

ISSN 2070–4828

# МЕЛИОРАЦИЯ

Научный журнал

## № 4(94)

Основан в 1951 году  
Выходит 4 раза в год

Октябрь – декабрь, 2020



Минск, 2020

## СВИДЕТЕЛЬСТВО № 411

### 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. **А. С. Мееровский** (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. **Э. И. Михневич**

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

д-р с.-х. наук **В. И. Желязко**

д-р с.-х. наук **П. Ф. Тиво**

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

канд. техн. наук, доцент **Н. К. Вахонин**

канд. техн. наук **Э. Н. Шкутов**

*Журнал рецензируется.*

*Журнал 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:*

*06.01.02 – мелиорация, рекультивация и охрана земель;*

*06.01.06 – луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры*

*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.

### Журнал «МЕЛИОРАЦИЯ»

Подписной индекс: **74856** — для индивидуальных подписчиков

**748562** — для предприятий и организаций

Подписку можно оформить во всех отделениях связи.

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

Компьютерная верстка **И. В. Скуратович**

---

Подписано к печати 11.12.2020 г. Формат 60x84 1/8.  
Уч.-изд. л. 9,50. Усл. печ. л. 4,97. Заказ 501. Тираж 100 экз.

Адрес редакции: 220040, г. Минск, ул. Некрасова, 39-2  
тел. (017) 331-49-03

E-mail: [info@niimel.by](mailto:info@niimel.by) <http://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

Посвящается 110-летию Института мелиорации  
и 110-летию со дня рождения  
академика С. Г. Скоропанова



А. С. Анженков

Краткая история Института мелиорации (1910–2020 гг.)

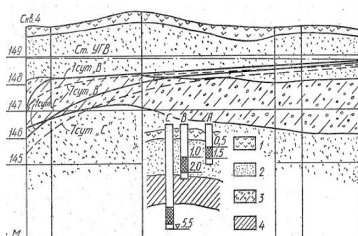
5

Степан Гордеевич Скоропанов (к 110-летию)

9

Мелиорация

Land improvement



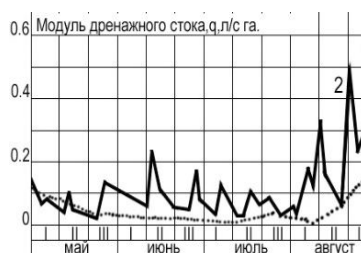
А. И. Митрахович, А. П. Майорчик

Из опыта применения в Беларуси осушительно-увлажнительных систем вертикального дренажа

A. I. Mitrakhovich, A. P. Majorchik

From the experience of using vertical drainage and humidification systems in Belarus

12



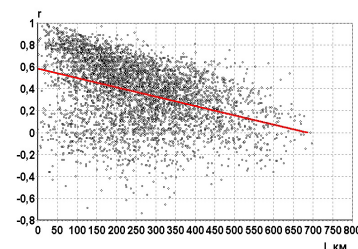
Н. М. Кащенко, В. В. Васильев, В. П. Ковалев

Расчет параметров новых и реконструкции действующих  
польдерных систем сельскохозяйственного назначения

N. M. Kashchenko, V. V. Vasiliev, V. P. Kovalev

Technology for calculation of parameters of reconstructed  
polder systems for agricultural purpose

19



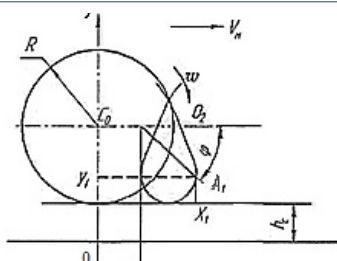
А. А. Волчек

Оптимизация режимной гидрологической сети  
Беларуси

A. A. Volchak

Optimization of observation points on the rivers of Belarus

24



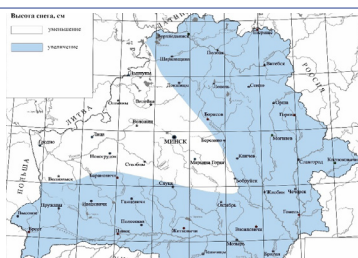
В. Н. Основин, В. А. Агейчик, Л. Г. Основина

Усовершенствованная конструкция рабочего органа  
для скашивания растительности со дна мелиоративного  
канала

V. N. Osnovin, V. A. Ageychik, L. G. Osnovina

Improved design of the working body for cutting vegetation  
from the bottom of the reclamation channel

30



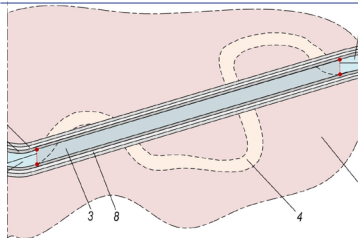
О. П. Мешик, В. А. Морозова, М. В. Борушко

Роль снежного покрова в формировании весеннего  
половодья на реках Беларуси

A. P. Meshyk, V. A. Marozava, M. V. Barushka

The role of snow cover in forming spring flooding on Belarus  
rivers

35



*А. В. Петроченко, В. И. Петроченко*

**Гидротехнические мероприятия защиты русел и долин рек от паводков**

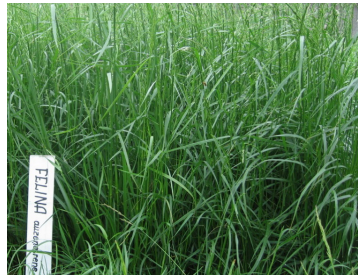
*A. V. Petrochenko, V. I. Petrochenko*

**Hydraulic engineering measures for the protection of river beds and river valleys from floods**

**41**

**Использование мелиорированных земель**

**The usage of reclaimed lands**



*Н. Ю. Коновалова, С. С. Коновалова*

**Выращивание фестулолиума в составе бобово-злаковых агрофитоценозов на осушенных землях европейского севера России**

*N. Yu. Konovalova, S. S. Konovalova*

**Cultivation of festulolium as part of legume and cereal agricultural plant communities on the drained lands of the european north of Russia**

