарушению целостности конструктивных элементов мостов. Численное моделирование с использованием современных конечно-элементных программных комплексов является апробированным и внедренным методом проектирования в ряде сложных систем [4–7]. Численное моделирование системы «грунт – мостовой переход» выполнено с использованием модели Мора – Кулона [8–10].

В качестве объекта исследования и моделирования выбрано водопропускное сооружение на участке ремонтируемой автодороги – трехпролетный мост через канал длиной 18,05 м (рис. 1, 2; здесь и далее – авторские фото). Для выявления технического состояния данного мостового перехода осуществлены мониторинг и рекогносцировочное обследование территории [11, 12]. Анализ риска деформации при изменении факторов, влияющих на систему, и их сочетаний, является неотъемлемой частью современного проектирования [13–16].

Рассматриваемый участок автомобильной дороги относится к IV технической категории. Анализ метеоусловий выявил возможность периодического возникновения экстремальных гидрометеорологических характеристик. При разработке проектных решений следует учитывать возможность проявления таких опасных метеорологических процессов и явлений, как ветер, дожди, гололед.

На исследуемом участке автодорога пересекается с распределительным каналом Федоровской оросительной системы Р-16-3. Это искусственный водоток, звено левобережных рисовых оросительных систем, источником орошения которых служат воды р. Кубани.



Рис. 1. Участок перехода автодороги через переходной мост. Канал оросительной системы

Сбросные воды из систем поступают в главный Афипский коллектор, а затем используются при орошении или перекачиваются в Варнавинское водохранилище, Варнавинский сбросной канал и в р. Кубань. Максимальный расход канала в створе моста составляет 11,0 м³/с.

Максимальные расходы воды на пересекаемом канале Р-16-3 формируются в поливной период (с апреля по сентябрь), когда канал заполнен водой. Максимальный уровень воды канала – при максимальном расходе 11,0 м³/с – составляет 7,29 м. В ходе рекогносцировочного обследования было выявлено следующее состояние элементов мостового перехода:

- покрытие – неудовлетворительное;
 - опоры – неудовлетворительное;
 - сопряжение с насыпью – неудовлетворительное;
 - ограждения – неудовлетворительное;
 - деформационные швы – неудовлетворительное;
 - водоотвод – неудовлетворительное;
 - пролетные строения – удовлетворительное;
 - тротуары – удовлетворительное;
 - перила – удовлетворительное;
 - конуса – удовлетворительное;
 - гидроизоляция – неудовлетворительное
- (рис. 3–6).

По результатам обследования дана общая экспертная оценка состояния сооружения в соответствии с Ведомственными строительными нормами (ВСН 4-81) – неудовлетворительное. Согласно итогам рекогносцировочного обследования принято решение о необходимости демонтажа названного мостового перехода и разработке новых конструктивных решений с учетом изменений в системе «грунт – мостовой переход».



Рис. 2. Правобережный откос канала ниже моста. Разрушение плит крепления откоса



Рис. 3. Разрушение защитного слоя бетона в пролете № 2 (вид от начала моста с правой стороны)



Рис. 4. Общий вид промежуточной опоры № 2 (вид с правой стороны от конца моста)



Рис. 5. Скол бетона в плите П8 пролета № 2 в зоне водоотводной трубы. Коррозия водоотводной трубы



Рис. 6. Разрушение стыка омоноличивания блоков насадки опоры № 2 над сваей № 3

По результатам инженерно-геологических изысканий получены зависимости просадочных свойств грунта от глубины и приложенного давления (рис. 7).

Кривая 1 (слева) изменения бытового давления показывает следующее:

1) форма кривой начинается с низких значений давления (близких к 0 МПа), что соответствует положению на малых глубинах (0–2 м). С увеличением глубины давление растет, кривая имеет нелинейный характер – возможно, близкий к экспоненциальному или степенному закону;

2) интерпретация: кривая отражает естественное (бытовое) давление в грунте, которое увеличивается с глубиной из-за веса вышележащих слоев. Резкий рост на небольших глубинах указывает на слабые поверхностные слои (например, рыхлые насыпные грунты), а

на больших глубинах – на наличие уплотненных глин или суглинков.

Кривая 2 (справа) – начальное просадочное давление:

1) форма кривой: давление также увеличивается с глубиной, но зависимость ближе к линейной или слабо изогнутой. На малых глубинах значения могут быть выше, чем на левом графике, что указывает на необходимость меньшего дополнительного давления для просадки;

2) интерпретация: свидетельствует, какое дополнительное давление (кроме бытового) нужно приложить, чтобы началась просадка грунта. Более пологий характер кривой может означать, что с глубиной грунт становится менее просадочным (например, из-за увеличения плотности или уменьшения пористости).

Сравнение графиков.

- На малых глубинах (0–3 м) бытовое давление низкое, но начальное просадочное может быть значительным (например, для лессовых грунтов);
- на больших глубинах (более 5 м) оба давления растут, но разница между ними может сокращаться, что говорит об уменьшении просадочности.

Грунт на поверхности более склонен к просадке при малых нагрузках, но с глубиной эта способность снижается. Бытовое давление растет быстрее, чем просадочное, что может указывать на зоны, где риск просадки особенно высок (например, на глубине 2–4 м).

На основании представленных графиков можно определить мощность слабых грунтов. Данное исследование позволяет эффективно расположить проектируемое сооружение мостового перехода и выполнить замену слабых грунтов оснований.

На рис. 8 показан график зависимости относительной просадочности грунта от приложенного давления. Кривая просадки грунта имеет характерную форму. Вначале, при низком давлении (примерно до 0,05–0,1 МПа), просадочность близка к нулю или очень мала. Затем кривая круто возрастает, достигая максимума (пика просадки) при определенном давлении (в диапазоне 0,2–0,3 МПа). После этого пика просадочность может снижаться или стабилизироваться, что означает завершение основной фазы просадки.

На кривой можно выделить несколько участков. Первый – зона начального уплотне-

ния, где при малых давлениях грунт немного сжимается, но без существенной просадки. Далее следует зона активной просадки, в которой наблюдается резкий рост деформации из-за потери структурной прочности грунта (например, при разрушении пор или вымывании солей). После этого наступает зона стабилизации, где дальнейшее увеличение давления уже не вызывает значительной просадки, так как грунт уже уплотнился.

Ключевыми точками на графике являются: начальное просадочное давление (P_0) – минимальная нагрузка, при которой начинается просадка (точка перегиба в начале кривой); максимальная просадочность (ε_{\max}) – пик кривой, после которого деформации замедляются; давление стабилизации (P_{stab}) – нагрузка, при которой просадка практически прекращается. Такая кривая характерна для просадочных грунтов: чем круче подъем кривой, тем более опасен грунт для строительства, поскольку даже небольшая нагрузка может вызвать резкую просадку.

Практическое значение этого графика заключается в том, что он позволяет определить безопасную нагрузку на фундамент (например, чтобы давление не превышало P_0) и оценить необходимость укрепления грунта методами замены грунта, трамбовки, цементации или дренажа. Данные таблицы свидетельствуют, что коэффициент фильтрации грунта очень низкий, то есть отдача воды происходит крайне медленно и сложно.

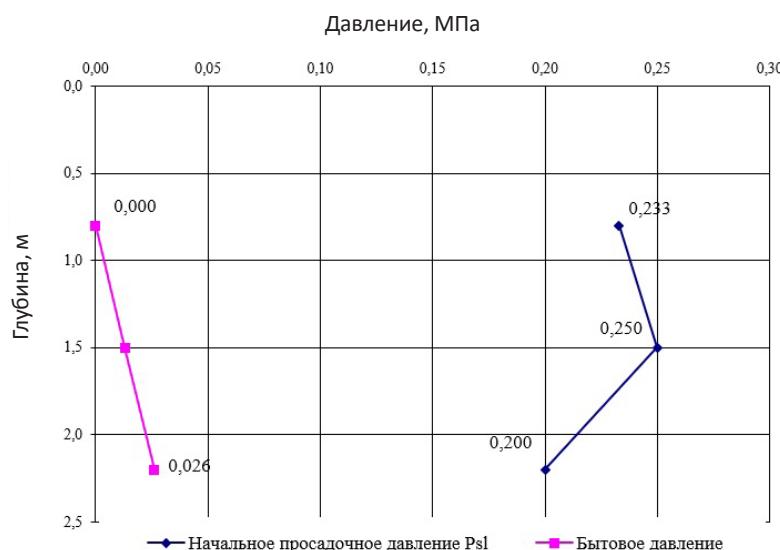


Рис. 7. Бытовое и начальное просадочное давление

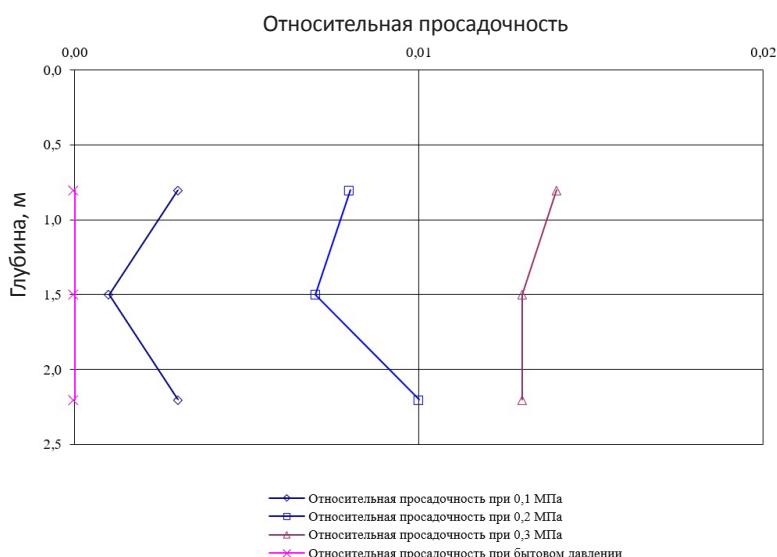


Рис. 8. Относительная просадочность при различных давлениях

Таблица. Результаты определения коэффициента фильтрации грунтов

Инженерно-геологические элементы	Скважина	Глубина отбора, м	Коэффициент фильтрации, м/сут
1	1	1,0	0,100
	1	2,0	0,089
	2	1,0	0,101
	4	1,0	0,088
Нормативное значение			0,095
3	1	3,0	0,075
	1	4,0	0,085
	3	2,0	0,113
	3	3,0	0,121
Нормативное значение			0,099
1a	2	2,0	0,122
	3	1,0	0,128
	3	1,5	0,099
Нормативное значение			0,099

Результаты исследования и их обсуждение

Расчет прочности и деформаций конструкций выполнен в программе *Plaxis* [6–9] для анализа взаимодействия системы «грунт – мостовой переход». Схема проектируемого мостового перехода (водопропускная система) представлена на рис. 9, 10. Для разработки технико-экономически эффективного конструктивного решения данного объекта рассмотрен вариант замены слабых грунтов основания бутовым камнем.

Для анализа напряженно-деформированного состояния грунтового массива и конструкции использован метод конечных элементов, позволивший учесть влияние уровня воды в канале на железобетонную конструкцию мостового перехода (рис. 11, 12). В расчетах рассмотрены два положения уровня воды в оросительном канале – высокий уровень (ВУВ) и низкий (НУВ), а также два сочетания нагрузок: основное (транспортные

нагрузки) и особое (транспортные нагрузки, а также сейсмическое воздействие 8 баллов). Сейсмические нагрузки учтены посредством коэффициента динамической сейсмичности $k_c = 0,05$ [17–19].

На рис. 12 показано распределение касательных напряжений (кПа) по глубине грунта (по левой грани мостового перехода) при воздействии транспортной нагрузки, приложенной по центру конструкции. Максимальные касательные напряжения наблюдаются с увеличением глубины, однако при достижении

отметки 8,34 м отмечается резкое снижение напряжений, что указывает на наличие более прочного грунта (грунт искусственного основания – гравийно-песчаная смесь). Сейсмические воздействия составляют не более 5 % и практически не влияют на касательные напряжения в сечении. При этом расположение транспортной нагрузки воздействует на величину касательных напряжений более чем на 40 %, что указывает на необходимость рассмотрения асимметрично приложенной нагрузки на мостовой переход.

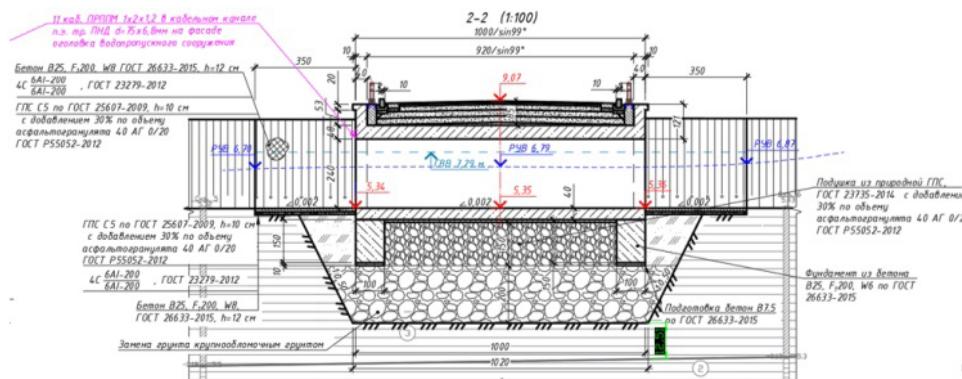


Рис. 9. Продольный разрез проектируемого мостового перехода

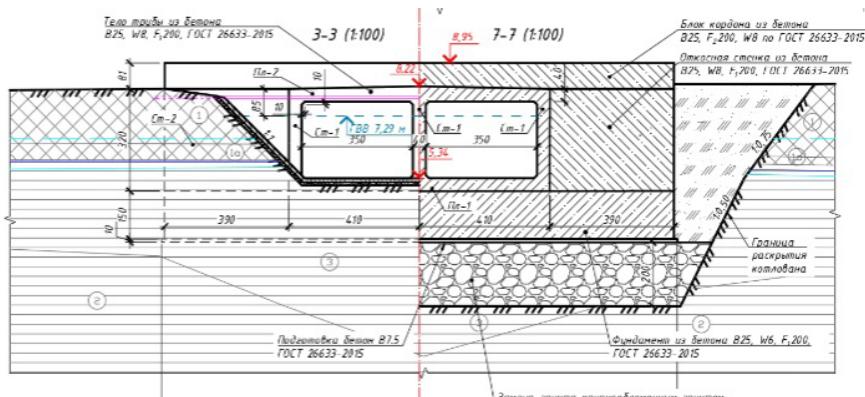


Рис. 10. Поперечный разрез проектируемого мостового перехода

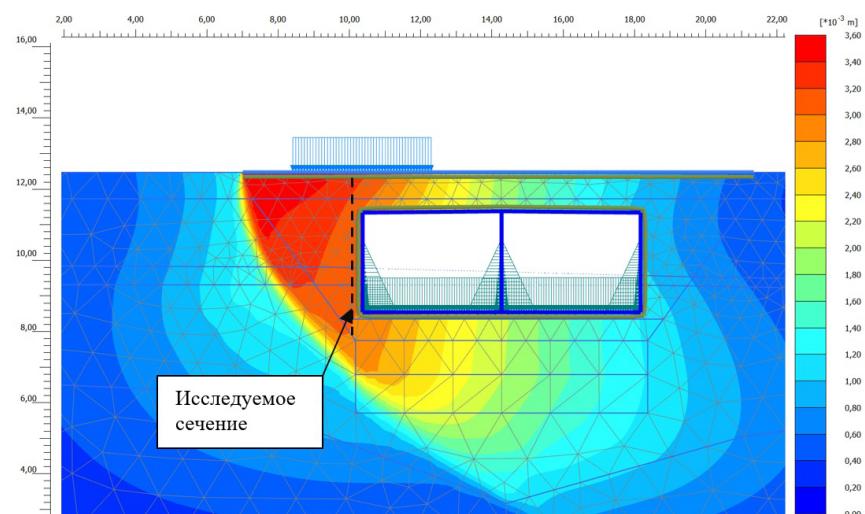


Рис. 11. Напряженно-деформированное состояние грунтового массива при нагрузке слева от мостового перехода

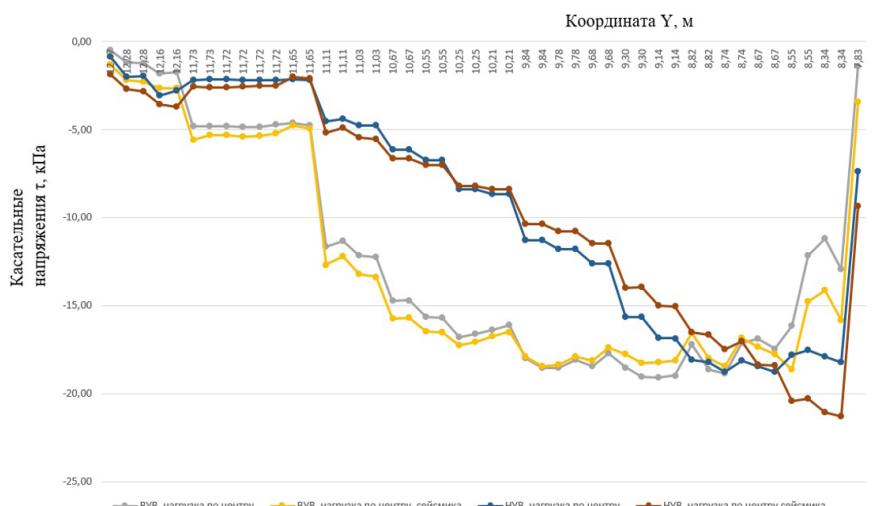


Рис. 12. График зависимости касательных напряжений по глубине грунтового массива при расположении транспортной нагрузки по центру мостового перехода

Исследование влияния уровня воды (ВУВ и НУВ) на касательные напряжения в грунте при расположении транспортной нагрузки слева от мостового перехода показало, что при ВУВ в оросительном канале напряжения возрастают из-за снижения несущей способности водонасыщенного грунта. Кривые для ВУВ и НУВ могут расходиться, показывая, насколько увлажнение усиливает деформационные процессы. Максимальные напряжения наблюдаются на уровне подошвы мостового перехода. Изменение уровня воды в оросительном канале приводит к колебаниям напряжений, что составляет 38 %. Сейсмические воздействия практически не оказывают воздействия; прирост напряжений составляет около 5 %.