**49**



*Н. Н. Семененко*

**Инновационные технологии применения удобрений на антропогенно преобразованных торфяных почвах**

*N. N. Semenenko*

**Innovative technologies of fertilizer application on anthropogenically transformed peat soils**

**54**



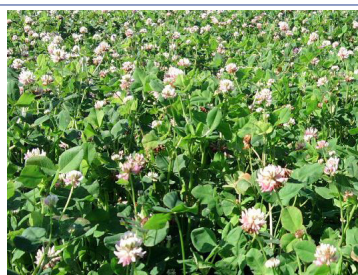
*О. С. Михайлова, Р. Т. Пастушок*

**Влияние погодных условий и биостимуляторов роста на семенную продуктивность клевера гибридного**

*O. S. Mikhailova, R. T. Pastushok*

**Influence of weather conditions and biostimulators of growth on seed productivity of hybrid clover**

**60**



*А. Л. Бирюкович, Р. Т. Пастушок*

**Технологические приемы возделывания клевера гибридного на семена**

*A. L. Biryukovich, R. T. Pastushok*

**Technological methods of cultivation of hybrid clover for seeds**

**67**

**Чтобы помнили**

**To be remembered**

**Памяти Людмилы Николаевны Лученок**

**72**

**Иван Васильевич Минаев (к 90-летию)**

**73**

**Наши юбиляры**

**Our Jubilees**

**Николай Михайлович Авраменко (к 75-летию)**

**74**

## КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИНСТИТУТА МЕЛИОРАЦИИ (1910–2020 гг.)

*А. С. Анженков, кандидат технических наук, доцент*

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

Решение проблем гидромелиорации всегда было жизненно важным для нашей страны, где более 40 % территории составляли болота и заболоченные земли. В некоторых районах заболоченность достигала 80 %, что сказывалось на состоянии сельского хозяйства и социальном развитии края. Выгодное расположение Беларуси на пересечении торговых путей требовало развития транспортных коммуникаций, которые не только играли важную роль в расширении торговли, подъеме экономики, но и имели большое стратегическое значение.

Для научного обеспечения государственной политики в области осушения заболоченных и переувлажненных земель возникла необходимость организации в г. Минске соответствующего научного подразделения.

Институт мелиорации ведет отсчет своей истории с 1910 г., когда постановлением Минского губернского комитета по делам земского хозяйства от 22 февраля 1910 г. была учреждена Минская болотная опытная станция и определен объем финансирования на ее создание и содержание.

Руководил станцией известный в научных кругах ученик К. А. Тимирязева, магистр ботаники, главный специалист Департамента земледелия по культуре болот А. Ф. Флеров.

Первым опытным хозяйством Минской болотной опытной станции стал участок «Кукутелка» в имении Лахва недалеко от станции Лунинец в Полесье. В конце 1913 г. директором станции становится А. Т. Кирсанов. Он

предложил в качестве второго опытного болотного хозяйства использовать Комаровское болото (общей площадью около 218 га), расположенное на окраине Минска (ныне «Комаровка» – район города).

С 1912 г. по 1917 г. станция издавала журнал «Болотоведение» (под редакцией А. Ф. Флерова, затем А. Т. Кирсанова) и труды Минской болотной опытной станции. В них освещались вопросы осушения болот в Минской губернии, Прибалтийском крае, Волыни, а также в Западной Европе.



Рис. 1. Здание опытной болотной станции в г. Минске (не сохранилось)

Работа научного коллектива станции пользовалась поддержкой белорусского правительства, и после революции 1917 г. за большие заслуги в опытно-деловом и успешном производственном деле Минская болотная станция постановлением Центрального исполнительного комитета БССР от 1 января 1929 г. была награждена орденом Трудового Красного Знамени БССР.



Рис. 2. Орден Трудового Красного Знамени БССР

Для придания более высокого государственного статуса научной организации, обеспечивающей решение стратегических задач, постановлением Совета народных комиссаров СССР от 18 мая 1930 г. на базе Минской опытной болотной станции и отдела осушения и культуры болот Белорусского НИИ сельского и лесного хозяйства был организован Всесоюзный научно-исследовательский институт болотного хозяйства. Институту были переданы в подчинение Новгородская, Архангельская, Сарненская и Кировская опытные болотные станции (впоследствии отошли региональным институтам ВНИИГиМ, УкрНИИГиМ, СевНИИГиМ). В последующие годы менялись названия института, его ведомственная подчиненность, но оставалось неизменным главное направление его деятельности – разработка теории и практических приемов мелиоративного преобразования болот и переувлажненных земель.

В 1956 г. станция была преобразована в производственное подразделение института – Минское экспериментальное хозяйство (МЭХ). В связи с развитием города в начале 1960-х гг. из пользования станции были изъяты участки земли под строительство микрорайона улиц Орловская – Карастояновой, сельхозпоселка. Ручей Переспа, протекавший через бывший болотный массив «Комаровский», был канализован, а мелиоративные каналы, полностью заполненные водой в весеннее половодье, в результате деятельности водозаборных скважин в районе дер. Новинки и Цна были навсегда осушены и практически прекратили свое существование; от них остались лишь очертания на территории парка Дружбы народов.

Кстати, парк Дружбы народов на карте Минска появился довольно случайно. В 1970-х гг. Белорусский НИИ мелиорации и водного хозяйства (далее – БелНИИМиВХ) предложил реорганизовать территорию МЭХ. В связи с этим рассматривалось два альтернативных варианта: образование межвузовского спортивного комплекса или филиала Центрального ботанического сада Академии наук БССР. Победил второй вариант, но возникла проблема с финансированием работ. После долгих дебатов было принято соломоново решение – создать вместо филиала ботанического сада парк по типу ботанического сада. Так возник парк Дружбы народов.