В работе проведено исследование распределения касательных напряжений по глубине при разных положениях транспортной нагрузки (например, по центру, слева или справа) в рамках основного сочетания нагрузок (без учета сейсмики). Это позволило выявить асимметрию напряженного состояния и зоны риска при смещении нагрузки. При увеличении глубины влияние транспортной нагрузки снижается. Наиболее критичной ситуацией является наличие ВУВ при центрально расположенной нагрузке. Изменение касательных напряжений при повышении уровня воды в оросительном канале составляет 38 % при асимметричной нагрузке и до 60 % – при центральном нагружении. При учете сейсмических

воздействий (8 баллов) наблюдаются резкие перепады касательных напряжений на отметках подстилающего слоя грунта. Увеличение касательных напряжений при изменении положения нагрузки при ВУВ в оросительном канале составляет 34 %, при низком – 41 %.

Анализ изменения нормальных напряжений (σ) по глубине при основном сочетании нагрузок позволил выявить равномерное сжатие и локальные зоны разгрузки. При асимметричном положении нагрузки до координаты 10 м (по вертикали) уровень воды почти не влияет на нормальные напряжения, а далее происходит их снижение (результат гидростатического давления на массив грунта). Сейсмические воздействия приводят к увеличению нормальных напряжений в зонах водонасыщенного грунта, что указывает на риск локальных просадок или разрушения грунта при динамических нагрузках. Наиболее опасной расчетной ситуацией является низкий уровень воды в канале.

Для обеспечения нормальной эксплуатации системы «грунт – мостовой переход» в качестве мероприятий по усилению грунтов основания и предотвращения резких перепадов напряжений в качестве геотехнических решений строительства была выполнена замена слабого грунта ИГЭ-3 ($R_0 = 196$ кПа) на камень бутовый фр. 70–300 мм М800. Проверка несущей способности подстилающего слоя выполнена по СП 35.13330.2011¹, где расчетное сопротивление основания R составило 1373,62 кПа.

¹ Мосты и трубы: СП 35.13330.2011. Москва: ФГБУ «РСТ», 2024. 567 с.

Выводы

1. Компьютерное моделирование методом конечных элементов с использованием модели грунта Мора – Кулона в программе *Plaxis* позволило оценить напряженно-деформированное состояние грунтового массива под мостовым переходом с учетом вариаций уровня воды в оросительном канале и сейсмических воздействий. Полученные расчетные показатели деформации существующей конструкции мостового перехода коррелируют с данными рекогносцировочного обследования.

2. Изменение уровня воды в оросительном канале (высокий и низкий уровни воды) существенно влияет на распределение касательных напряжений в грунтовом массиве. При повышении уровня воды наблюдается рост касательных напряжений до 38 % из-за снижения несущей способности водонасыщенного грунта. Наибольшие напряжения фиксируются на уровне подошвы мостового перехода, что указывает на критическую зону влияния водонасыщения грунтов основания.

3. Расположение транспортной нагрузки (по центру и слева) значительно изменяет величину касательных напряжений – разница может превышать 40 %. Наиболее опасна ситуация центрального приложения нагрузки в сочетании с высоким уровнем воды, где изменение напряжений достигает 60 %. Асимметричное приложение нагрузки вызывает неравномерное распределение напряжений, формируя зоны риска в грунтовом массиве.

4. Сейсмические нагрузки (8 баллов) не оказывают существенного влияния на касательные напряжения, их вклад не превышает 5 %. Однако при сейсмическом воздействии наблюдаются резкие перепады напряжений на границах слоев грунта, особенно в подстилающих слоях. Нормальные напряжения в зонах водонасыщенного грунта под действием сейсмики увеличиваются, что повышает риск локальных

просадок или разрушения. Касательные напряжения возрастают с глубиной, но резко снижаются на отметке ~8,34 м, где расположен более прочный слой — гравийно-песчаная смесь искусственного основания.

5. Влияние транспортной нагрузки на напряжения уменьшается с увеличением глубины. Нормальные напряжения демонстрируют равномерное сжатие и локальные зоны разгрузки; ниже 10 м начинает заметно сказываться влияние гидростатического давления.

6. Замена слабого грунта (ИГЭ-3, $R_0 = 196$ кПа) на бутовый камень фр. 70–300 мм М800 позволила значительно повысить несущую способность основания. Расчетное сопротивление основания R после усиления составило 1373,62 кПа, что соответствует требованиям СП 35.13330.2011. Данное конструктивное решение обеспечивает снижение риска резких перепадов напряжений и повышает долговечность системы «грунт – мостовой переход».

7. При проектировании мостовых переходов в условиях изменяющегося уровня воды необходимо учитывать возможность роста касательных напряжений до 40 %. Обязателен учет асимметричного положения транспортной нагрузки в расчетных моделях. Хотя сейсмические воздействия незначительно влияют на средние значения напряжений, они могут вызывать локальные пики напряжений в переходных зонах грунтов. Необходим регулярный мониторинг уровня воды и состояния грунтов в зоне опор в целях безопасной эксплуатации сооружения.

8. Таким образом, проведенное исследование подтвердило высокую чувствительность системы «грунт – мостовой переход» к изменению уровня воды и схемы нагружения, а также показало эффективность применения усиления основания для обеспечения надежности и долговечности конструкции.

Библиографический список

1. Причины активизации оползня на Федеральной автомобильной дороге г. Сочи и мероприятия по его стабилизации / А. Н. Богомолов, С. И. Маций, С. Ю. Калашников [и др.] // Вестник Волгоград. гос. архитект.-строит. ун-та. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. – № 29 (48). – С. 6–14.
2. Стабилизация оползня на участке строительства железной дороги в г. Сочи / А. Н. Богомолов [и др.] // Вестник Волгоград. гос. архитект.-строит. ун-та. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. – № 29 (48). – С. 15–25.

3. Analysis of the stability of the Kuban river landslide slope involving the materials of land-slide hazard monitoring / M. A. Bandurin, V. A. Volosukhin, I. A. Prikhodko, A. A. Rudenko // Construction and Geotechnics. – 2023. – Vol. 14, No. 4. – P. 62–74. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2023.4.05>

4. Дегтярев, В. Г. Численное моделирование и цифровой математический анализ при исследовании сложных систем / В. Г. Дегтярев, Г. В. Дегтярев, О. Г. Дегтярева // Изв. Нижневолж. агрониверситет. комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 3 (71). – С. 540–553. <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2023-03-53>

5. Lari, S. A probabilistic approach for landslide hazard analysis / S. Lari, P. Frattini, G. B. Crosta // Engineering Geology. – 2014. – Vol. 182, Part A. – P. 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2014.07.015>

6. Finite-element simulation of possible natural disasters on landfall dams with changes in climate and seismic conditions taken into account / M. A. Bandurin [et al.] // Journal of Physics: Conf. Series 1015 (2018) 032011. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1015/3/032011>

7. Degtyarev, G. V. The water structures' operability analysis, taking into account damage and certain negative factors / G. V. Degtyarev, N. A. Bakhtamyan // IOP Conference Series: materials science and engineering. – 2020. – Vol. 913, No. 2. – P. 022–053. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/913/2/022053>

8. Сравнение расчетных методов «Мора – Кулона» и «упрочняющего грунта» при моделировании подпорных стен / С. И. Мацый, А. К. Рябухин, В. А. Лесной, Д. В. Лейер, Л. А. Сухляева // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Новочеркасск, 29–31 мая 2018 г. / Южно-Рос. гос. политех. ун-т им. М. И. Платова. – Новочеркасск : ООО «Лик, 2018». – С. 382–390.

Поступила 1 сентября 2025 г.

ПРИМЕНЕНИЕ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА СЛАБОВОДОПРОНИЦАЕМЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВАХ

А. И. Митрахович¹, кандидат технических наук
И. Ч. Казьмирук², кандидат технических наук

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

²Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Рассматривается использование сельскохозяйственного дренажа с фильтрующими засыпками на системах двухстороннего действия. На научной основе и практических данных доказывается целесообразность применения осушительно-увлажнительных систем, в том числе и на слабоводопроницаемых грунтах. В связи с изменением климата и уменьшением суммы осадков за вегетационный период предпочтительно подпочвенное увлажнение и орошение для создания благоприятных условий произрастания растений и получения устойчивых урожаев.

Ключевые слова: дренаж, осушительно-увлажнительная система, подпочвенное увлажнение, слабоводопроницаемые почвы, фильтрующая засыпка траншей.

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

APPLICATION OF DRAINAGE AND HUMIDIFICATION SYSTEMS ON LOW-PERMEABILITY MINERAL SOILS

Abstract. The article focuses on the use of agricultural drainage with filter backfills on two-way action systems. The feasibility of applying drainage and humidification systems, including on low-permeability soils, is substantiated based on scientific foundations and practical data. In connection with climate change and a decrease in the amount of precipitation during the growing season, it is recommended to use subsoil humidification and irrigation to create favorable conditions for plant growth and obtain stable yields.

Keywords: drainage, drainage and humidification system, subsoil humidification, low-permeability soils, filter backfill of a trench.

Введение

Современное высокопродуктивное земледелие на значительной части сельскохозяйственных угодий гумидной зоны невозможно без проведения мелиоративных мероприятий, регулирующих водный режим почв в пределах, обеспечивающих оптимальные условия развития растений.

Мелиоративные мероприятия должны быть направлены, прежде всего, на своевременное удаление из корнеобитаемого слоя избытков влаги и в то же время обеспечивать увлажнение в засушливые периоды вегетации растений. Функция мелиоративных систем в гумидной зоне заключается не только в регулировании водного режима корнеобитаемого слоя почв в пределах, обеспечивающих оптимальные условия для развития растений, но и в создании условий для проведения сельскохозяйственных работ, сохранения и улучшения природно-хозяйственных комплексов.

Мелиорация земель в гумидной зоне включает такие виды систем, как осушительные, осушительно-увлажнительные, оросительные, осушительно-оросительные. Наиболее перспективными считаются осушительно-увлажнительные системы, создаваемые на базе горизонтального дренажа; они должны обеспечивать отвод излишней воды из почвы при избыточном увлажнении и ее подачу в засушливые периоды.

Системы с подпочвенным увлажнением рекомендуется применять на равнинных или слабоуклонных спланированных землях при уклоне поверхности до 0,005 и коэффициенте фильтрации дренирующего слоя почвогрунтов более 0,5 м/сут, при близком залегании грунтовых вод на осушаемых землях с равнинным рельефом местности, включающим отдельные понижения глубиной не более 0,5 м.

К слабоводопроницаемым относятся преимущественно глинистые и суглинистые грунты, на которых формируются в том числе и дерново-подзолистые почвы. Низкая водопроницаемость этих почв связана с их составом и структурой. В Беларуси дерново-подзолистые заболоченные почвы занимают 2071,93 тыс. га площади пашни и 2886,5 тыс. га площади сельскохозяйственных угодий [1]. Наиболее

широко они распространены в Витебской обл. и занимают 62,3 % пашни и 59,7 % сельскохозяйственных угодий. В центральной части Беларуси эти почвы развиваются в нижних частях пологих склонов и на плоских местах с плохими условиями естественного дренирования. Меньше всего они распространены в Гродненской и Брестской обл. [2].

Результаты исследования и их обсуждение

На осушительно-увлажнительных системах подача воды для подпочвенного увлажнения осуществляется за счет использования поверхностных вод из естественных или искусственных водоемов (озер, водохранилищ) и водотоков (рек, каналов). Существует много конструкций осушительно-увлажнительных систем, в том числе и с механическим водоподъемом. Технологии подпочвенного увлажнения в легких грунтах с атмосферно-грнотовым водным питанием достаточно подробно изучены и широко внедрены в производство. Что касается применения подпочвенного увлажнения на слабоводопроницаемых почвах, здесь нет однозначного ответа, и большинство исследователей относятся к такому мероприятию скептически.

Подтверждением этого может служить опыт исследования (1980–1981 гг.) подпочвенного увлажнения на одном из объектов Витебской опытной мелиоративной станции, показавший отрицательные результаты. Увлажнение на исследуемом объекте осуществлялось путем подачи воды в канал и далее в устья коллекторов и дрен. Следует подчеркнуть, однако, что дренажная система была построена без применения фильтрующих элементов, обратная засыпка траншеи выполнялась вынутым грунтом. Исследованиями установлено, что при длительном увлажнении глинистые грунты размокают и теряют фильтрационную способность, что и произошло на объекте в Витебской обл. при подаче воды на увлажнение через засыпку дренажной траншеи глинистым грунтом.

Рассматривая возможности применения подпочвенного увлажнения, следует отметить причины, обуславливающие недостаточную эффективность осушения слабоводопроницаемых почвогрунтов.

При проведении полевых исследований в ходе раскопок дрен сотрудниками Института

мелиорации было установлено, что малая продуктивность вызвана слабой проницаемостью дренажной засыпки в нижней части дренажной траншеи, через которую в таких грунтах поступает вода с поверхности в дренажные трубы. Данное явление обусловлено разрушением комьев грунта засыпки, его оплыванием при застаивании воды в дренажной траншее, которое обычно происходит при пропуске весеннего половодья или во время летне-осенних паводков. Подпор воды в канале и истечение воды из дренажных устьев под уровень (затопленное истечение) вызывают подпор в коллекторах и дренах. В то же время при отсутствии подпора воды, высоком расположении устьев над дном канала дренажная засыпка из местного грунта сохраняет комковатую структуру и спустя 20–30 лет после строительства обладает относительно хорошей проницаемостью, обеспечивая осушительный эффект при работе мелиоративной системы только в режиме осушения. Объясняется это тем, что при нормально работающем дренаже (без застоя воды в дренажной траншее) вода быстро фильтрует через засыпку так, что комья грунта не успевают разрушаться и продолжительное время засыпка сохраняет свою рыхлую структуру. Если в песчаных грунтах временный подпор воды мало влияет на его дальнейшую проницаемость, то в глинистых грунтах застаивание воды в дренажной засыпке приводит к необратимому образованию в этой зоне пластичного слоя с очень низкой водопроницаемостью. Это связано с физико-механическими свойствами глинистых грунтов, их набухаемостью и размокаемостью. Возникновением данных явлений в слабоводопроницаемых грунтах и объясняется неудачный опыт применения осушительно-увлажнительных систем.

Есть и успешные примеры эксплуатации осушительно-увлажнительных систем на сла-

боводопроницаемых почвах. Украинскими учеными, которые проводили исследования на тяжелых слабоводопроницаемых грунтах в Закарпатской и Житомирской обл. [3], были получены положительные результаты при двухстороннем регулировании водного режима почв с применением горизонтального дренажа. Следует отметить, что украинские специалисты учитывали особенности технологии регулирования водного режима почв на дrenaх-собирателях со сплошной фильтрующей засыпкой дренажной траншеи или применение фильтрующих элементов (далее – ФЭ) на дrenaх. При анализе работы системы в режиме подпочвенного увлажнения и определении эффективности данного мероприятия был получен вывод о необходимости проведения глубокого рыхления на осушительно-увлажнительных системах для разуплотнения слабоводопроницаемой прослойки на контакте пахотного слоя с подстилающим грунтом.

Состояние мелиорируемых земель на суглинистых и глинистых почвах и их переувлажнение во многом определяется рельефом поверхности. Для лессовидных суглинков, например, характерна просадочность с образованием микро- и макропонижений. На 100 га площади приходится до 60, а в отдельных районах до 100 и более замкнутых западин, расчленяющих сельхозугодья на участки неправильной конфигурации. Для использования способов мелиорации таких почв необходимо знать закономерности регулирования водного режима в разных частях этого сложного естественного комплекса.

В 1981–82 гг. Институт мелиорации на одном из таких объектов со сложными природными условиями (на землях совхоза «Коммунист» Горецкого р-на Могилевской обл.) изучал формирование водного режима на лессах и лессовидных суглинках [4]. Было установлено, «что свыше 60 % западин имеют площадь до 0,2 га и только около 10 % – более 0,4 га» [4, с. 139]. Однако в результате недопашек, образовавшихся вокруг них, площадь, не использовавшаяся в сельскохозяйственном обороте, оказывалась в 2–10 раз больше самих западин. Водосборная площадь западин – 0,5–1,5 га; они представлены преимущественно глеевыми разновидностями суглинистых почв; некоторые заторфованы; коэффициент фильтрации

(k_f) пахотного слоя – 0,12–0,40 и подпахотного – 0,04–0,08 м/сут в зависимости от степени заболоченности.

Снежный покров и глубина промерзания почвы на элементах рельефа формировались по-разному. Максимальное промерзание почвы наблюдалось на повышенных элементах рельефа и достигало 110 см, в то же время в западинах почва промерзала не более 5–8 см, несколько глубже (15–24 см) – в седловинах и ложбинах. Столь разная глубина промерзания объясняется различной высотой снежного покрова и неоднородной влажностью почвы. Максимальная высота снежного покрова по среднемноголетним наблюдениям составила: в западинах – 68 см, на повышенных элементах рельефа – 19 см, в седловинах – 37 см. Большая глубина промерзания почвы на возвышенностях, выраженные уклоны поверхности в сторону западин в период снеготаяния и обильных дождей способствовали быстрому стеканию воды в понижения, особенно по замерзшей почве. После прохождения весеннего половодья вода в западинах сохранялась в течение 2,5–3 месяцев в сухие годы и на протяжении всего вегетационного периода – во влажные. Вода в западинах, даже при наличии дренажа, уменьшается в основном за счет испарения. Это говорит о том, что при планировании мелиоративных мероприятий следует учитывать природные особенности осушаемой территории.

Для выполнения мелиоративных работ на таких землях важно применение выборочного дренажа, прокладываемого по наиболее пониженным элементам рельефа с полной или частичной засыпкой западин, что дает существенный экономический эффект за счет сокращения протяженности дренажных линий. Для линейно-протяженных западин следует применять их раскрытие с устройством ложбины стока; для осушения западин площадью более 0,3 га целесообразен систематический дренаж, дополненный мероприятиями по организации поверхностного стока. Особое внимание следует уделять перераспределению стока по элементам рельефа, уменьшая приток поверхностной воды к понижениям и аккумулируя ее с помощью сплошного глубокого рыхления по перек склонов на тех повышенных элементах рельефа, которые не требуют осушения и где

в летний период ощущается недостаток влаги. Это увеличивает надежность работы мелиоративной системы и создает условия для выравнивания водного режима на объекте.

Закрытый горизонтальный дренаж не следует применять в глинистых и мергелевых почвах с залеганием водоупорных слоев ($k_f \leq 0,001$ м/сут) на глубине менее 0,4 м от поверхности, а также в пылеватых супесчаных и легкосуглинистых почвах с очень слабой водопроницаемостью пахотного слоя ($k_f \leq 0,04$ м/сут). При осушении таких почв хорошо зарекомендовали себя мероприятия по ускорению поверхностного стока: раскрытие и засыпка замкнутых понижений, устройство ложбин и воронок стока и др. Осушительные системы должны способствовать своевременному отводу поверхностных и инфильтрационных вод из верхнего слоя почвы в пределах 10–40 см в течение от 1–2 до 8 суток, обеспечивая оптимальные условия для роста и развития растений. Соблюдение сроков осушения верхнего (0–10 см) слоя почвы – наиболее существенный фактор снижения потерь урожая в результате переувлажнения.

Основным показателем, влияющим на выбор различных конструкций дренажа, является коэффициент фильтрации в нижней части почвенного профиля от подошвы глубокого рыхления до горизонта заложения дрен (обычно в пределах 0,4–1,1 м от поверхности земли). При $k_f > 0,1$ м/сут применяется обычный траншейный дренаж с обратной засыпкой траншеи вынутым грунтом. При этом коэффициент фильтрации дренажной засыпки по всему профилю, включая околодрененную зону, должен быть не менее 0,3 м/сут. Это обеспечивается за счет засыпки дренажной траншеи подсушенным грунтом, который приобретает комковатую структуру.

Однако следует учитывать, что применение фильтрующих материалов из местных грунтов, особенно гумусированного грунта и растительного слоя почвы, связано с оскудением плодородия – в результате выноса на поверхность земли глинистой породы на площадях около 17–28 % от общей площади осушения. Как показали исследования нашего института, срезка растительного слоя на 50 % (при его мощности 22–28 см) приводит к снижению урожайности до 10–15 %, а со всего пахотного слоя – до 37–58 % [5].

При осушении тяжелых почв дренажем с фильтрующими элементами обязательным условием является периодическое выполнение сплошного глубокого рыхления поперек дрен на глубину не менее 0,6–0,7 м. Глубина дрен в истоке при этом должна быть не менее 0,85 м. Рыхление следует проводить при влажности почвы 60–80 % наименьшей влагоемкости. Необходимость повторного глубокого рыхления устанавливается при снижении коэффициента фильтрации разрыхленного грунта в слое 0–0,4 м от поверхности до величины $k_f \leq 0,3$ м/сут. Обычно рыхление повторяют через 2–4 года.

Двухстороннее регулирование водного режима почв заключается не только в отводе избыточной влаги, но и в увлажнении в засушливое время, поскольку на протяжении вегетационного периода растения могут испытывать потребность во влаге при длительном отсутствии атмосферных осадков.

Подпочвенное увлажнение применяется на малоуклонном рельефе с небольшими перепадами высот. Подъем уровня воды в фильтрующей засыпке траншеи, а затем и в междрене – процесс инертный, протекает медленно, причем чем мельче частицы грунта, тем больше времени необходимо для подачи воды в корнеобитаемый слой. Если на дренаже имеются ФЭ, коэффициент фильтрации которых значительно выше, чем у грунта в междрене, то при применении подпочвенного увлажнения быстродействие таких систем выше, чем у мелиоративных систем без фильтрующих элементов. Подчеркнем, что подпочвенное увлажнение на слабоводопроницаемых почвах без ФЭ не рекомендуется.

Непременное условие эффективности подпочвенного увлажнения – обеспечение напора в дренах-увлажнителях, соответствующего пьезометрической отметке не ниже 0,3–0,4 м от поверхности земли. Указанный напор в данных дренах может быть обеспечен лишь при подаче воды в их истоки.

Следует отметить одну из важных характеристик водного режима – влажность почвы, которая имеет свойство распределяться по глубине неравномерно в течение времени. Был установлен характер изменения влажности слабоводопроницаемых почв – выше уровня поднятия воды в фильтрующей засыпке при ра-

боте осушительно-увлажнительной системы на слабоводопроницаемых почвах в режиме увлажнения [3]. Поскольку увлажнение слабоводопроницаемых почв – процесс инертный, то влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости, достигается только через 8 суток, при этом уровень воды в ФЭ располагается на 0,5 м от поверхности. Система была спроектирована таким образом, чтобы уровни воды в фильтрующей засыпке не поднимались выше 0,4 м и не вызывали кольматации верхней части фильтрующей засыпки пахотным слоем. Судя по расположению хроноизоплет, минимальная влажность в 30 % была превышена на вторые сутки. Влажность почвы выше уровня воды увеличивается за счет капиллярной каймы, которая в слабоводопроницаемых грунтах может достигать 3–4 метров. С некоторым опозданием влага становится доступной для растений, расположенных в междрене. Так, хроноизоплеты влажности (рисунок) де-

монстрируют режим ее изменения на разных глубинах грунта в течение 10 суток. Они позволяют выделять зоны с разными степенями доступности воды для растений. По хроноизоплетам можно оценивать почвенно-гидрологические условия, проявления анаэробных процессов, длительность влагообеспечения растений и другие важные параметры водного режима почв. Они позволяют визуализировать сложный динамический процесс распределения влажности по глубине в режиме подпочвенного увлажнения.

В настоящее время в Институте мелиорации разработаны конструкции колонок-поглотителей с использованием геокомпозитных материалов, существенно повышающих их пропускную способность. Колонки могут быть применимы на системах, предусматривающих регулирование водного режима на тяжелых суглинках.

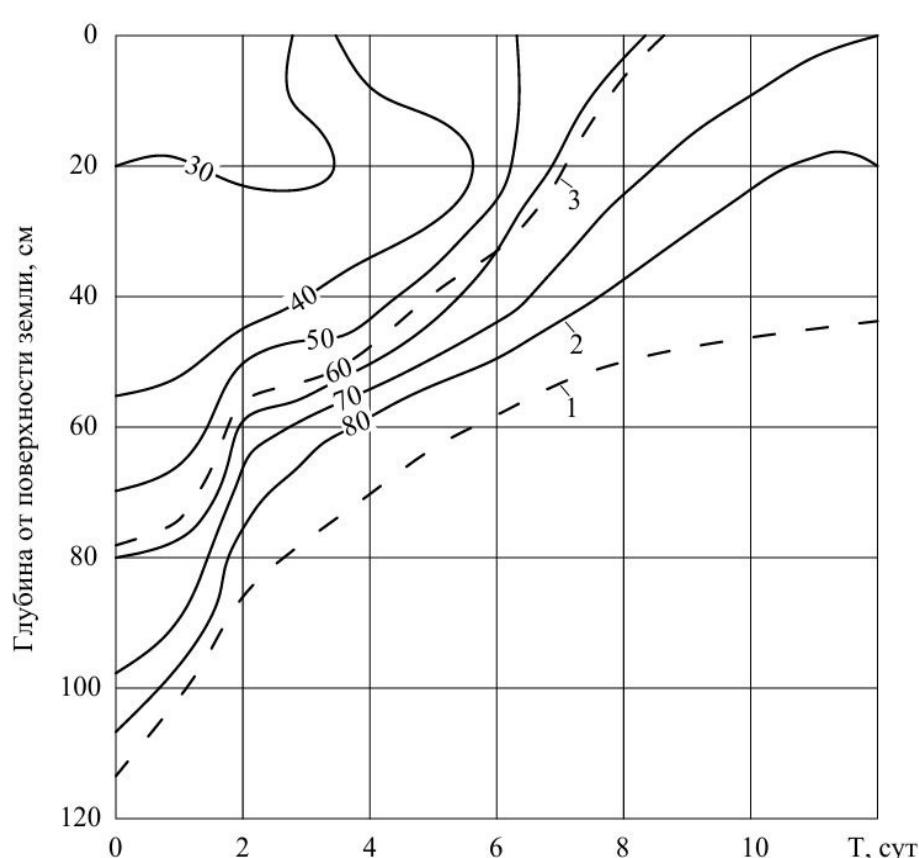


Рисунок. Динамика уровня воды в фильтрующей засыпке и влажности почвы (% от полной влагоемкости) при подпочвенном увлажнении [3]:

1 – уровень воды, см; 2 – хроноизоплеты влажности почвы, %;

3 – влажность, соответствующая наименьшей влагоемкости, %

Заключение

1. Анализ опыта отечественных и зарубежных исследователей показал, что при эксплуатации осушительно-увлажнительных систем с дренажем на землях со слабоводопроницаемыми почвами необходимо периодически проводить их сплошное глубокое рыхление на глубину до 70 см, но выше глубины заложения закрытого дренажа не менее, чем на 15–20 см. Необходимость повторного глубокого рыхления устанавливается при снижении коэффициента фильтрации в слое почвы 0–40 см до 0,3 м/сут.

2. Поскольку для лессовидных суглинков характерна просадочность с образованием микро- и макропонижений, в эксплуатационные работы на таких площадях рекомендовано включать: элементы организации поверхностного стока, устройство ложбин, строительство выборочного дренажа, прокладываемого по

наиболее пониженным элементам рельефа с полной или частичной засыпкой западин.

3. Непременным условием эффективного подпочвенного увлажнения земель со слабоводопроницаемыми почвами является создание в дренах-увлажнителях напора, соответствующего пьезометрической отметке не ниже 0,3–0,4 м от поверхности земли. Указанный напор может быть обеспечен при подаче воды в истоки дрен.

4. Для наиболее эффективного двустороннего регулирования водного режима на землях со слабоводопроницаемыми почвами предложена конструкция дренажной системы с горизонтальным дренажем с хорошо фильтрующими колонками-поглотителями, располагающимися на дренах в зоне возможного подпора из канала.

Acknowledgements. The studies were supported with The Belarusian Republican Foundation for Fundamental Research (agreement № T25MC-014).

Библиографический список

1. Романова, Т. А. Почвоведение в Беларуси: теория и научные основы природопользования / Т. А. Романова // Наука и инновации. – 2017. – № 10 (176). – С. 50–53.
2. Почвы БССР / П. П. Роговой [и др.] ; под ред. И. С. Лупиновича и П. П. Рогового. – Минск : Изд-во Академии наук Белорусской ССР, 1952. – 270 с.
3. Скрипник, О. В. Технология регулирования водного режима орошаемых земель / О. В. Скрипник, И. С. Сорока, В. П. Кубышкин. – Киев : Урожай, 1992. – 161 с.
4. Рудой, А. У. Исследование водного режима заболоченных почв, развитых на лессовидных породах / А. У. Рудой // Мелиорация переувлажненных земель : сб. науч. работ / БелНИИ мелиорации и луговодства. – Минск, 1984. – Т. 32. – С. 138–146.
5. Брусиловский, Ш. И. Мелиорация минеральных почв тяжелого механического состава / Ш. И. Брусиловский. – Минск : Ураджай, 1981. – 160 с.

Поступила 3 сентября 2025 г.

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

А. А. Константинов, аспирант

В. М. Лукашевич, кандидат сельскохозяйственных наук

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь

Аннотация. Представлены результаты водопотребления овощных культур (лук, редис, салат) на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в условиях капельного полива (полевые опыты 2021–2023 гг. в северо-восточной зоне Беларусь). Для определения водопотребления данных культур использовались метод водного баланса и метод максимальных суточных температур воздуха. В результате полевых опытов установлено, что водопотребление овощей на дерново-подзолистых суглинистых почвах зависит от тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода и норм капельного полива из-за неравномерности выпадения атмосферных осадков и распределения тепла внутри вегетационного периода. Это требует дополнительного увлажнения овощей как в засушливые, так и в средневлажные по осадкам годы.

Ключевые слова: лук, салат, редис, капельный полив, водопотребление, метод водного баланса, метод максимальных суточных температур, среднесуточное водопотребление.

A. A. Konstantinov, V. M. Lukashevich

WATER CONSUMPTION OF VEGETABLE CROPS

Abstract. The results of water consumption of vegetable crops (onions, radishes, lettuce) on sod-podzolic slightly loamy soils under drip irrigation conditions (field experiments 2021–2023 in the north-eastern zone of Belarus) are presented. To determine the water consumption of these crops, the water balance method and the method of maximum daily air temperatures were used. As a result of field experiments, it was established that the water consumption of vegetables on sod-podzolic loamy soils depends on the heat supply of the growing season and the norms of drip irrigation, due to the uneven precipitation and heat distribution within the growing season. It requires additional moistening of vegetables, both in dry and in years with moderately wet precipitation.