В 1978 г. МЭХ было преобразовано в ЭПП – Экспериментальное производственное предприятие БелНИИМиВХ.

За успехи в обеспечении продовольственной безопасности, социального развития и коммуникация БелНИИМиВХ награжден Юбилейным почетным знаком в ознаменование 50-летия образования Союза ССР (постановление Центрального комитета КПСС № 850 от 13 декабря 1972 г.).



Рис. 3. Юбилейный почетный знак в ознаменование 50-летия образования СССР



Рис. 4. Орден Трудового Красного Знамени

С 1992 г. БелНИИМиВХ перешел из союзного подчинения в республиканское и стал развиваться как научная организация в системе Минсельхозпрода Республики Беларусь. За заслуги в научном обеспечении и реализации государственной политики в области мелиорации земель в 2001 г. и 2005 г. институт награжден Почетными грамотами Совета Министров Республики Беларусь, в 2010 г. – Почетной грамотой Национального собрания Республики Беларусь.

С марта 2002 г. институт входит в состав Национальной академии наук Беларуси, а в конце 2006 г., согласно Указу Президента Республики Беларусь, реорганизован в Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт мелиорации» с филиалами «Витебская опытная мелиоративная станция Института мелиорации» и «Экспериментально-производственное предприятие Института мелиорации» и вошел в состав вновь созданного Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по земледелию.

В состав института входят: лаборатории совершенствования мелиоративных систем, эксплуатации мелиоративных систем, мониторинга и моделирования природных систем, использования торфяных комплексов, использования осушенных минеральных земель, сенокосов и пастбищ на мелиорированных землях. Его филиал «Витебская опытная мелиоративная станция Института мелиорации» работает в Сенненском р-не Витебской обл.

Сейчас институт – ведущее научное учреждение Беларуси в области мелиорации и сельскохозяйственного использования мелиорированных земель, он занимается разработкой высокоэффективных энерго- и ресурсосберегающих технологий эксплуатации, восстановления, реконструкции мелиоративных систем; созданием высокоэффективных зональных систем мелиоративного земледелия, обеспечивающих рациональное использование природных ресурсов и устойчивое функционирование мелиоративных комплексов; разработкой экономически и экологически обоснованных технологий интенсификации использования сенокосов и пастбищ; разработкой автоматизированных систем поддержки принятия решений при проек-

тировании мелиоративных мероприятий и оптимизации сельскохозяйственного использования мелиорированных земель на основе комплексного агро-экологического мониторинга.

Главные усилия сельскохозяйственной мелиорации и мелиоративной науки в современных условиях направлены на повышение эффективности использования и сохранение мелиорированных земель. Общая площадь осушенных сельскохозяйственных земель в стране составляет 2,9 млн га. Помимо этого, Институт мелиорации осуществляет научное обеспечение использования 1,6 млн га сенокосов и пастбищ, расположенных на неосушенных землях.

Разработанные нашими сотрудниками методики, технологии, технологические регламенты, конструкции и механизмы представлены в многочисленных рекомендациях, пособиях, строительных нормах, других нормативных и методических документах, защищены многочисленными патентами.

Коллективом разработаны научные основы мелиорации болот и заболоченных земель в почвенно-климатических условиях Беларуси, научно-практические положения мелиоративного земледелия и луговодства. К наиболее значимым научным достижениям Института мелиорации последних лет относятся: стратегия эколого-безопасной реконструкции мелиоративных систем и повышения продуктивности мелиорированных земель Полесья; основные направления развития кормопроизводства; концепция ведения и развития сельскохозяйственного производства в зоне затоплений и подтоплений; оценка эффективности мелиоративного комплекса и использования мелиорированных земель; разработки по информационному обеспечению мелиоративного комплекса. Институт инициировал ряд республиканских программ, в том числе республиканские программы «Сохранение и использование мелиорированных земель».

Институт выпускает журнал «Мелиорация», где публикуются научные статьи и актуальные рекомендации для тружеников сельского хозяйства, а в аспирантуре ведется подготовка научных кадров по следующим специальностям: 06.01.02 – мелиорация, рекультивация и охрана земель; 06.01.06 – луго-

водство, кормопроизводство, лекарственные и эфирно-масличные культуры.

Сейчас РУП «Институт мелиорации» (рис. 6) – ведущее научно-исследовательское учреждение Беларуси, осуществляющее научное обеспечение функционирования мелиоративного комплекса и лугового кормопроизводства на площади более 4 млн га сельскохозяйственных земель. Вся нормативно-техническая база по экономически обоснованному проектированию, строительству,

реконструкции и эксплуатации мелиоративных систем, регламентирующая деятельность предприятий мелиоративной отрасли, разработана на основе научных исследований института. Последнее десятилетие он является единственной организацией в республике, разрабатывающей и актуализирующей мелиоративные технические нормативно-правовые акты (СТБ, ТКП, СНиП, типовые проекты и др.) для мелиоративной отрасли.



Рис. 5. Институт мелиорации

Институт – единственное в стране научное учреждение, обеспечивающее нормативной агротехнологической документацией производство травяных кормов на площади около 2,6 млн га луговых земель, в числе которых 1,8 млн га улучшенных и 1,4 млн га осушенных.

Отвечая на климатические и экономические вызовы современности, Институт мелио-

рации сегодня работает в целях обеспечения высокой эффективности мелиоративных мероприятий и использования мелиорированных земель, внося заметный вклад в продовольственную безопасность и экономическую стабильность Беларуси.





## СТЕПАН ГОРДЕЕВИЧ СКОРОПАНОВ (к 110-летию)

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

**П. Ф. Тиво,**  
доктор сельскохозяйственных наук

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

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 управленческих 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 Вели-

кая 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 – 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 Беларуси (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 (1966 г.) Пленума ЦК КПСС, 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 (орошение, осушение), 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 хозяйственные эффекты на мелиорированных низинных торфяниках», состоявшейся в Варшаве в 1964 г.

Он постоянно совершенствовал свои знания и нацеливал на это своих коллег и учеников. Как следствие, окружавшие его сотрудни-

ки 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 таковым он являлся.

Степан Гордеевич постоянно следил за новыми веяниями в сельском хозяйстве зарубежных стран, критически осмысливал и проверял их на практике с целью использования в условиях нашей республики. Не узкое, провинциальное отношение к мировому опыту, а учет местных особенностей, критическое отношение 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 белорусской науке и Беларуси. Благодаря деятельности этого выдающегося организатора и ученого нашу страну знали далеко за рубежом. Он пользовался заслуженным авторитетом в Германии, Болгарии, Чехии, Японии и других странах. Например, министр сельского хозяйства США, крупнейшей супердержавы, после знакомства и беседы со С. Г. Скоропановым спросил министра маленькой республики: «Что мне надо сделать, чтобы стать таким великим, как Вы?».

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, мно-

гие 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 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 понимающим человеком. Он мог и умел выслушать любого и 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 Скоропанова – 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 широкомаштабная мелиорация заболоченных земель, благодаря которой весь регион Белорусского Полесья стал интенсивно развиваться.

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, животноводства, экологии и экономики

сельского хозяйства. Так, проблеме экологии академик Скоропанов уделял особенное внимание: он посвятил ей ряд научных статей, а также монографию «Мелиорация земель и охрана окружающей среды» (1982). Нашлось место экологии и в последней работе академика в виде фрагментов книги «Мелиорация Полесья: вчера, сегодня, завтра» (2000), которую опубликовали уже после его смерти.

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 обработки почвы, ограничивающей минерализацию органического вещества. Такой подход к использованию торфяных почв продляет их жизнь и сокращает выброс парниковых газов (CO<sub>2</sub>) в атмосферу.

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 академика 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 работал и сотрудничал, кто изучает его научное наследие.

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

# • МЕЛИОРАЦИЯ •

УДК 626.86:574.5:551.43

## ИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ В БЕЛАРУСИ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ДРЕНАЖА

**А. И. Митрахович<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент

**А. П. Майорчик<sup>2</sup>**, кандидат технических наук, доцент

<sup>1</sup> РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь,

<sup>2</sup> БНТУ, г. Минск, Беларусь

### Аннотация

Изложены результаты исследований эффективности работы вертикального дренажа по регулированию водного режима почв в сложных природных условиях. В основе работы – пример опытно-производственной системы вертикального дренажа объекта «Осиповка» Малоритского р-на Брестской обл. площадью 312 га. Приводятся характеристика природных условий участка, конструкция системы и режимы ее работы при осушении и орошении. Отмечены недостатки вертикального дренажа при осушении площадей со сложными гидрогеологическими условиями. Даны рекомендации по повышению его эффективности.

**Ключевые слова:** вертикальный дренаж, осушение, орошение, скважина, дебит, гидрогеологические условия, уровни грунтовых вод.

### Abstract

**A. I. Mitrakhovich, A. P. Majorchik**

### FROM THE EXPERIENCE OF USING VERTICAL DRAINAGE AND HUMIDIFICATION SYSTEMS IN BELARUS

The article presents the results of studies on the effectiveness of vertical drainage to regulate the water regime of soils in difficult natural conditions, based on the example of the experimental-production system for vertical drainage of the Osipovka object of the Maloritsky district of the Brest region with an area of 312 hectares. The characteristics of the natural conditions of the site, the design of the system and its operation modes during drainage and irrigation are given. Disadvantages of vertical drainage in dehumidification of areas with complex hydrogeological conditions were noted. Recommendations are given to increase its effectiveness.

**Keywords:** vertical drainage, drainage, irrigation, well, output, hydrogeological conditions, ground water levels.

### Введение

В последние годы на сельскохозяйственном производстве все чаще негативно сказываются природные условия, обусловленные многими причинами, и без проведения мелиоративных мероприятий высокоэффективное земледелие на значительной части сельскохозяйственных угодий гумидной зоны немыслимо.

Водный режим мелиорируемых земель подвержен значительным колебаниям в разные годы и в течение одного года. Различны и сельскохозяйственные культуры, входящие в севооборот, то есть один и тот же водный режим может быть оценен для одних культур как благоприятный, а для других как неблагоприятный. Поэтому регулирование водного режима корне-

обитаемого слоя почвы в пределах, обеспечивающих требуемые условия развития растений, – основное назначение мелиоративных систем, которые должны быть осушительно-увлажнительными. Современные осушительно-увлажнительные мелиоративные системы созданы на основе открытой осушительной сети и горизонтального дренажа, подпочвенное увлажнение и дождевание на которых осуществляются исключительно за счет использования поверхностных вод. Следует учитывать, что подпочвенное увлажнение довольно инерционно и сопряжено с большими потерями на фильтрацию. Это обуславливает необходимость разработки конструкций мелиоративных систем с универсаль-

ными возможностями регулирования водного режима почв в определенных природных условиях.

В 1980–90 гг. довольно широко разрабатывались и апробировались всевозможные конструкции технически совершенных автома-

### Результаты исследования и их обсуждение

В определенных гидрогеологических условиях одним из перспективных способов мелиорации земель в гумидной зоне рассматривался вертикальный дренаж. Его эффективность и работоспособность апробировались на опытно-производственных участках общей площадью 1350 га. В благоприятных природных условиях осушительно-оросительные системы на базе вертикального дренажа при соответствующих режимах эксплуатации надежно обеспечивают требуемый водный режим для основных сельскохозяйственных культур, о чем свидетельствует более чем двадцатилетний опыт эксплуатации такой системы на Полесской опытно-мелиоративной станции в период 1974–1996 гг. на площади 1050 га [1, 2].