Keywords: onion, lettuce, radishes, drip irrigation, water consumption, water balance method, method of maximum daily temperatures, average daily water consumption.

Введение

Овощи – неотъемлемое звено в полноценном питании, которое обеспечивает человека жизненно необходимыми химическими компонентами, полностью или частично отсутствующими во многих продуктах животного происхождения. По данным Института питания Академии медицинских наук России, овощи на 15–25 % могут удовлетворить потребность человека в белках, на 50–60 % в углеводах и на 60–80% в витаминах и минералах [1].

Одной из задач государственной программы «Аграрный бизнес» на 2021–2025 гг. является производство к концу 2025 г. овощей в объеме 1,9 млн тонн в хозяйствах всех категорий при средней урожайности 335 центнеров с гектара и увеличение площади посева овощей в открытом грунте до 14,8 тыс. гектаров¹.

При интенсивных технологиях выращивания овощных культур, когда размер и качество получаемого урожая напрямую зависят от точности поддержания влажности почвы и режима питания растений, эффективно применение капельного орошения. Прибавка урожая при капельном орошении в сравнении с дождеванием составляет 50–80 % [2, 3]. При возделывания конкретной овощной культуры экономия трудозатрат на единицу площади по сравнению с методом дождевания составляет 60–65 %, а экономия поливной воды – 40–45 %. Возможность обеспечить подачу удобрений с поливной водой позволяет оптимизировать пищевой режим растений с учетом их потребности в различные фазы роста и развития, при

¹ О государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 1 февр. 2021 г. № 59. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100059> (дата обращения: 10.08.2025).

этом количество вносимых минеральных удобрений сокращается на 50 %.

Анализ условий естественной влагообеспеченности минеральных почв Беларуси свидетельствует о крайней неравномерности распределения осадков как по годам, так и в отдельные периоды вегетации. В итоге не обеспечивается оптимальный водный режим почв для овощей. Недостаток увлажнения минеральных почв за летний период в сухой год повторяемостью один раз в 5 лет составляет от 80–150 мм в северной части страны до 190–240 мм – в южной [4].

Установлено, что на урожайность овощных культур в значительной мере влияет влагообеспеченность [3–5]. При снижении влажности почвы ниже 60 % наименьшей влагоемкости (НВ) даже на короткий период времени урожайность снижается в 2–4 раза, поэтому в регионах с неустойчивой естественной влагообеспеченностью возникает потребность в орошении.

Одной из основных расходных статей водного баланса корнеобитаемого слоя почвы, определяющей в значительной степени поливные режимы сельскохозяйственных культур, является водопотребление [4]. Наиболее достоверные данные о водопотреблении сельскохозяйственных культур можно получить на основании непосредственных полевых измерений путем расчета водного баланса, что дает вполне надежные и репрезентативные данные и применимо для определения средневзвешенных величин суммарного испарения и влагообмена. Достоверность метода зависит от точности измерения запасов почвенной влаги. Расчет текущих влагозапа-

сов основывается на уравнении водного баланса активного слоя почвы. Обычно уравнение водного баланса используют при условии глубокого залегания грунтовых вод и малых величин поверхностного стока на участке орошения¹:

$$W_k = W_h + P + m - \varphi \cdot E_m - C, \quad (1)$$

где W_h и W_k – начальные и конечные влагозапасы в расчетном слое за рассматриваемый период, мм;

P – осадки за расчетный период, мм;

m – поливная норма, мм;

φ – коэффициент, учитывающий зависимость водопотребления от увлажнения почвы; определялся в зависимости от водно-физических свойств почвы согласно [5];

E_m – максимальное водопотребление культуры (суммарное испарение, эвапотранспирация) при оптимальных влагозапасах, мм;

C – потери воды на внутрипочвенном и поверхностном стоках, мм.

Экспериментально и в ходе опытов доказано, что имеется тесная корреляция между водопотреблением орошаемых культур и средней за расчетный период максимальной суточной температурой воздуха. Для вычислений водопотребления (E_m , м³/га) применяется формула согласно ТКП 45-3.04-178-2009 (02250):

$$E_m = k_m \cdot t_m \cdot n, \quad (2)$$

где k_m – биологический коэффициент, рассчитанный по максимальной температуре воздуха;

t_m – максимальная суточная температура воздуха, средняя за расчетный период, °C;

n – количество суток.

Основная часть

Полевые опыты проводились на учебно-опытном орошаемом поле Белорусской сельскохозяйственной академии в 2021–2023 гг. Почвы дерново-подзолистые суглинистые; водно-физические свойства почвы в слое 0–100 см в среднем характеризуются следующими показателями: плотность – 1,44 г/см³, плотность твердой фазы – 2,66 г/см³, НВ – 23,04 % к массе сухой почвы.

Схема опыта включала следующие варианты: 1 – капельный полив овощей при снижении предполивной влажности до уровня 80 % НВ; 2 – капельный полив овощей при снижении предполивной влажности до уровня 70 % НВ; 3 – капельный полив овощей при снижении предполивной влажности до уровня 60 % НВ; 4 – контроль (без капельного полива).

¹ Оросительные системы. Правила проектирования: ТКП 45-3.04-178-2009 (02250). Введ. 29.12.2009 г. № 441. Минск: Минстройархитектура, 2010. 70 с.

Опыты проводились по общепринятой методике Б. А. Доспехова [6]. Поливы осуществляли капельной системой орошения фирмы ООО «Аквафлора». Уклон участка не более 0,005. Верхним пределом оптимального увлажнения почвы принята наименьшая влагоемкость. Сроки полива устанавливали по мере снижения влажности почвы до нижнего предполивного предела в расчетном слое почвы, при этом влажность почвы определяли с интервалом 1–3 суток. За расчетный слой почвы принят слой 0–30 см. Норма полива контролировалась счетчиком воды по продолжительности полива [7].

В Беларуси применяется общепринятая технология возделывания изучаемых овощных культур; предшественниками изучаемых овощей являются злаковые культуры.

Вносились следующие минеральные удобрения: для лука – $N_{60}P_{60}K_{60}$ под планируемую урожайность 20 т/га; 2/3 $P_{60}K_{60}$ осенью под зяблевую вспашку, 1/3 $P_{60}K_{60}$, 2/3 N_{60} в предпосевную культивацию; 1/3 N_{60} в фазу 2–3 настоящих листьев в качестве подкормки (карбамид).

Под редис и салат удобрения не вносились ввиду скороспелости растений и с целью предотвращения накопления нитратов. Срок сева лука – 1-я декада мая. Весенний посев редиса проводился одновременно с посевом лука. Посев салата – 3-я декада июня, после завершения уборки весеннего посева редиса. Осенний посев редиса осуществляли после уборки салата, во 2-й декаде августа.

При посева лука применялся двухстрочный способ по схеме 15 + 62; аналогичен посев и у редиса. Салат высевали по той же схеме с последующим прореживанием, оставляя в строчке расстояние между соседними растениями, соответствующее расположению капельниц в капельной трубке.

Результаты расчетов по определению водопотребления овощей представлены в табл. 1. В числителе указано водопотребление, рассчитанное методом водного баланса, в знаменателе – методом максимальных суточных температур.

Значения водопотребления, выявленные методом водного баланса, по годам иссле-

дований изменялись. В вариантах с естественным увлажнением: для лука – от 2406 до 2777 м³/га; для редиса (весенний посев) – от 312 до 1218 м³/га; для салата – от 925 до 1819 м³/га; для редиса (осенний посев) – от 308 до 1265 м³/га. Приведем изменения водопотребления при капельном орошении: для лука – от 2324 до 3439 м³/га; редиса (весенний посев) – от 315 до 1460 м³/га; для салата – от 9918 до 1900 м³/га; для редиса (осенний посев) – от 307 до 1403 м³/га.

Расчет методом максимальных суточных температур показал, что водопотребление в варианте 1 по годам исследований изменялось: для лука – от 3224 до 3526 м³/га; для редиса (весенний посев) – от 651 до 1327 м³/га; для салата – от 1133 до 1966 м³/га; для редиса (осенний посев) – от 510 до 1507 м³/га; в вариантах 2, 3, 4: для лука – от 2528 до 3384 м³/га; для редиса (весенний посев) – от 383 до 1317 м³/га; для салата – от 1115 до 1958 м³/га; для редиса (осенний посев) – от 320 до 1508 м³/га.

Средние значение биотермических коэффициентов водопотребления овощей за вегетационные периоды 2021–2023 гг., рассчитанные по методу максимальных суточных температур, представлены в табл. 2.

За три года исследований разница полученных значений водопотребления по методу водного баланса и методу максимальных суточных температур составляет менее 10 %, что говорит о достоверности проведенных опытов и точности выбранных методов. Связь полученной урожайности овощей с водопотреблением культур установлена с помощью показателя продуктивности использования ресурсов влаги, а именно коэффициента водопотребления (K_y), выражающий расход воды на единицу массы полученной урожайности и являющийся частным от деления суммарного водопотребления культуры на ее урожайность.

Значения коэффициента водопотребления в вариантах опыта представлены в табл. 3. В числителе показано водопотребление, рассчитанное методом водного баланса, в знаменателе – методом максимальных суточных температур.

Таблица 1. Водопотребление овощей, Е, м³/га

Лук					
Год	Без орошения и удобрения	Без орошения с удобрением	60 % НВ	70 % НВ	80 % НВ
	0–30	0–30	0–30	0–30	0–30
2021	<u>2655</u> 2528	2777	<u>2865</u> 2753	<u>3079</u> 2994	<u>3439</u> 3224
2022	<u>2582</u> 2916	2520	<u>2718</u> 3067	<u>3223</u> 3384	<u>3411</u> 3526
2023	<u>2415</u> 2828	2406	<u>2324</u> 2828	<u>2719</u> 3318	<u>3176</u> 3460
Среднее	<u>2551</u> 2757	2568	<u>2635</u> 2883	<u>3007</u> 3232	<u>3342</u> 3403
Редис (весенний посев)					
Год	Без орошения	60 % НВ	70 % НВ	80 % НВ	
	0–30	0–30	0–30	0–30	
2021	<u>713</u> 749	<u>714</u> 749	<u>737</u> 750	<u>749</u> 751	
2022	<u>1218</u> 1297	<u>1252</u> 1307	<u>1303</u> 1317	<u>1460</u> 1327	
2023	<u>312</u> 383	<u>315</u> 383	<u>353</u> 416	<u>588</u> 651	
Среднее	<u>748</u> 810	<u>760</u> 813	<u>798</u> 828	<u>932</u> 910	
Салат					
Год	Без орошения	60 % НВ	70 % НВ	80 % НВ	
	0–30	0–30	0–30	0–30	
2021	<u>925</u> 1154	<u>1449</u> 1724	<u>1484</u> 1792	<u>1607</u> 1828	
2022	<u>951</u> 1115	<u>992</u> 1115	<u>1021</u> 1124	<u>1095</u> 1133	
2023	<u>1819</u> 1935	<u>1724</u> 1935	<u>1856</u> 1958	<u>1900</u> 1966	
Среднее	<u>1232</u> 1401	<u>1388</u> 1591	<u>1454</u> 1625	<u>1534</u> 1642	
Редис (осенний посев)					
Год	Без орошения	60 % НВ	70 % НВ	80 % НВ	
	0–30	0–30	0–30	0–30	
2021	<u>1265</u> 1469	<u>1370</u> 1508	<u>1372</u> 1500	<u>1403</u> 1507	
2022	<u>272</u> 320	<u>371</u> 458	<u>412</u> 498	<u>443</u> 539	
2023	<u>308</u> 421	<u>307</u> 421	<u>337</u> 442	<u>456</u> 510	
Среднее	<u>615</u> 737	<u>682</u> 796	<u>707</u> 813	<u>767</u> 852	

Таблица 2. Среднее значение биотермических коэффициентов водопотребления овощей

Месяц	Декада	Биотермические коэффициенты, мм/°С			
		Лук	Редис (весенний посев)	Салат	Редис (осенний посев)
Май	2	0,06	0,08	–	–
	3	0,07	0,14	–	–
Июнь	1	0,08	0,14	–	–
	2	0,11	–	–	–
	3	0,15	–	–	–
Июль	1	0,19	–	0,10	–
	2	0,24	–	0,15	–
	3	0,26	–	0,12	–
Август	1	0,22	–	0,13	–
	2	0,17	–	–	–
	3	0,11	–	–	0,09
Сентябрь	1	–	–	–	0,13
Среднее за вегетацию		0,15	0,12	0,13	0,11

Таблица 3. Суммарное водопотребление, урожайность и коэффициент водопотребления овощей (2021–2023 гг.)

Год	Предполивная влажность, % НВ	Водопотребление, м ³ /га	Урожайность, т/га	Коэффициент водопотребления k_y , м ³ /т
Лук				
2021	Без орошения и удобрений	2655 2528	15,48	<u>172</u> <u>163</u>
	Без орошения с удобрением	2777 2528	17,75	<u>156</u> <u>142</u>
	60 % НВ	2865 2753	27,0	<u>106</u> <u>102</u>
	70 % НВ	3079 2994	28,26	<u>109</u> <u>106</u>
	80 % НВ	3439 3224	44,67	<u>77</u> <u>72</u>
2022	Без орошения и удобрений	2582 2916	14,10	<u>183</u> <u>207</u>
	Без орошения с удобрением	2520 2916	16,34	<u>154</u> <u>178</u>
	60 % НВ	2718 3067	26,30	<u>103</u> <u>117</u>
	70 % НВ	3223 3384	38,76	<u>83</u> <u>87</u>
	80 % НВ	3411 3526	42,79	<u>80</u> <u>82</u>

Продолжение табл. 3

2023	Без орошения и удобрений	<u>2415</u> 2828	11,36	<u>213</u> 249
	Без орошения с удобрением	<u>2406</u> 2828	13,74	<u>175</u> 206
	60 % НВ	<u>2324</u> 2828	13,68	<u>170</u> 207
	70 % НВ	<u>2719</u> 3318	31,57	<u>86</u> 105
	80 % НВ	<u>3176</u> 3460	45,13	<u>70</u> 77
Среднее	Без орошения и удобрений	<u>2551</u> 2758	13,65	<u>187</u> 202
	Без орошения с удобрением	<u>2568</u> 2758	15,94	<u>161</u> 173
	60 % НВ	<u>2635</u> 2883	22,33	<u>118</u> 129
	70 % НВ	<u>3007</u> 3230	32,86	<u>92</u> 98
	80 % НВ	<u>3342</u> 3401	44,20	<u>76</u> 77
Редис (весенний посев)				
2021	Без орошения	<u>713</u> 749	24,73	<u>29</u> 30
	60 % НВ	<u>714</u> 749	25,81	<u>28</u> 29
	70 % НВ	<u>737</u> 750	34,95	<u>21</u> 21
	80 % НВ	<u>749</u> 751	36,56	<u>20</u> 21
2022	Без орошения	<u>1218</u> 1297	15,30	<u>74</u> 85
	60 % НВ	<u>1252</u> 1307	16,50	<u>76</u> 79
	70 % НВ	<u>1303</u> 1317	16,75	<u>78</u> 79
	80 % НВ	<u>1460</u> 1327	29,50	<u>50</u> 45
2023	Без орошения	<u>312</u> 383	23,17	<u>13</u> 17
	60 % НВ	<u>315</u> 383	24,89	<u>13</u> 15
	70 % НВ	<u>353</u> 416	31,54	<u>11</u> 13
	80 % НВ	<u>588</u> 651	38,26	<u>15</u> 17
Среднее	Без орошения	<u>713</u> 749	21,07	<u>34</u> 36
	60 % НВ	<u>714</u> 749	22,40	<u>32</u> 34
	70 % НВ	<u>737</u> 750	27,75	<u>27</u> 27
	80 % НВ	<u>749</u> 751	34,77	<u>22</u> 22

Салат				
2021	Без орошения	925 1154	0	-
	60 % НВ	1449 1724	5,05	287 341
	70 % НВ	1484 1792	6,21	239 289
	80 % НВ	1607 1828	7,96	202 230
2022	Без орошения	951 1115	2,79	341 400
	60 % НВ	992 1115	2,84	349 393
	70 % НВ	1021 1124	3,96	258 284
	80 % НВ	1095 1133	9,44	116 120
2023	Без орошения	1819 1935	3,45	527 561
	60 % НВ	1724 1935	3,43	503 564
	70 % НВ	1856 1958	5,38	345 364
	80 % НВ	1900 1966	8,65	220 227
Среднее	Без орошения	1232 1365	2,08	592 656
	60 % НВ	1388 1560	3,77	368 414
	70 % НВ	1454 1587	5,18	281 306
	80 % НВ	1534 1604	8,68	177 185
Редис (осенний посев)				
2021	Без орошения	1265 1469	7,42	170 198
	60 % НВ	1370 1508	9,34	147 161
	70 % НВ	1372 1500	9,35	147 160
	80 % НВ	1403 1507	14,20	99 106
2022	Без орошения	272 320	23,70	11 14
	60 % НВ	371 458	25,20	15 18
	70 % НВ	412 498	29,0	14 17
	80 % НВ	443 539	34,67	13 16

2023	Без орошения	<u>308</u> 421	22,25	<u>14</u> 19
	60 % НВ	<u>307</u> 421	24,30	<u>13</u> 17
	70 % НВ	<u>337</u> 442	31,60	<u>11</u> 14
	80 % НВ	<u>456</u> 510	36,90	<u>12</u> 14
Среднее	Без орошения	<u>615</u> 784	17,79	<u>35</u> 44
	60 % НВ	<u>682</u> 844	19,61	<u>35</u> 43
	70 % НВ	<u>707</u> 862	23,32	<u>30</u> 37
	80 % НВ	<u>767</u> 901	28,59	<u>27</u> 32

В 2021 г. значения коэффициента водопотребления при естественном увлажнении составили: для лука – 172 м³/т (163 – по методу максимальных суточных температур); для редиса (весенний посев) – 29 (30) м³/т; для салата – 0,0 м³/т; для редиса (осенний посев) – 170 (198) м³/т.