Эффективность работы систем вертикального дренажа в сложных гидрогеологических условиях гумидной зоны трудно оценить из-за недостатка такой информации. Приводим данные испытаний единственной в бывшем СССР опытно-производственной осушительно-оросительной системы дренажа, построенной на участке Осиповского болотного массива Малоритского р-на Брестской обл. на площади 312 га.

Участок отличается чрезвычайно сложными геоморфологическими, гидрогеологическими и почвенными условиями. До мелиорации это был заболоченный луг, покрытый кустарником, с сильно изрезанным рельефом и обилием микропонижений и разновеликих впадин глубиной до 1 м с тесной гидравлической связью. Коэффициенты фильтрации водоносной толщи, установленные по данным опытных откачек, колебались в пределах 20–25 м/сут, а рассчитанные по формуле А. Хазена – 11–14 м/сут.

Исходя из гидрогеологических условий объекта и планируемого использования земель (долголетнее культурное пастбище), мелиоративная сеть на опытно-производственном участке первоначально была запроектирована как осушительно-оросительная с использованием подземных вод из скважин на орошение. Она

тизированных осушительно-увлажнительных систем. В этой связи представляется целесообразным оценить их эффективность и возможность применения в современных условиях с учетом научно-технического прогресса в области мелиорации.

состояла из девяти дренажных скважин глубиной 27–40 м с диаметром фильтров 273, 325, и 426 мм и открытых ограждающих каналов по периметру участка. Расстояние между скважинами было в пределах 400–600 м, а их дебит составлял 90–200 м<sup>3</sup>/ч (удельный дебит 14–18 м<sup>3</sup>/ч). Насосные станции над скважинами были наземного типа.

Орошение участка осуществлялось дождевальными установками «Фрегат» ДМ-45-4, «Фрегат» ДМБУ-463-60, «Волжанка» ДКШ64-800 и аппаратом ДД-30 со стационарной оросительной сетью. При этом во «Фрегаты» вода подавалась непосредственно из скважин, а «Волжанка» работала как непосредственно из скважин, так и из бассейна суточного регулирования воды с помощью передвижной насосной станции СНП 75/100, которая обеспечивала водой и аппарат ДД-30. Аккумулирующий бассейн размером 65 × 65 м был выполнен в полувыемке-полунасыпи. Участок оборудован наблюдательной сетью, состоящей из скважин диаметром 110 мм, железобетонных колодцев диаметром 70 см и кустов пьезометров из трех скважин глубиной 2; 2,5; 5 м, при этом фильтр глубокого пьезометра расположен под глинистой прослойкой. Схема опытно-производственного участка приведена на рис. 1.

Осушительное действие скважин изучалось как в процессе строительства системы в условиях неосушенного и неосвоенного болота, так и после сдачи ее в эксплуатацию. Первые опытные откачки проведены из скважины № 5, расположенной в центре участка. Скважина работала в течение трех суток с дебитом около 100 м<sup>3</sup>/ч при начальном положении уровня грунтовых вод (далее – УГВ) на глубине 40–50 см от поверхности. Откачка показала, что ее влияние на УГВ распространяется в радиусе 500 и более метров. Однако интенсивность понижения уровня на расстоянии 250 м от скважины составляла всего 3 см/сут. При исследовании осушительного действия скважины № 1 после окончания

строительства объекта было установлено, что при откачке с дебитом 147 м<sup>3</sup>/ч за 4 суток УГВ снизился в радиусе 300 м на 40см, а в радиусе 450 м – всего на 14 см. Возмущение пласта наблюдалось в радиусе более 800 м. Площадь

осушения с понижением УГВ по контуру более 30 см составила более 30 га. Серия откачек с дебитами 70, 160 и 205 м<sup>3</sup>/ч была выполнена из скважины № 4, результаты одной из них приведены в табл. 1.

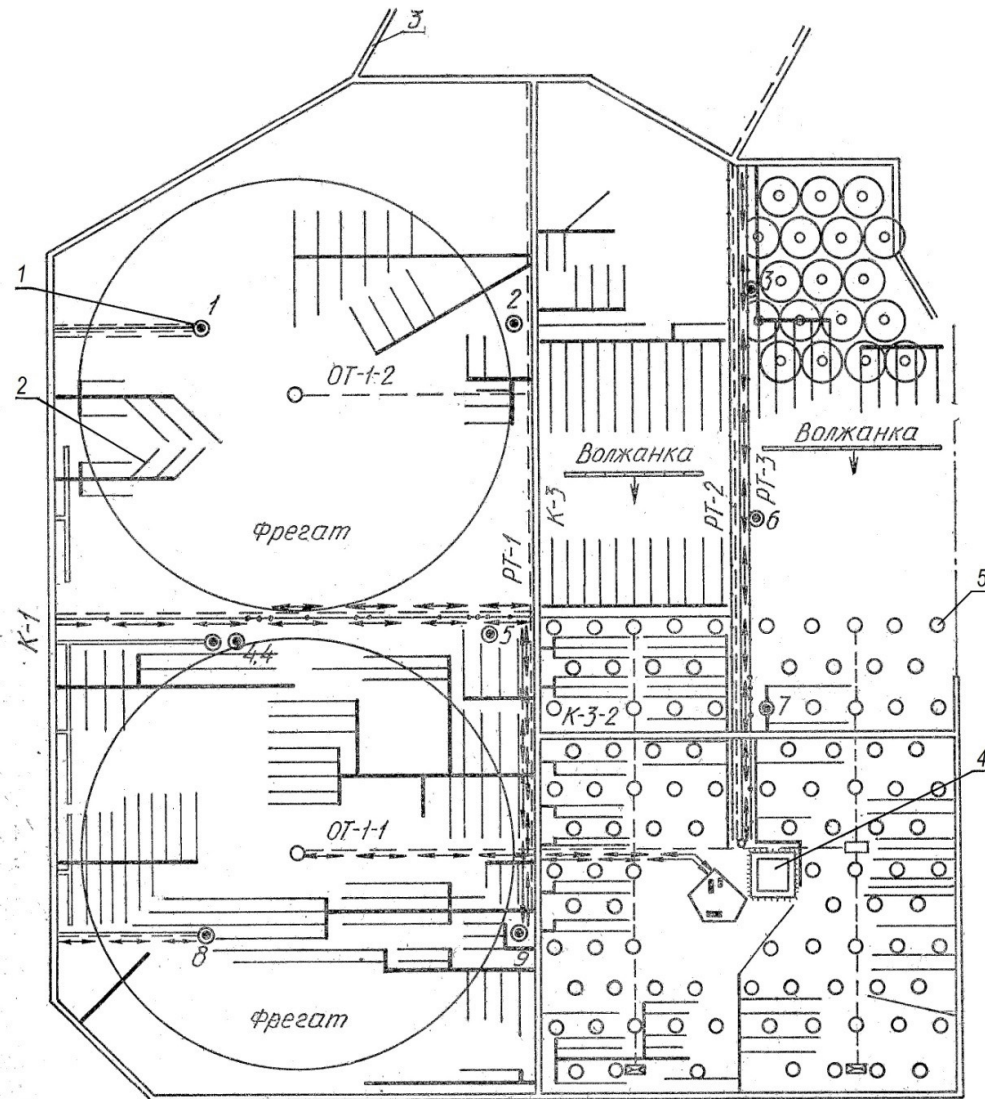


Рис. 1. Схема опытно-производственного участка вертикального дренажа объекта «Осиповка»: 1 – дренажная скважина; 2 – дренаж; 3 – открытая сеть; 4 – бассейн; 5 – аппарат ДД-30

Таблица 1. Динамика УГВ при откачке из скважины № 4 ( $Q = 160 \text{ м}^3/\text{ч}$ )

Время	Понижение УГВ (см) от статического по пьезометрам №					
	3(50)	4(237)	2(396)	5(514)	6(600)	10(680)
Нач. УГВ	125	174	140	140	145	139
2 ч	12/151	2/10	–	–	–	–
3 ч	19/169	6/22	3/10	–	0/1	–
5 ч	23/197	14/30	8/15	0/7	0/3	–
23 ч	85/233	30/66	19/24	1/15	5/15	6/6
46 ч	133/252	33/76	26/29	1/24	9/17	7/10
166 ч	145/267	55/100	42/44	10/32	17/27	12/17

П р и м е ч а н и е. 1. В скобках – расстояние от пьезометра до дренажной скважины, м.  
2. В числителе – понижение по короткому пьезометру, в знаменателе – по длинному, под глинистой прослойкой.

Динамика УГВ при откачках в данных гидрогеологических условиях характеризуется большим различием в интенсивности понижения в мелких и глубоких пьезометрах. Скорость снижения уровня грунтовых вод в первые сутки откачки в глубоких пьезометрах в радиусе до 100 м намного больше, чем в мелких. Так, на расстоянии 50 м понижение за 2 часа в верх-

нем пьезометре составило 12 см, а в нижнем – 151 см, за сутки – 85 и 233 см соответственно. Понижение на удалении 230 м от скважины за сутки составило 30 и 66 см, а за 7 суток – 55 и 100 см соответственно. При этом при откачках образуются две кривые депрессии уровня грунтовых вод: в верхнем горизонте над слабопроницаемой прослойкой и под ней (рис. 2).