В вариантах с капельным орошением: для лука наибольшее значение k_y зафиксировано в варианте 2 – 109 (106) м³/т. В варианте 3 для редиса весеннего посева – 28 (29) м³/т; для салата – 287 (341) м³/т; для редиса осеннего посева – 147 (161) м³/т.

Минимальные значения k_y в вариантах опыта 1: для лука – 77 (72) м³/т; для редиса (весенний посев) – 20 (21) м³/т; для редиса (осенний посев) – 99 (106) м³/т; для салата – 202 (230) м³/т.

В 2022 г. в варианте с естественным увлажнением коэффициент k_y имел следующие значения: для лука – 183 (207) м³/т; для редиса (весенний посев) – 74 (79) м³/т; для салата – 341 (400) м³/т; для редиса (осенний посев) – 11 (14) м³/т.

В вариантах с капельным орошением значения коэффициента распределились следующим образом: в варианте 1 – 80 (82) м³/т для

лука; 75 (68) м³/т для редиса (весенний посев); 116 (120) м³/т для салата; 13 (16) м³/т для редиса (осенний посев); в варианте 2 – 83 (87) м³/т для лука; 78 (79) м³/т для редиса (весенний посев); 258 (284) м³/т для салата; 14 (17) м³/т для редиса (осенний посев); в варианте 3 – 103 (117) м³/т для лука; 82 (85) м³/т для редиса (весенний посев); 349 (393) м³/т для салата; 15 (18) м³/т для редиса (осенний посев).

В 2023 г. значения коэффициента k_y на вариантах опыта с естественным увлажнением составили: для лука – 213 (249) м³/т; для редиса (весенний посев) – 13 (17) м³/т; для салата – 527 (561) м³/т; для редиса (осенний посев) – 14 (19) м³/т.

В вариантах с капельным орошением коэффициент k_y принял следующие значения: в варианте 1 – 70 (77) м³/т для лука; 15 (17) м³/т для редиса (весенний посев); 220 (227) м³/т для салата; 12 (14) м³/т для редиса (осенний посев), в варианте 2 – 86 (105) м³/т для лука; 11 (13) м³/т для редиса (весенний посев); 345 (364) м³/т для салата; 11 (14) м³/т для редиса (осенний посев); в варианте 3 – 170 (207) м³/т для лука; 13 (15) м³/т для редиса (весенний посев); 503 (564) м³/т для салата; 13 (17) м³/т для редиса (осенний посев).

Выводы

В результате полевых опытов установлено, что из-за неравномерности выпадения атмосферных осадков и распределения тепла внутри вегетационного периода требуется дополнительное увлажнение овощей как в засушливые, так и в средневлажные по осадкам годы.

Водопотребление овощей на дерново-подзолистых суглинистых почвах зависит от тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода, норм капельного полива и составляет при естественном увлажнении в слое 0–30 см: лука (без удобрений) – от 242 до 266 мм;

лука с удобрением – от 241 до 278 мм; редиса весеннего посева – от 31 до 122 мм; салата – от 93 до 182 мм; редиса осеннего посева – от 31 до 127 мм.

При капельном поливе в слое 0–30 водопотребление лука – от 232 до 344 мм; редиса весеннего посева – от 32 до 146 мм; салата – от 99 до 190 мм; редиса осеннего посева – от 31 до 140 мм.

Библиографический список

1. Овощеводство : учебник / Г. И. Тараканов, В. Д. Мухин, К. А. Шунин [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос-С, 2003. – 472 с.
2. Лукашевич, В. М. Режим орошения репчатого лука в условиях северо-восточной зоны Беларуси / В. М. Лукашевич, А. А. Константинов // Мелиорация. – 2025. – № 2 (112). – С. 17–24.
3. Константинов, А. А. Экономическая эффективность возделывания овощных культур при капельном поливе в северо-восточной зоне Беларуси / А. А. Константинов, В. М. Лукашевич // Мелиорация. – 2025. – № 2 (112). – С. 32–38.
4. Голченко, М. Г. Потребность и эффективность орошения сельскохозяйственных угодий в условиях Могилевской области / М. Г. Голченко, В. И. Желязко, О. А. Шавлинский // Вестник Белорус. гос. с.-х. академии. – 2013. – № 1. – С. 73–78.
5. Лихацевич, А. П. Дождевание сельскохозяйственных культур. Основы режима при неустойчивой естественной влагообеспеченности / А. П. Лихацевич. – Минск : Беларус. наука, 2005. – 278 с.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – Москва : Колос, 1985. – 352 с.

Поступила 5 сентября 2025 г.

ПОВЕРХНОСТНЫЙ СТОК С МЕЛИОРИРУЕМОГО АГРОЛАНДШАФТА В УСЛОВИЯХ МЕЩЁРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

П. И. Пыленок, доктор технических наук

Мещёрский филиал ФГБУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.И. Костякова», г. Рязань, Россия

Аннотация. В ходе натурного эксперимента и агроэкологического мониторинга выполнена оценка количества и качества дождевого поверхностного стока летнего периода и его воздействия на окружающую природную среду в условиях мелиорируемого агроландшафта. Установлено, что при выпадении атмосферных осадков в размере 89 мм за декаду с максимальной интенсивностью более 1 мм/мин на катене локального водосбора мелиорируемого агроландшафта формировался максимальный модуль дождевого поверхностного стока в размере 0,0148 л/с•га. Качество воды поверхностного стока по основным показателям сопоставимо с качеством дренажных вод и отличается от последних только более высоким сухим остатком. В условиях использования почв катены под травами и лесом большинство показателей дренажных и поверхностных вод не превышает предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Исключение составляют железо общее и аммиачный азот, концентрация которых превышает ПДК рыбохозяйственного водопользования соответственно в 1,5 раза и 5 раз, что создает риски эвтрофирования природных вод.

Ключевые слова: дождевой поверхностный сток, осушение, катена, агроэкологический мониторинг, дренажные и поверхностные воды, концентрация загрязняющих веществ.

P. I. Pylenok

SURFACE RUNOFF FROM THE RECLAMED AGRO-LANDSCAPE IN THE CONDITIONS OF THE MESHCHERSKY LOWLAND

Abstract. In the field experiment and agroecological monitoring, an assessment of the quantity and quality of summer rain surface runoff and its impact on the environment in a reclaimed agricultural landscape was carried out. It was found that when precipitation fell in the amount of 89 mm per decade with a maximum intensity of more than 1 mm/min, the maximum modulus of rain surface runoff in the amount of 0.0148 l/s•ha was formed in the catenae of the local catchment area of the reclaimed agricultural landscape. According to the main indicators, the quality of surface runoff water is comparable to the quality of drainage water and differs from the latter only in a higher dry residue. Under conditions of using catena soils under grasses and forests, most indicators of drainage and surface waters do not exceed the maximum permissible concentrations of pollutants. The exceptions are total iron and ammonia nitrogen, the concentration of which exceeds the MPC of fisheries water use by 1.5 times and 5 times, respectively, which creates risks of eutrophication of natural waters.

Keywords: rain surface runoff, drainage, catena, agroecological monitoring, drainage and surface waters, concentration of pollutants.

Введение

Для гидрологических расчетов осушительных систем важно рассматривать дождевой поверхностный сток на осушаемых водосборах, размер которого для целей проектирования гидромелиоративной сети и норм осушения устанавливается для лет расчетной обеспеченности по осадкам [1–3].

В зависимости от интенсивности хозяйственного использования, степени распаханности земель и растительного покрова поверхностный сток в различной степени может оказывать влияние на общее экологическое

состояние агроландшафта, особенно в части загрязнения природных вод [4]. При этом качество поверхностного стока для этих целей может быть определено только экспериментально. Актуальность изучения количества и качества поверхностного стока возрастает в связи с изменением климата.

Цель работы – получение экспериментальных данных о количестве и качестве поверхностного дождевого стока в течение летнего периода и оценке его влияния на качество дренажных и природных вод.

Материалы и методы исследования

Исследования выполнены в 2021–2023 гг. в Центральной Мещёре в бассейне гидромелиоративной системы (ГМС) «Вожа» с использованием ландшафтного подхода, водного баланса, натурного эксперимента и агромелиоративного мониторинга [1, 5–7].

Опытный участок с осушительным модулем и прилегающих к нему территорий представляет собой катену южной экспозиции. Для проведения мониторинга участок оборудован сетью режимных скважин для измерения грунтовых вод, гидрометрическим постом с водосливом и водобалансовыми площадками с лизиметрами конструкции Всероссийского НИИ гидротехники и мелиорации, почвенными испарителями ГГИ-500-50. Количество и интенсивность атмосферных осадков измерялись с помощью почвенного дождемера ГР-28 и плювиографа П-2М, а сток с локального водосбора – с помощью трапецеидального водослива с тонкой стенкой, установленного в устье дренажного модуля. Координаты водомерного поста 55.284022° с. ш. и 40.251535° в. д.

Почвенный покров локального водосбора представлен дерново-слабоподзолистыми почвами элювиальной фации (водораздел, вершины холмов и грив с глубиной залегания грунтовых вод 1,2–1,94 м от поверхности земли), дерново-слабо- и среднеподзолистыми с различной степенью оглеения почвами трансэлювиальной и трансааккумулятивной фаций (средняя часть склона с глубиной грунтовых вод 0,7–1,7 м) и дерново-подзолистыми глеевыми почвами супераквальной фации (нижние части склонов с глубиной грунтовых вод 0,6–1,1 м). Почвообразующими породами являются пески и супеси с объемной плотностью 1,45–1,60 г/см³ в песчаном слое и плотностью твердой фазы 2,55–2,61 г/см³. Водоотдача почвогрунтов составляет 0,07–0,10, наименьшая влагоемкость в корнеобитаемом слое – 23–33 % от объема и 18–25 % от объема в подстилающем слое. Почвы отличаются низким уровнем естественного плодородия и повышенной кислотностью, типичны для изучаемого региона.

Наблюдения за дождевым поверхностным стоком проводились на локальном водосборе площадью 2,315 км², осушаемом открытыми каналами, представленном на рис. 1.

Протяженность осушительной открытой сети – 2340 м, а коэффициент дренированности – 11 м/га. Отметка поверхности земли в супераквальной части водосбора составляет 115,6 м, на водоразделе изменяется от 118,5 до 121,2 м. Средний уклон поверхности равен 0,0038. Скорость продольного дебегания в этих условиях составляет 11 см/сут. Более 60 % поверхности водосбора покрыта лесом, остальная часть используется под многолетними травами и естественной травянистой растительностью.

Замеры напора на водосливе проводились два раза в сутки, расход воды определяли по формуле для трапецеидального водослива, приведенной в [8]:

$$Q = mbH\sqrt{2gH}, \quad (1)$$

где m – коэффициент откоса боковой кромки;

b – длина порога водослива в плане, м;
 g – ускорение свободного падения, м²/с;
 H – напор, м.



Рис. 1. План-схема локального водосбора гидромелиоративной системы «Вожа»:
1 – осушительная сеть; 2 – скважины для измерения глубины залегания грунтовых вод;
3 – водобалансовые площадки с лизиметрами и испарителями; 4 – водомерный пост с водосливом

Результаты исследований и их обсуждение

Гидрометеорологические условия в ходе исследований характеризовались засушливостью в мае, июне и двух декадах июля 2023 г., а незначительные осадки не вызывали поверхностного стока. Атмосферные осадки в период формирования поверхностного стока в июле – августе показаны на рис. 2.

Зарегистрированный 16 мая сток относится ко времени спада весеннего половодья. В третьей декаде июля и первой декаде августа атмосферные осадки превышали климатическую норму и носили ливневый характер. Июльские дожди имели выраженное ядро высокой интенсивности, превышающей 25 мм/ч, когда выпадало 70–80 % от общего количества осадков. Результаты измерения напора на во-

досливе и расчета расхода поверхностного стока в эти периоды приведены на рис. 3 и в табл. 1.

Июльские ливневые дожди отмечались с 25 июля (55 мм) по 29 июля. Максимальная интенсивность дождя 25 июля достигала 1 мм/мин. Максимальный же расход воды в размере 3,42 л/с наблюдался на 4-й день (28 июля) после выпадения осадков с общим количеством 89 мм за третью декаду июля, что превысило месячную норму на 15 %. Максимальный модуль поверхностного стока составил 0,0148 л/с·га. В первой декаде августа ливневые дожди продолжились с меньшей интенсивностью и расход поверхностного стока пошел на убыль, прекратившись к 11 августа.