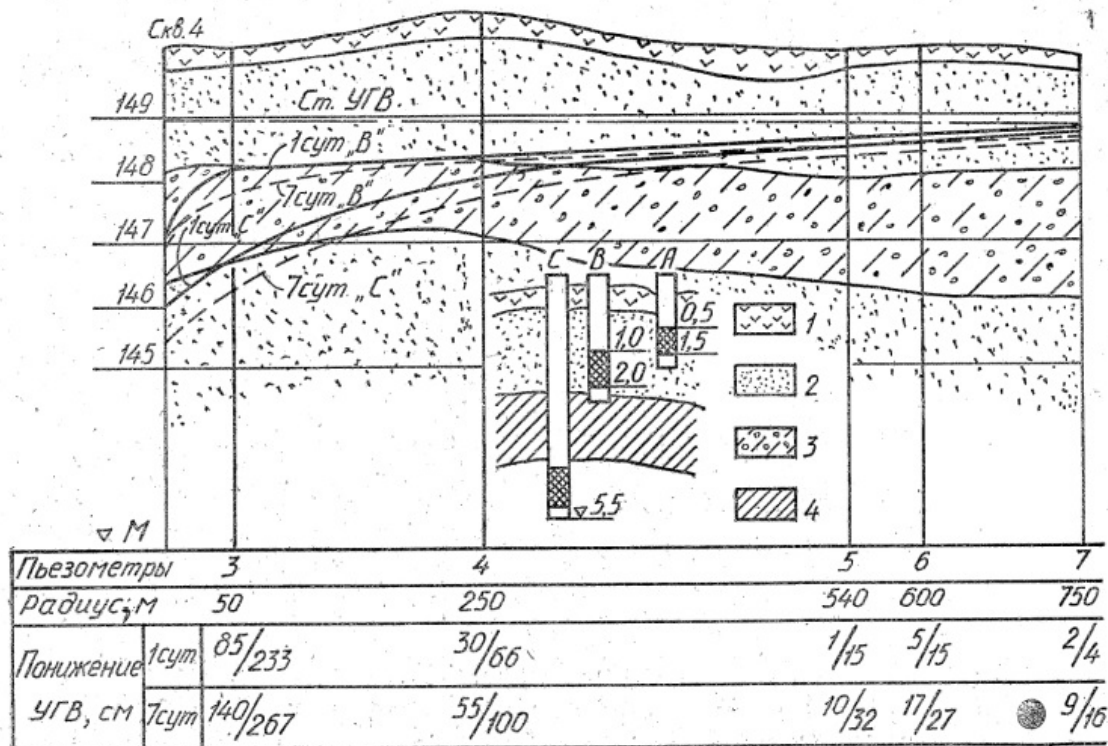


Рис. 2. Депрессионные кривые при работе скважины № 4:  
1 – торф; 2 – песок; 3 – супесь; 4 – суглинок (в числителе – понижение по пьезометру «В»)

В таких гидрогеологических условиях скважина каптирует воду из водоносного горизонта, расположенного под слабопроницаемой прослойкой, вследствие чего перетекание воды из верхнего горизонта в нижний происходит с некоторым запаздыванием. Восстановление УГВ в этом горизонте проходило в течение 3–4 суток и по всей площади устанавливался относительно одинаковый уровень грунтовых вод на 10–15 см ниже первоначального. С учетом этого для поддержания необходимой нормы осушения на локальных участках следует назначать дискретный режим работы скважин.

Опытами установлено, что действие одной скважины за сутки распространялось на площади более 80 га, а за четверо суток более, чем на 120 га. Но площадь с понижениями более 0,3–0,5 м составила всего 25–30 га за 4–7 суток.

Установлено также, что с увеличением дебита скважины возрастают как интенсивность понижения УГВ, так и радиус влияния скважины (табл. 2).

Также обнаружено, что интенсивность снижения УГВ возрастает с увеличением дебита скважин. Так, если при дебите скважины 70 м<sup>3</sup>/ч УГВ в радиусе 50 и 240 м за двое суток понизился на 45 и 9 см соответственно, то при дебите 160 м<sup>3</sup>/ч – на 130 и 33 см. Следует отметить, что при откачках из скважин скорость снижения УГВ в радиусе 50–400 м изменялась от 90 до 4 см/сут.

Осушительное действие вертикального дренажа более эффективно при групповой работе скважин. В табл. 3 приведены данные по интенсивности понижения УГВ при групповой откачке из четырех и двух скважин [3].

Таблица 2. Понижение УГВ от статического при откачках из скважины № 4

Расход скважин $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	Время работы, ч	Понижение УГВ (см) на расстоянии (м)			
		50	237	311	420
50	237	311	420	–	–
	3	12	–	2	–
	18	44	5	3	–
	24	47	8	3	–
	48	48	9	3	–
	67	48	11	3	–
205	1	7	–	–	–
	3	28	2	5	–
	18	82	8	16	13
	24	95	15	21	15
	52	135	25	25	22
	66	146	25	29	24
	89	155	33	34	30

Таблица 3. Понижение УГВ при групповой откачке

Показатель	Скважины № 1, 2, 4, 5 $Q = 500$ м <sup>3</sup> /ч, $R = 500$ м					Скважины № 4, 9 $Q = 200$ м <sup>3</sup> /ч, $R = 400$ м				
	Откачка, час	2	5	10	21	48	24	48	96	144
Понижение УГВ, см	2	10	21	34	51	21	28	36	38	40

Откачка из четырех скважин (№ 1, 2, 4, 5), расположенных по углам квадрата со стороной 550 м, в течение двух суток с дебитом 500 м<sup>3</sup>/ч привела к понижению УГВ в центре участка на 50 см. Откачка из двух скважин (№ 4 и 9) с дебитом 200 м<sup>3</sup>/ч и расстоянием между скважинами 800 м за 6 суток понизила уровень грунтовых вод на 40 см.

В ходе строительства и испытания системы установлено, что из-за пестроты микрорельефа участка, наличия торфяников различной мощности, а в отдельных местах суглинистой прослойки на глубине 1,5–2,5 м, напорности грунтовых вод работа скважин в режиме осушения не дала ожидаемого эффекта, особенно в микропонижениях. Неблагоприятный водный режим в отдельных местах обусловлен не только наличием слабоводопроницаемых прослоек, но и фильтрационными свойствами грунтов зоны аэрации, определяющими характер распределения влаги по площади и инфильтрации атмосферных осадков.

Верхние слои торфа и оторфованных грунтов задерживают в себе большую часть атмосферных осадков и талых вод, препятствуя поступлению их в нижние слои зоны аэрации и создавая условия для образования луж. В таких условиях для осушения почв требуется проведение дополнительных мероприятий.

С такими обстоятельствами мы столкнулись на объекте «Осиповка», где в процессе испытаний системы были выявлены просчеты в ее проектировании, обусловленные недоучетом сложных гидрогеологических и рельефных условий. Работа скважин не дала ожидаемого осушительного эффекта в отдельных местах участка, особенно в понижениях. Поэтому для усиления интенсивности осушения и организации поверхностного стока вертикальный дренаж был дополнен системой открытых каналов и горизонтальным гончарным дренажем, расположенным локально в наиболее пониженных и переувлажненных местах. Горизонтальный дренаж заложен в



виде отдельных дрен и системы коллекторов с расстоянием между ними 25–30 м. Вдоль дороги и ограждающего канала К-1 проложены кюветы глубиной до 1 м.