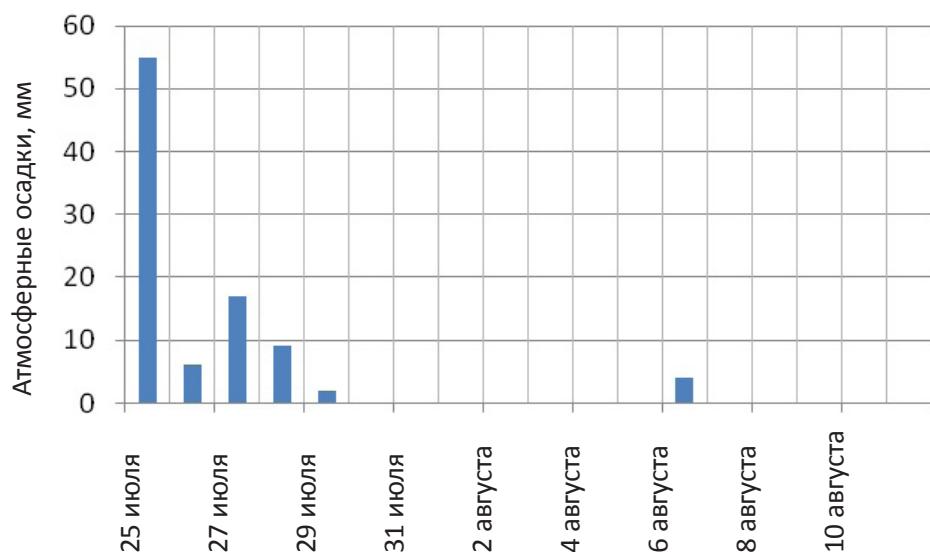


Рис. 2. Атмосферные осадки в период формирования поверхностного стока

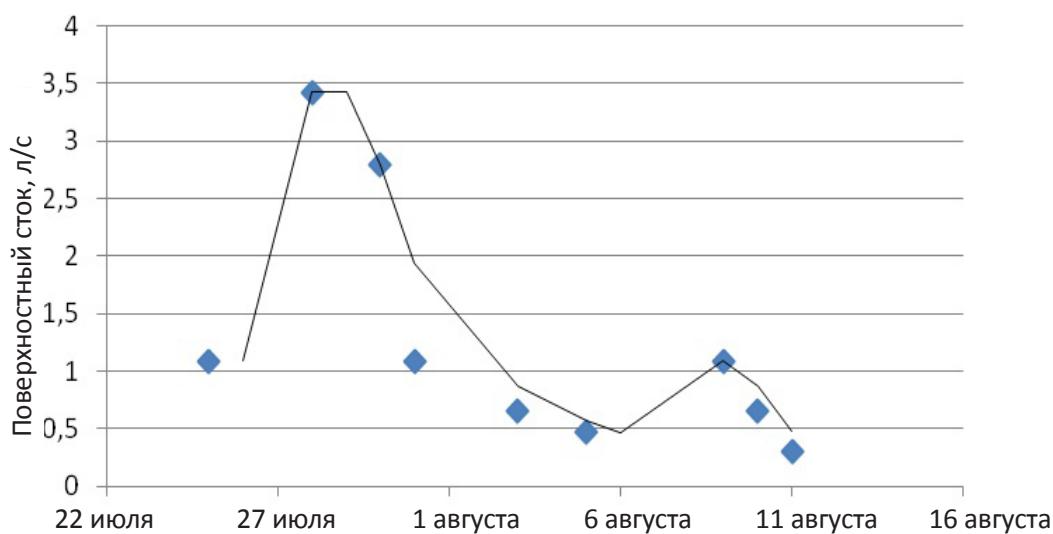


Рис. 3. Гидрограф поверхностного дождевого стока с агроландшафта

Таблица 1. Расходы и модули поверхностного стока с локального водосбора

Дата измерения	Напор $H, \text{м}$	Расход $Q, \text{л/с}$	Модуль стока, $10^{-3} \text{ л/с} \cdot \text{га}$
16.05	0,008	1,33	5,75
25.07	0,007	1,09	4,71
28.07	0,015	3,42	14,80
30.07	0,013	2,79	11,90
31.07	0,007	1,09	4,71
3.08	0,005	0,66	2,85
5.08	0,004	0,47	2,03
9.08	0,007	1,09	4,71
10.08	0,005	0,66	2,85
11.08	0,003	0,30	1,34

Таблица 2. Химический состав дренажных и поверхностных вод

Показатели	ГМС «Вожа»		Поверхностный дождевой сток	ПДК _{хпв} , мг/л	ПДК _{рыб} , мг/л
	исток	устье			
pH, ед.	6,40	6,80	6,20	6,5–8,5	6,5–8,5
Жесткость, мг-экв/л	3,96	2,48	2,48	7,0	1,5–7,0
Гидрокарбонаты, мг/л	45,75	45,75	61	–	200
Кальций, мг/л	0,99	0,99	1,73	–	120
Магний, мг/л	36,23	18,80	3,15	40	30
Сульфаты, мг/л	25	25	25	500	1000
Хлориды, мг/л	8,22	8,22	8,22	350	80
Железо общ., мг/л	3,0	1,50	3,0	0,5	2,0
NH ₄ , мг/л	3,0	1,50	1,50	3,9	0,3
Фосфор, мг/л	н/о	н/о	след	–	2,0
Нитраты, мг/л	0	0	0	10	3,0
Нитриты, мг/л	0,03	0,01	0,01	3,0	0,3
Растворенный кислород, мг/л	–	6,90	3,60	4	2
Сухой остаток, мг/л	140	140	220	–	–

В результате гидрохимических исследований было установлено (табл. 2), что большинство показателей не превышает предельно допустимой концентрации как для хозяйствственно-питьевого водопользования (ПДК_{хпв}), так и для рыбохозяйственного водопользования (ПДК_{рыб}). Исключение составляют железо общее, концентрация которого превышает ПДК_{рыб} в 1,5 раза, и аммиачный азот с превышением ПДК_{рыб} в 5 раз. При этом концентрация иона NH₄ не выше этого же показателя в дренажных водах ГМС «Вожа». Это же относится и к магнию. В водах поверхностного стока отмечается в 1,6 раза больше взвешенных веществ, чем в дренажных водах.

Обсуждаемые данные получены в условиях лугопастбищного использования агроландшафта, прилегающего к ГМС, под лесом, многолетними травами и естественной травянистой растительностью.

С одной стороны, это говорит о том, что в данных и аналогичных условиях воздействие поверхностного стока на окружающую природную среду незначительно превышает экологическую норму. С другой стороны, можно ожидать усиления такого воздействия при более интенсивном сельскохозяйственном использовании мелиорируемых водосборов при их распашке.

Заключение

В Центральной Мещёре на опытном участке – катене в зоне влияния мелиоративной системы «Вожа» – проведены натурные исследования с использованием ландшафтного подхода, водного баланса и агромелиоративного мониторинга поверхностного дождевого стока летнего периода года и оценке его влияния на качество дренажных и природных вод.

Экспериментально установлено, что при выпадении 25 июля 2023 г. 55 мм атмосферных осадков с максимальной интенсивностью более 1 мм/мин сток на водосливе был зарегистрирован через 3 часа с расходом 1,09 л/с. Максимальный же модуль дождевого поверхностного стока в размере 0,0148 л/с · га наблюдался на 4-й день после выпадения атмосферных осадков с общим количеством за

третью декаду июля 89 мм, что превысило месячную норму на 15 %.

Результаты гидрохимических исследований показали, что качество вод поверхностного стока по основным показателям сопоставимо с качеством дренажных вод и отличается от последних только более высоким (в 1,6 раза) сухим остатком. Большинство показателей поверхностного стока не превышает ПДК как для хозяйствственно-питьевого, так и для рыбохозяйственного водопользования. Исключение составляют железо общее и аммиачный азот, концентрация которых в 1,5 и в 5 раз соответственно превысила ПДК рыбохозяйственного водопользования, при этом концентрация иона NH_4 не выше этого же показателя в дренажных водах ГМС «Вожа».

Библиографический список

1. Митин, В. Ф. Методика расчета водного режима почвы и дренажного стока / В. Ф. Митин // Мелиорация и вод. хоз-во. – 1996. – № 2. – С. 15–16.
2. Мелиорация и водное хозяйство : справочник в 3 т. / под ред. Б. С. Маслова. – Москва : Агропромиздат, 1985. – Т. 3. Осушение. – 447 с.
3. Пыленок, П. И. Гидрология дренажа. Научно-технологическое обоснование осушительно-увлажнительных систем : монография / П. И. Пыленок. – Москва : МФЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2024. – 172 с.
4. Агрэкология / В. А. Черников, Р. М. Алексахин, А. В. Голубев [и др.] ; под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – Москва : Колос, 2000. – 536 с.
5. Голованов, А. И. Методология мелиорации / А. И. Голованов // Природообустройство. – 2009. – № 4. – С. 5–16.
6. Маслов, Б. С. Гидрология торфяных болот / Б. С. Маслов. – Москва : Россельхозакадемия, 2009. – 266 с.
7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1984. – 448 с.
8. Справочник по гидравлическим расчетам / П. Г. Киселев, А. Д. Альтшуль, Н. В. Данильченко [и др.] ; под ред. П. Г. Киселева. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва : Энергия, 1972. – 312 с.

Поступила 18 сентября 2025 г.

КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА: ОТ АБИТУРИЕНТА К ИНЖЕНЕРУ

*О. П. Мешик, кандидат технических наук
М. В. Борушко, старший преподаватель*

УО «Брестский государственный технический университет»,
г. Брест, Беларусь

Аннотация. Рассматриваются проблемы, которые складываются в настоящее время при обеспечении мелиоративной отрасли Республики Беларусь инженерными кадрами. Описывается многолетний опыт подготовки инженеров-мелиораторов на кафедре природообустройства Брестского государственного технического университета. Отмечается значимая роль производственных организаций и их интеграция в учебный процесс. Решение проблемы престижа специальности «мелиорация и водное хозяйство» предлагается решать в кооперации государства, образовательных учреждений, производства.

Ключевые слова: мелиорация, водное хозяйство, подготовка кадров, проблемы, инженеры-мелиораторы.

O. P. Meshik, M. V. Borushko

STAFFING FOR LAND RECLAMATION AND WATER MANAGEMENT: FROM PROSPECTIVE STUDENTS TO ENGINEER

Abstract. This article discusses the current challenges in supplying engineering staff to Belarus's land reclamation industry. Many years of experience years of experience in training melioration engineers at the Department of Environmental Engineering, Brest State Technical University describes. The piece emphasizes the key role of industry organizations and how they're woven into the curriculum. To boost the appeal of the «Land reclamation and water management» field, it suggests collaborative efforts involving the government, universities, and businesses.

Keywords: land reclamation, water management, staff training, challenges, melioration engineers.

Введение

Как известно, почвенный покров, климатические, рельефные, гидрологические, гидро-геологические и другие условия определяют интенсивность сельскохозяйственного производства, которое в структуре национальной безопасности Беларуси занимает ведущее место посредством обеспечения продовольственной безопасности. Однако ведение сельского хозяйства невозможно без оптимизации его структуры и комплексных мероприятий по увеличению почвенного плодородия [1]. В качестве таких мероприятий выступают мелиоративные, довольно затратные и сложные в связи с нахождением нашей территории в зоне неустойчивого естественного увлажнения и периодически возникающих сельскохозяйственных рисков. Для поддержания в исправности мелиоративной инженерной инфраструктуры, ее совершенствования и развития в республике функционируют более 130 специализированных мелиоративных организаций, в которых трудятся около 9800 работников.

Несмотря на значительный опыт в мелиоративном и водохозяйственном строительстве, имеется ряд проблем, к которым относятся: отток и нехватка высококвалифицированных кадров как по рабочим специальностям (механизаторам и экскаваторщикам), так и по инженерно-техническим; недостаток молодых специалистов и низкий уровень популяризации мелиоративных профессий – по сравнению с пиком развития мелиоративной отрасли в 1970-х гг.; тяжелые условия труда и жизни специалистов в сельской местности, включая недостаточную доступность комфортных условий (жилья, медицины, сервиса и др.); низкая заработная плата и отсутствие достойного социального пакета, что снижает привлекательность мелиоративной специальности для молодежи; изношенность мелиоративной техники, в результате чего многие машины простаивают длительное время. Вместе с тем следует отметить готовность мелиоративных и водохозяйственных предприятий ре-

шать названные проблемы, обучать специалистов и улучшать условия труда.

Ряд исследований посвящен оценке кадрового обеспечения мелиорации и водного хозяйства Российской Федерации [2, 3]. Однако подобные исследования в Беларусь довольно редки, потому что требуется глубо-

кий и всесторонний анализ складывающейся ситуации на местах, начиная от качества подготовки инженеров в высших учебных заведениях до поиска механизмов закрепления специалистов на длительное время в производственных организациях.

Основная часть

Основная цель данной статьи – обозначить проблемы, складывающиеся в настоящее время при обеспечении инженерными кадрами мелиоративной отрасли Республики Беларусь, и предложить пути их решения.

При подготовке статьи был проанализирован опыт деятельности Брестского государственного технического университета в системе профессионального образования в названной сфере за период 1971–2025 гг.

Подготовка высококвалифицированных инженерных кадров по специальности 6-05-0521-02 (1-74 05 01) «Мелиорация и водное хозяйство»¹ осуществляется в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (БГСХА) и УО «Брестский государственный технический университет» (БрГТУ). На факультете инженерных систем и экологии нашего вуза кафедра природообустройства, функционирующая с 1 сентября 1972 г., является выпускающей.

Первый выпуск инженеров-гидротехников в БрГТУ состоялся в 1973 г. В 1973–1999 гг. осуществлялась подготовка по специальности «гидромелиорация» (1-74 05 01), с 2000 г. и по настоящее время – по специальности «мелиорация и водное хозяйство» (6-05-0521-02). Всего за период 1973– 2025 гг. подготовлено 3020 специалистов (2825 человек – по дневной и 195 – по заочной сокращенной форме обучения). Пик выпуска инженеров пришелся на 1975–1986 гг., когда общее число выпускников составляло от 80 до 130 человек в год. В разные годы периода 1987–2025 гг. количество подготовленных специалистов составляло от 23 до 70 человек. В 2010-х гг. дополнительно осуществлялась подготовка по заочной сокращенной форме обучения, на которую могли поступать выпускники колледжей по проильным специальностям. Динамика выпуска инженеров по годам приведена на рисунке.

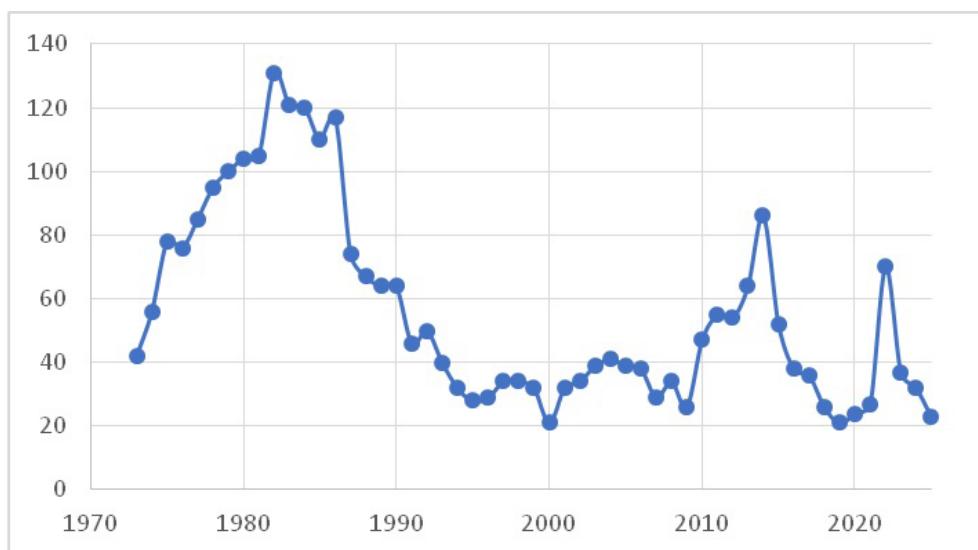


Рисунок. Выпуск инженеров по специальности «мелиорация и водное хозяйство» в БрГТУ по годам, чел.

¹ Специальность 1-74 05 01 соответствует Общегосударственному классификатору Республики Беларусь ОКРБ 011-2009 «Специальности и квалификации». Брестский ГТУ еще продолжает работать по данному шифру специальности, однако набор студентов ведется уже по специальности 6-05-0811-03 в соответствии с новым классификатором специальностей ОКРБ 011-2022.

В табл. 1 приведены показатели набора 2025 г. по специальности 6-05-0521-02 «Мелиорация и водное хозяйство» на бюджетную и платную формы обучения. За последние десятилетия проходные баллы на эту специальность весьма низки, что свидетельствует о том, что специальность заполняется по остаточному принципу слабомотивированными студентами, имеющими низкий уровень общей подготовки. В результате за последние пять лет выпуска зафиксирован низкий процент выпускемых специалистов по сравнению с набором – 62,1–80,4 %.

Кафедра природообустройства БрГТУ организует учебные практики студентов 1–4 курсов и производственные практики студентов 3–4 курсов и магистрантов, а также руководит ими. Данные практики проводятся на базе университета и в филиалах кафедры – на УП «Брестское ПМС» (г. Брест), Производственно-механизированной колонне (ПМК-19, г. Жабинка), ОАО «Полесъегипроводхоз» (г. Пинск), на реках Осиповке, Лесной, объектах мелиорации Брестского р-на, в ГУК «Историко-мемориальный музей "Усадьба Немцевичей"» (д. Скоки Брестского р-на). В Жабинке на базе ПМК-19 проводятся практические занятия по технологии мелиоративных и водохозяйственных работ [4].

На кафедре природообустройства реализуется утвержденная программа «Совершенствование методов обеспечения и организации сквозного курсового и дипломного проектирования по специальности "мелиорация и водное хозяйство"». Методология научного обоснования сквозного комплексного учебного проекта, выполняемого на реальной основе, опирается на учебный план специальности 6-05-0521-02 (1-74 05 01) «Мелиорация и водное хозяйство». График учебного процесса, скоординированный во времени под реализуемую учебную технологию, позволяет ритмично, на протяжении всего периода обучения,

проводить прикладные исследования и расчеты под итоговый дипломный проект, выполняемый на профилирующей кафедре [5].

Весьма острая на протяжении ряда лет демографическая ситуация в стране привела в стране к сокращению числа абитуриентов в вузах, что в большой степени сказалось и на обсуждаемой специальности: она не пользуется большой популярностью у молодежи. В то же время на государственном уровне специальность признана остродефицитной и для поступающих созданы определенные преференции: проводится дополнительный набор, снижаются минимальные баллы результатов ЦТ/ЦЭ, дается возможность сдачи внутренних экзаменов, организован целевой набор и др. Тем не менее данные меры все равно не приводят к качественному отбору абитуриентов, и огромные затраты по подготовке высококвалифицированных специалистов принимает на себя университет.

Основные организации-заказчики кадров по специальности «мелиорация и водное хозяйство» – это ГО «Брестмелиоводхоз», УП «Брестводстрой», ГО «ГродноМелиоводхоз». С Брестмелиоводхозом, Брестводстроем, а также РУП «Белгипроводхоз» заключены договоры о взаимодействии. Потребность базовых организаций удовлетворяется в полном объеме. Распределение выпускников осуществляется по всем областям Беларуси. Первое место по потребности в специалистах занимает Брестская область, второе – Гомельская. Сведения о распределении выпускников специальности «мелиорация и водное хозяйство» в 2023–2025 гг. представлены в табл. 2.

С каждым годом уменьшается число удовлетворенных заявок на инженерные позиции, что свидетельствует об острой потребности в инженерных кадрах мелиоративных организаций. Обращает внимание на себя низкий процент закрепляемости выпускников после срока обязательной отработки – < 10,0 %.

Таблица 1. Набор студентов на специальность «мелиорация и водное хозяйство» (2025 г.)

Наименование специальности	Бюджетная / платная форма обучения			
	Количество мест	Проходные баллы	Подано заявлений, чел.	Конкурс
6-05-0521-02 «Мелиорация и водное хозяйство»	35/5	147/143	82/21	2,34/4,2

Таблица 2. **Данные о распределении выпускников 2023–2025 гг. по специальности «мелиорация и водное хозяйство»**

Область	2023 г.			2024 г.			2025 г.		
	Выпуск, чел.	Кол-во заявок	% удовл.	Выпуск, чел.	Кол-во заявок	% удовл.	Выпуск, чел.	Кол-во заявок	% удовл.
Брестская	16	20	80,0	11	13	84,6	11	15	73,3
Витебская	–	–	–	–	7	–	–	1	–
Гомельская	1	9	11,1	–	15	–	–	19	–
Гродненская	–	3	–	2	2	100	1	4	25,0
Минская	2	8	25,0	2	8	25,0	3	13	23,1
Могилевская	–	2	–	–	1	–	–	4	–
Всего	19	42	45,2	15	46	32,6	15	56	26,8

С 2007 г. по специальности 1-74 80 02 «Мелиорация, рекультивация и охрана земель» осуществляется подготовка магистров (в 2022 г. прошли подготовку 2 чел.), которые пополнили профессорско-преподавательский состав университета и продолжают учебу в аспирантуре. За период 2007–2025 гг. подготовлено 20 магистров, в том числе 1 иностранный гражданин.

Университет работает в кооперации с такими научными организациями и учебными заведениями Республики Беларусь, как РУП «Институт мелиорации», ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт» НАН Беларуси, ГНУ «Институт природопользования» НАН Беларуси, УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», УО «Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина», а также проектными институтами и производственными организациями РУП «Белгипроводхоз», ОАО «Полесьегипроводхоз», областными и районными мелиоративными организациями. Осуществляется международное сотрудничество с Всероссийским научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (г. Москва), ООО «Мещёрский научно-технический центр» (г. Рязань), Институтом водного хозяйства Грузинского технического университета (г. Тбилиси), Казахским национальным аграрным исследовательским университетом (г. Алматы) и др. Одним из зна-

чимых международных проектов последнего времени стало обобщение опыта природообустройства во второй половине 20 в., включая мелиорацию Полесья. Результатом явилась фундаментальная монография, написанная учеными из Беларуси, Украины, России, Польши, – «Природообустройство Полесья» (4 книги, 8 томов) [6]¹.

Ученые БГТУ осуществляют научное руководство докторантами Казахского национального аграрного исследовательского университета, а также широко представлены в научном и образовательном пространстве стран СНГ: входят в редакционные коллегии научных журналов, составы ученых советов, межгосударственных комиссий по водным проблемам, являются международными экспертами по аккредитации учебных заведений и др.

В рамках научного направления мелиорации и водохозяйственного строительства за последних три года специалистами университета опубликовано более 10 учебных пособий, 16 монографий и более 150 научных статей. Чтобы удовлетворить потребности мелиоративной отрасли региона в высококлассных специалистах, координируется работа в системе «вуз – производство». Так, в 2014 г. на базе ПМК-19 создан уникальный, не имеющий аналогов на постсоветском пространстве и территории Европы историко-экспозиционный комплекс, где представлена экспозиция из более чем 180 видов мелиоративно-строительной

¹ В октябре 2019 г. монография представлялась ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» на Российской агропромышленной выставке «Золотая осень – 2019», и авторский коллектив получил за нее серебряную медаль.

техники и музейные экспонаты, характеризующие вехи развития мелиорации в Полесье. Здесь функционирует филиал кафедры природообустройства БрГТУ и осуществляется подготовка инженеров-мелиораторов.

В результате анализа многолетнего опыта подготовки в БрГТУ инженеров в области мелиорации и водного хозяйства выделены следующие ключевые аспекты основных проблем подготовки кадров в данной сфере:

- слабая мотивация молодежи поступать на мелиоративные специальности обусловлена, помимо прочего, недостаточной популяризацией профессии, низким престижем и ограниченными карьерными перспективами; в итоге процесс отбора абитуриентов становится неэффективным, не сформирована система отбора наиболее подготовленных абитуриентов;
- довольно слабый уровень общешкольной подготовки абитуриентов, следствием чего являются очень низкие проходные баллы;
- неспособность/неготовность отдельных студентов адаптироваться к образовательному процессу на младших курсах, что приводит к большому количеству отчислений. Наибольшее затруднение вызывает изучение таких дисциплин, как высшая математика, инженерная геодезия, теоретическая и строительная механика;
- трудности при внедрении в учебный процесс современных технологий, таких как геоинформационные системы (ГИС), системы автоматизированного проектирования (САПР), искусственный интеллект (ИИ), что снижает конкурентоспособность выпускников;
- слабая координация программ учебных дисциплин с реальными требованиями отрасли (особенно в части навыков, связанных с процессами реконструкции и эксплуатации устаревших мелиоративных систем, требующими высокой технической и инженерной квалификации) затрудняет формирование актуальных компетенций;
- сложности при необходимой адаптации учебных дисциплин (учебных программ и материалов) к современным экологическим требованиям и междисциплинарному характеру принципов устойчивого развития, что крайне важно для мелиорации и водного хозяйства в теоретическом и прикладном аспектах;

- недостаточное практическое обучение на действующих мелиоративных и водохозяйственных объектах, что снижает ценность квалификации выпускников и их готовность к работе в сложных природно-технических условиях. Имеют место случаи отсутствия должного внимания к студентам со стороны производственных организаций, принимающих их на практику;
- недооценка необходимости развивать у выпускников управленческие, административные компетенции, необходимые для комплексного решения задач, связанных с функционированием мелиоративной организации;
- переход с 5-летней на 4-летнюю подготовку инженеров, что резко снижает качество подготовки специалистов;
- трудности, связанные с отбором выпускников для поступления в магистратуру и в дальнейшем в аспирантуру для подготовки кадров высшей квалификации и пополнения штата профессорско-преподавательского состава;
- избыточная учебная нагрузка профессорско-преподавательского состава, низкая оплата труда молодых преподавателей, не имеющих ученых степеней и званий, приводят к необходимости выполнения дополнительных видов работ, не всегда связанных с профессией, вследствие чего размывается професионализм преподавателя.

Указанные проблемы снижают качество подготовки инженеров, поэтому требуется системное обновление образовательных программ, активное внедрение инноваций и усиление профессионального взаимодействия вузов с производственными предприятиями. На сегодняшний день лишь высокая квалификация профессорско-преподавательского состава, его энтузиазм и самоотдача способны обеспечить высокое качество подготовки специалистов [7]. С нашей точки зрения, одними из путей решения существующих проблем в подготовке инженеров-мелиораторов являются:

повышение социальной значимости и статуса специальности (необходимы государственная поддержка и комплексные меры, направленные на повышение авторитета специальности «мелиорация и водное хозяйство»);

внедрение дорожной карты действий по повышению престижа как преподавателей, так и ученых степеней и званий;

повышение оплаты труда работников образования и создание условий для их профессионального роста;

улучшение условий труда преподавателей (снижение учебной и административной нагрузки на них);

улучшение материально-технической и лабораторной базы вузов;

внедрение в образовательный процесс современных технологий и оптимизация образовательных стандартов;

развитие взаимодействия вузов с работодателями для повышения востребованности выпускников;

рост перспектив целевого обучения и повышение привлекательности целевой профильной подготовки у работодателей;

популяризация мелиоративной науки и повышение статуса профессии инжене-

ра-мелиоратора, востребованности специальности (развитие инженерных классов в средних образовательных учреждениях; проведение соответствующих конкурсов, олимпиад, чемпионатов, воркшопов, хакатонов и других мероприятий, повышающих интерес к избранной профессии);

актуализация форм профориентационной работы с абитуриентами и студентами, увеличение узнаваемости профессии;

продвижение специальности в медиапространстве: формирование ее положительного имиджа в СМИ и через образовательные проекты;

развитие системы образования (внедрение сетевой формы подготовки в системе БГТУ – Белорусская сельхозакадемия);

создание центров компетенций: в БГТУ – «Робототехника и цифровой инжиниринг» с использованием возможностей искусственного интеллекта в образовательном процессе, в БГСХА – «Мелиорация и водное хозяйство».

Выводы

Необходимо подчеркнуть, что основные направления в решении проблемы роста престижа специальности «мелиорация и водное хозяйство» связаны с системным подходом, где важную роль играют государство, образовательные учреждения и работодатели, а также созданием благоприятных условий для профессиональной деятельности и развития кадров.

Главным вопросом в обеспечении мелиоративной отрасли Беларуси инженерными кадрами является низкая популярность этой специальности, что обуславливает слабую мотивацию абитуриентов и неэффективный отбор студентов. Проходные баллы на специальность остаются низкими, а процент выпускников специалистов по сравнению с набором – небольшой. Студенты сложно адаптируются к учебному процессу, у них отмечается недостаточная общепрофессиональная подготовка; в вузах наблюдаются сложности при внедрении современных технологий (ГИС, САПР, ИИ), недостаток практического обучения и слабая координация учебных программ с требованиями отрасли. Также нельзя не отметить острую нехватку молодых специалистов в отрасли и низкий уровень закрепляемости выпускников

после обязательного срока отработки по окончании вуза (менее 10 %).

Решение проблем кадрового обеспечения требует системного подхода при активным участии государства, образовательных организаций и нанимателей. Крайне важны меры по повышению престижа специальности, улучшению условий труда и оплаты мелиораторов, модернизации учебных и образовательных программ, развитию взаимодействия вузов с производством и популяризации профессии среди целевой аудитории – молодежи.

Брестский государственный технический университет и другие вузы имеют многолетний опыт подготовки инженеров-мелиораторов, взаимодействуя с производственными организациями и научными организациями, развивая практические базы и международное сотрудничество.

Считаем необходимым повысить социальную значимость профессии, внедрять инновационные технологии в обучение, формировать положительный имидж мелиораторов в СМИ, создавать центры компетенций, совершенствовать профессиональную ориентацию и создавать более благоприятные условия работы и жизни специалистов в сельской местности.

Таким образом, системное и комплексное взаимодействие всех заинтересованных сторон необходимо для устойчивого кадро-

вого обеспечения мелиоративной отрасли и повышения качества подготовки инженеров-мелиораторов в Беларуси.

Библиографический список

1. Современная структура сельскохозяйственного производства в Белорусском Полесье / О. П. Мешик, М. В. Борушко, Ю. А. Мажайский, Р. В. Асаулов, А. И. Кароза // Перспективные направления инновационного развития и подготовки кадров : сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. / редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест : Издательство БрГТУ, 2024. – Ч. 1. – С. 218–230.
2. Актуальные вопросы научного и кадрового обеспечения развития мелиорации в Нечерноземье / Н. Н. Дубенок, А. И. Иванов, Ю. В. Чесноков, Ю. Г. Янко // Вестник рос. с.-х. науки. – 2020. – № 6. – С. 14–19. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/6/14-19>
3. Угрюмова, А. А. Точки роста эффективности использования мелиоративного потенциала России / А. А. Угрюмова, Л. Е. Паутова, О. Ю. Гришаева // Вестник Челябинск. гос. ун-та. Экономические науки. – 2021. – № 10, вып. 74. – С. 51–58. <https://doi.org/10.47475/1994-2796-2021-11005>
4. Полесья Восточно-Европейской равнины : монография / Ю. А. Мажайский, А. А. Волчек, Д. А. Иванов, О. П. Мешик. – Брест : БрГТУ, 2024. – 216 с.
5. Валуев, В. Е. Реализация положений образовательного стандарта специальности 1-74 05 01 «Мелиорация и водное хозяйство» при комплексном курсовом и дипломном проектировании / В. Е. Валуев, А. А. Волчек, О. П. Мешик // Методика преподавания химических и экологических дисциплин : сб. науч. ст. VIII Междунар. науч.-метод. конф. Брест, 26–27 нояб. 2015 г. / БрГТУ ; БГУ им. А. С. Пушкина; ред.: А. А. Волчек [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2015. – С. 235–237.
6. Природообустройство Полесья : коллект. монография : в 4 кн. / под общ. науч. ред. Ю. А. Мажайского, А. Н. Рокочинского, А. А. Волчека, О. П. Мешика, Е. Езнаха. – Рязань : Мещёр. филиал ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2017–2019. – 4 кн.
7. Волчек, А. А. Особенности мелиоративного освоения земель Белорусского Полесья / А. А. Волчек, О. П. Мешик // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти чл.-корр. РАСХН и НАНКР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я. В. : в 2 ч. – Рязань : РГАТУ, 2020. – Ч. 2. – С. 104–109.

Поступила 4 ноября 2025 г.

● НАШИ ЮБИЛЯРЫ ●



АНАТОЛИЙ ПАВЛОВИЧ ЛИХАЦЕВИЧ: 50 лет профессиональной деятельности в Институте мелиорации

16 октября 2025 г. исполнилось 50 лет профессиональной деятельности в нашем институте Анатолия Павловича Лихацевича, главного научного сотрудника лаборатории эксплуатации мелиоративных систем, главного редактора журнала «Мелиорация».

Старший инженер в отделе орошения (1975), кандидат технических наук (1982), доктор технических наук (1993), профессор (2000), член-корреспондент Академии аграрных наук Республики Беларусь (1996), иностранный член Российской академии сельскохозяйственных наук (1999), член-корреспондент Национальной академии наук Беларусь (2003), иностранный член Российской академии наук (2014) – таковы этапы профессионального пути за время работы А.П. Лихацевича в Институте мелиорации.

Важная и плодотворная веха в научной биографии ученого – его работа на посту директора Белорусского НИИ мелиорации и луговодства Академии аграрных наук Республики Беларусь, который он возглавлял 10 лет (1997–2007 гг.).

Спектр научных изысканий Анатолия Павловича широк и разнообразен, вся его деятельность как ученого ориентирована на практику, так как его мечта – обустраивать, облагораживать землю. Он разрабатывал теоретические основы управления водным режимом мелиорированных земель, комплексные энерго- и ресурсосберегающие технологии эксплуатационных работ на мелиоративных системах, математические модели урожая сельскохозяйственных культур, комплекс мер по повышению эффективности агропромышленного производства на мелиорированных землях и мн. др.

За весь период профессиональной деятельности А. П. Лихацевич опубликовал более 400 научных работ, в том числе 9 монографий, два учебника, более 20 рекомендаций и регламентов; у него 16 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

Много внимания уделяет Анатолий Павлович изданию журнала «Мелиорация». Благодаря его научному руководству журнал включен в перечень изданий Беларусь и Российской Федерации, в базу данных Российского индекса научного цитирования.

А. П. Лихацевич выделяется масштабом личности, высочайшим уровнем профессионализма и компетентности. Эти качества снискали ему заслуженное уважение как в республике, так и далеко за ее пределами. Его плодотворная активная деятельность не только формирует его влияние как ученого, но и способствует авторитету Института мелиорации, всей аграрной науки Беларусь, которую он успешно представляет.

Коллектив Института мелиорации горячо поздравляет Анатолия Павловича с прекрасной датой, благодарит за высокий профессионализм, преданность и любовь к делу, желает крепкого здоровья, бодрости, благополучия.

● ЧТОБЫ ПОМНИЛИ ●



СТЕПАН ГОРДЕЕВИЧ СКОРОПАНОВ (к 115-летию)

С. Г. Скоропанов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик Академии наук БССР и Академии аграрных наук Республики Беларусь, заслуженный деятель науки БССР, академик ВАСХНИЛ, академик Российской академии сельскохозяйственных наук, член-корреспондент АСХН ГДР, академик Международной академии организационных и управленических наук, родился 7 ноября 1910 г. в дер. Ботвиново Чечерского р-на Гомельской обл. в крестьянской семье.

Трудовая деятельность Степана Гордеевича началась с десятилетнего возраста. Он был батраком, работал в Гомеле на кирпичном заводе, учился в вечерней школе. В 1929 г. по рекомендации комсомола возглавил Меркуловичский сельсовет у себя на родине, а через два года поступил в Белорусский сельскохозяйственный институт (ныне – Белорусская государственная сельскохозяйственная академия). Получив в 1936 г. диплом агронома, Степан Гордеевич продолжил учебу в аспирантуре. В свободное от занятий время читал лекции для поступающих в институт, а также в землеустроительном техникуме. За три месяца до окончания аспирантуры С. Г. Скоропанов был призван на действительную военную службу.

Уникальный случай в истории науки: в казарме воинской части, расположенной в г. Владимире, солдат Скоропанов завершил работу над кандидатской диссертацией и по разрешению командира корпуса, предоставившего отпуск, успешно защитил ее 16 апреля 1940 г. на ученом совете Белорусского сельскохозяйственного института. Молодой кандидат наук мечтал быстрее отслужить, но началась Великая Отечественная война, и Степан Гордеевич, ее участник с первого до последнего дня, прошел путь от рядового до подполковника, хотя военного училища не оканчивал.

Первое боевое крещение и первую награду (орден Красного Знамени) за проявленное мужество С. Г. Скоропанов получил за защиту Москвы в октябре 1941 г. Он участвовал также в прорыве блокады Ленинграда, в освобождении Беларуси, Польши и во взятии Берлина, награжден медалями «За оборону Москвы», «За оборону Ленинграда», «За освобождение Варшавы», «За взятие Берлина», «За Победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», медалью Жукова; орденами Красного Знамени, Красной Звезды и Великой Отечественной войны I степени (последним дважды – в 1945 г. и 1985 г.). Был дважды ранен и тяжело контужен.

После демобилизации в 1946 г. Степан Гордеевич работал научным сотрудником в Совете по изучению производительных сил АН СССР (1946–1948), затем директором Института мелиорации, водного и болотного хозяйства АН БССР (1948–1959). В 1959–

1961 гг. он уже академик-секретарь Отделения мелиорации и лесного хозяйства Академии сельскохозяйственных наук БССР, с 1961 г. по 1972 г. – министр сельского хозяйства БССР, затем – академик-секретарь Западного отделения ВАСХНИЛ (1972–1976), академик-секретарь Отделения земледелия и химизации ВАСХНИЛ (1976–1979), заведующий лабораторией БелНИИ мелиорации и водного хозяйства и советник при директоре НПО БелНИИМиВХ (1979–1992), член Президиума Академии аграрных наук Беларусь (1992–1999).

С. Г. Скоропанов опубликовал более 650 научных и научно-популярных работ, в том числе 15 монографий по проблемам общего земледелия, мелиорации, рационального использования осушенных почв, луговодства и кормопроизводства, экономики. Его книга «Освоение и использование торфяно-болотных почв» (1961) получила известность за рубежом и переиздана на английском языке в Иерусалиме в 1968 г. Не меньшее значение для науки и практики имеют и такие монографии академика, как «Мелиорация земель и охрана окружающей среды» (1982) и «Расширенное воспроизводство плодородия торфяных почв» (1987).

Степан Гордеевич был идеологом комплексной мелиорации, он никогда не отрывал водную мелиорацию от других факторов интенсификации сельскохозяйственного производства и с возмущением говорил о тех, кто святое дело улучшения земли превратил в сугубо строительное. Особенно он отмечал положительную роль удобрений в повышении продуктивности почв и постоянно напоминал, что голод человека начинается с голода растения.

Наиболее ярко позиция академика С. Г. Скоропанова как идеолога комплексной мелиорации проявилась в его выступлении на встрече, организованной в ЦК КПСС с учеными страны за несколько недель до майского Пленума ЦК КПСС (1966 г.), на котором намечалось принять программу широкомасштабной мелиорации земель СССР. Попросив слова, Степан Гордеевич заявил буквально следующее: «Проблема мелиорации комплексная. Ведущими ее звеньями являются вода и питание растений. Между тем проект государственной программы мелиорации концентрирует внимание только на одном – воде (орошении, осушении), что обесценивает всю программу». На возражение секретаря ЦК КПСС Ф. Д. Кулакова, что подобная точка зрения противоречит государственной линии, так как удобрений пока недостаточно, С. Г. Скоропанов парировал: «В этом случае объемы осушения необходимо соотнести с наличием удобрений». Еще раньше такую точку зрения он высказывал на международной конференции «Почвенные процессы и хозяйствственные эффекты на мелиорированных низинных торфяниках», состоявшейся в Варшаве в 1964 г.

Он постоянно совершенствовал свои знания и нацеливал на это своих коллег и учеников, и окружавшие его сотрудники также были талантливы и успешны. Под его руководством защищены 48 диссертаций, в том числе 12 докторских.

Среди учеников С. Г. Скоропанова есть земледельцы и агрохимики, луговоды и почвоведы, мелиораторы и экономисты. Уже одно это говорит о широте мышления Степана Гордеевича. Кроме официальных, было много и неофициальных учеников, в диссертациях которых фамилия академика в качестве руководителя (или консультанта) не значилась, хотя фактически он являлся таковым.

Степан Гордеевич постоянно следил за новыми достижениями в сельском хозяйстве зарубежных стран, критически осмысливал и проверял их на практике с целью использования в условиях Беларусь. Не узкое, провинциальное отношение к мировому опыту, а учет местных особенностей, критическое мышление ему было присуще всегда. По такому подходу он, по мнению известного немецкого профессора Дитера Шпаара, напоминал великого русского ученого-агронома Александра Николаевича Энгельгардта, научные труды которого Степан Гордеевич высоко ценил.

Степан Гордеевич придавал вес и авторитет как белорусской науке, так и Беларусь. Благодаря деятельности этого выдающегося организатора и ученого нашу страну знали далеко за рубежом; он посетил с научными целями около 30 стран мира, где изучал местную сельскохозяйственную продукцию и технику. Везде он пользовался заслуженным авторитетом. Например, министр сельского хозяйства США, огромнейшей супердержавы,

после знакомства и беседы с министром С. Г. Скоропановым спросил его: «Что мне надо сделать, чтобы обладать таким же масштабным мышлением, как у Вас?»

Наряду с научной и производственной деятельностью С. Г. Скоропанов активно участвовал в общественной жизни: являлся членом ЦК профсоюза работников сельского хозяйства СССР, членом ВАКа СССР, членом секции Комитета по Ленинским и Государственным премиям СССР, председателем Совета по торфу при Президиуме ВАСХНИЛ, членом Президиума Академии наук БССР и ВАСХНИЛ, главным редактором журнала «Известия Академии наук БССР. Серия сельскохозяйственных наук», членом специализированных ученых советов по защите диссертаций. Он неоднократно избирался депутатом Верховного Совета БССР, многие годы был заместителем председателя республиканского правления общества «Знание».

За плодотворную работу С. Г. Скоропанов награжден двумя орденами Ленина, орденом Октябрьской Революции, орденом «Знак Почета», орденом Дружбы народов, медалью Франциска Скорины, 5 почетными грамотами Верховного Совета БССР, 12 медалями ВДНХ СССР (4 из них – золотые). За выдающиеся научные достижения он был удостоен Золотой медали им. В. Р. Вильямса (ВАСХНИЛ), медалями им. Э. Бауэра (ГДР) и им. М. Очаповского (Польская академия наук).

Несмотря на многие научные регалии, высокие правительственные награды, большие заслуги перед Отечеством, Скоропанов был скромным тружеником, кропотливым исследователем и чутким человеком. Он умел выслушать каждого, вникнуть в любую проблему, помочь и делал это искренне. На переднем плане во взаимоотношениях для него были доброжелательность, доброта, открытость, чистосердечность.

Темп жизни Степана Гордеевича всегда был напряженным и динамичным, а его работоспособность поражала. Выходных дней он для себя не признавал. Интеллектуальный труд чередовался с физическим, что позволяло ему сохранять работоспособность и ясность ума до последних дней жизни.

Даже эта краткая информация свидетельствует о незаурядности Степана Гордеевича как ученого, государственного и общественного деятеля. Главная цель ученого – служение народу, в особенности крестьянству. Смыслом его жизни был девиз – «вырастить два-три колоса там, где прежде рос один». И этому завету он активно следовал в течение всей своей сознательной деятельности. В бытность его министром сельского хозяйства республика смогла увеличить урожайность зерновых в несколько раз; под руководством С. Г. Скоропанова произошла широкомасштабная мелиорация заболоченных земель, благодаря которой весь регион Белорусского Полесья стал интенсивно развиваться.

На основании длительных исследований Степан Гордеевич пришел к выводу о целесообразности щадящего режима использования торфяных почв, который заключался в возделывании на них преимущественно многолетних трав при соответствующем уровне грунтовых вод, минимальной обработке почвы, ограничивающей минерализацию органического вещества. Такой подход к использованию торфяных почв продляет их жизнь и сокращает выброс парниковых газов в атмосферу.

Степан Гордеевич Скоропанов – ученый широчайшего кругозора и энциклопедических знаний. Несмотря на то что основной сферой его научной деятельности была агрономия, он внес неоценимый вклад в развитие земледелия, мелиорации, животноводства, экологии и экономики сельского хозяйства. Так, проблеме экологии академик Скоропанов уделял особенное внимание: он посвятил ей ряд научных статей и также монографию. Нашлось место экологии и в последней работе академика – в виде фрагментов книги «Мелиорация Полесья: вчера, сегодня, завтра» (2000), которую опубликовали уже после его смерти.

Степан Гордеевич всегда был на острие момента, чувствовал пульс времени, умел находить верные решения в самых сложных, непредвиденных ситуациях, обладал тонкой интуицией, которая, наряду с высочайшим профессионализмом, позволяла ему действовать эффективно и безошибочно.

Аграрной науке и его последователям предстоит умножить наследие академика Скоропанова, сделать сельское хозяйство страны процветающим, а жизнь сельских тружеников – достойной.

Краткий биографический очерк о жизни С. Г. Скоропанова свидетельствует о его плодотворнейшей деятельности на всех занимаемых должностях. Он внес большой вклад в развитие аграрной науки и сельскохозяйственного производства Беларуси, подготовку научных кадров.

Академика Скоропанова помнят и чтут с благодарностью все те, кто у него учился, с кем он сотрудничал, кто изучает его научное наследие.

Он оставил заметный след на белорусской земле, о чем свидетельствует мемориальная доска на доме № 12 по пр. Независимости в Минске, где жил Степан Гордеевич в течение долгого ряда лет. Она была установлена в соответствии с постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 896 от 16 июня 2000 г. «Об увековечении памяти академика Скоропанова С. Г.».

А. П. Лихацевич, член-корреспондент НАН Беларуси,

П. Ф. Тиво, доктор сельскохозяйственных наук



ИВАН ВАСИЛЬЕВИЧ МИНАЕВ (к 95-летию)

Иван Васильевич Минаев родился 12 ноября 1930 г. в д. Верхние Савинки Белевского р-на Тульской обл. В 1939 г. семья Ивана Васильевича переехала в г. Новомосковск, где он закончил среднюю школу.

В 1954 г., после успешного окончания Московского института инженеров водного хозяйства имени В. Р. Вильямса, где ему была присвоена квалификация инженера-гидротехника, поступил в аспирантуру данного института, где параллельно работал старшим инженером научно-исследовательского бюро. В 1957 г. по направлению Министерства сельского хозяйства СССР И. В. Минаев – старший экскурсовод павильона «Водное хозяйство и сельские ГЭС» на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке в Москве, затем – ассистент в Московском институте инженеров землеустройства.

Окончил аспирантуру в 1958 г., в 1959 г. защитил кандидатскую диссертацию и был избран на должность доцента Каменец-Подольского сельскохозяйственного института, где вел курс сельскохозяйственных мелиораций в течение двух лет. В 1961 г. был избран по конкурсу на должность старшего научного сотрудника НИИ водных проблем АН БССР (Минск), где шесть лет проработал заведующим отделом методов защиты от вредного воздействия вод.

В 1967–1978 гг. Иван Васильевич – доцент кафедры гидротехнического и гидромелиоративного строительства Белорусского политехнического института, в 1972–1975 гг. – преподаватель-консультант Гаванского университета (Куба), с 1978 по 1999 гг. – заведующий лабораторией охраны природы БелНИИ мелиорации и луговодства, в 1999 – 2002 гг. – профессор кафедры гидротехнического и энергетического строительства Белорусской государственной политехнической академии.

Кандидат технических наук (1959), доктор технических наук (1989), член-корреспондент Белорусской инженерной академии (1999). Научные интересы Ивана Васильевича связаны с разработкой моделей технико-экономического расчета параметров мелиоративных систем, инженерных схем и природоохранных мероприятий в водохозяйственном строительстве.

Иван Васильевич Минаев – автор более 140 научных работ, в том числе 9 изобретений, 2 монографий в области водного хозяйства, мелиорации сельскохозяйственных земель, охраны природы в ходе мелиорации; член двух специализированных советов по защите диссертаций.

За большой вклад в развитие мелиорации земель и охраны природы Иван Васильевич Минаев был награжден Почетными грамотами Минводхоза СССР и БССР, БелНИИМиВХ, бронзовой медалью ВДНХ СССР, медалью «Ветеран труда».

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В журнале печатаются оригинальные материалы, не опубликованные ранее в других печатных изданиях.
2. Статья должна быть направлена в редакцию журнала «Мелиорация» в соответствии с **Порядком представления рукописей статей** (см.: <https://niimel.by>, сайт РУП «Институт мелиорации», Журнал «Мелиорация»).
3. Статья должна быть написана на русском языке, а аннотация – на русском и английском языках.
4. Объем статьи должен составлять не менее 14 тыс. печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др., но не более 40 тыс. печатных знаков, включая текст, иллюстрации, таблицы, библиографический список.
5. Представляемые материалы должны иметь следующую структуру:
индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК);
аннотацию на указанных языках (500 знаков);
ключевые слова на русском и английском языках;
введение;
основную часть, где излагается методика исследования, обсуждаются полученные результаты, представляются графики и рисунки;
заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;
библиографический список.
6. В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по исследуемой проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.
7. В Основной части статьи должны содержаться: описание объекта/-ов и метода/-ов исследования, подробное освещение содержания исследований, проведенных автором/-ами. Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.
8. В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.
9. Библиографический список оформляется в соответствии с приказом ВАК Республики Беларусь от 08.09.2016 №206, располагается в конце статьи, источники нумеруются согласно порядку цитирования и заключаются в квадратные скобки (например: [1], [2]). Обязательно указывается общее количество страниц в книге или номера страниц в статье от ее начала до окончания. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.
10. Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.
11. Тексты статей набираются кеглем 11, шрифт – Arial Narrow, междустрочный интервал – 1,2, отступ – 1.
12. Электронный вариант следует набирать в *Microsoft Word*, формулы – в формульном редакторе *Office*. Вставку символов выполнять через меню «Вставка\Символ». Выключку вверх и вниз (H2, H1) выполнять через меню «Формат\Шрифт\Верхний индекс», «Формат\Шрифт\Нижний индекс». Латинские буквы набираются курсивом. Греческие буквы и другие математические знаки следует брать из гарнитуры *Symbol*. Математические формулы (*lim*, *sum*, *In*, *sin*, *Re*, *Im* и т. д.) и цифры набираются прямым начертанием.
13. Рисунки представляются в виде отдельных файлов в формате TIFF или JPEG 300–600 точек на дюйм. Текст на рисунках должен быть набран гарнитурой *Arial*, курсив. Размер кегля соизмерим с размером рисунка (желательно кегль 8). Площадь простых рисунков не должна превышать 100–150 см², размер сложных – не более 130–160 см².
14. Размерность всех величин, используемых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).
15. Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить в него редакционные правки.