Таким образом, вертикальный дренаж на участке был преобразован в систему комбинированного дренажа, которая в 1982–1984 гг. бесперебойно обеспечивала требуемый водный режим при осушении почв. Но следует учитывать, что в зоне неустойчивого увлажнения в период с апреля по октябрь наблюдаются промежутки времени, когда почвы недостаточно увлажнены, причем не только в засушливые, но в средние и даже влажные годы. И в эти периоды требуется дополнительное увлажнение [5]. По результатам анализа производственных данных и результатов исследований лаборатории орошения БелНИИМиВХ, проведенных под руководством А. И. Михальцевича, установлено, что надежным средством повышения урожаев и их устойчивости по годам является орошение дождеванием на фоне высокой агротехники [4].

В режиме осушения эпизодически работала лишь часть скважин. Наиболее длительно и эффективно система действовала на орошение земель. Так в 1984 г., начиная с 20 апреля, скважины № 2, 3, 5–7 интенсивно работали на орошение с одной сменой поливного оборудования. Дождевальные машины обслуживали следующие площади: установкой ДМ-454-50 («Фрегат») – 72 га, ДМБУ-463-60 – 61 га, ДКШ64-800 («Волжанка») и ДД-30 – 72 га, всего орошаемая площадь участка составила 205 га. При поливе работу системы обеспечивали 5 человек обслуживающего персонала. Всего скважинами за год было каптировано 165 тыс. м<sup>3</sup>, в том числе на сброс 49 380 м<sup>3</sup>, или 155 м<sup>3</sup>/га. Площадь участка использовалась следующим образом: сенокос – 83 га, трава на зеленую массу – 182 га, пастбища – 47 га. По данным Брестской МУООС, за сезон 1984 г. было полито 484 га площади объекта «Осиповка», в том числе установкой ДМ-454-50 («Фрегат») – 204 га, ДМБУ-463-60 – 35 га, ДКШ64-800 («Волжанка») – 130 и ДД-30 – 112 га. За апрель – октябрь на орошение было подано около 100 тыс. м<sup>3</sup> воды в соответствии с нормой полива 250 м<sup>3</sup>/га на «Фрегат» и «Волжанку» и

200 м<sup>3</sup>/га – на ДД-30. Оросительная техника отработала на полив около 500 часов. За вегетационный период 1986 г. было полито 871 га, в том числе: в апреле – 9 га, в мае – 314, в июне – 245, в июле – 227 и в августе – 76 га. По дождевальным машинам и установкам эти площади составили: «Фрегат» – 336 га (южный участок); «Фрегат-2» – 170 га; «Волжанка» – 140 га и ДД-30 – 223 га. На полив работали скважины № 2, 5, 7, 9, за вегетационный период ими было подано на орошение более 200 тыс. м<sup>3</sup> воды, расход электроэнергии при этом составил 75 390 кВт/ч, или 285 кВт/ч на 1 га орошаемой площади (265 га). Площадь участка использовалась под следующие культуры: картофель – 30 га, свекла – 19 га, лен (на волокно) – 54 га, рожь – 20 га, пастбища – 56 га и сенокос – 62 га. Режим работы скважин вертикального дренажа на объекте в 1984 г. представлен в табл. 4.

Проведенные в 1984–1986 гг. исследования на системе вертикального дренажа объекта «Осиповка» на площади 312 га показали, что регулирование водного режима почв в сложных гидрогеологических и литологических условиях на площади с пестрым микрорельефом представляет собой весьма сложную задачу. Решение ее требует проектирования систем комбинированного дренажа, эффективность действия которого будет зависеть от эффективности взаимодействия всех элементов систем (скважин, горизонтального дренажа с водопоглощающими элементами и регулирующими сооружениями).

Основное достоинство вертикального дренажа заключается в том, что в годы любой водности он своевременно (или заблаговременно) отводит с осушаемого массива только избыточные влаготопы, что позволяет максимально беречь водные ресурсы осушаемых территорий. Объем среднегодового дренажного стока на таких системах на 30–80 % меньше, чем на самотечных системах непрерывного действия. Эта разница в объемах дренажного стока, равная в среднем 1300–1800 м<sup>3</sup>/га за сезон, и составляет тот запас ежегодно восполняемых грунтовых вод, который не отводится с осушаемого массива в виде безвозвратного стока и может быть использован на орошение в засушливые периоды [5].

Таблица 4. Режим работы скважин на участке «Осиповка» (1984 г.)

№ скважины	Время работы	Количество отработанных суток	Расход скважины, м <sup>3</sup> /ч	Подано воды, м <sup>3</sup>	Использование воды
1	17.05–21.10	6	140	19 320	осушение
2	23.04 –24,08	10	150	24 500	орошение, «Фрегат»
3	16.04–31.05	5	100	10 600	«Волжанка»
4	18.05 –25.09	6	200	27 200	осушение, «Фрегат»
	23.04–16.05	3			
5	18.05–24.08	10	200	39 500	осушение
6	16.04–04.07	4	130	12 870	«Волжанка», бассейн
7	21.04–18.08	3,6	100	8 700	«Волжанка», бассейн
8	07.08	1	95	1 600	осушение
9	05.0 –08.09	4	–	8 960	осушение
Итого:	–	47	–	153 200	–

### Выводы

1. Работа скважин при откачках обеспечивает относительно равномерное понижение уровней грунтовых вод по площади. Воронка депрессии с понижением до 2 м распространяется в радиусе 50 м.

2. Средние скорости понижения УГВ в радиусе 200–400 м при одиночной работе скважин с дебитом до 100 м<sup>3</sup>/ч колеблются в пределах 4–9 см/сут, а при групповой работе скважин достигают 20 см/сут.

3. При автономной работе скважина с дебитом 140–200 м<sup>3</sup>/ч может обеспечить требуемое понижение на площади 35–45 га за 7–15 суток.

4. В условиях ярко выраженного микро-рельефа поверхности, наличия грунтово-напорного питания или прослоек слабОВОД-проницаемых грунтов вертикальный дренаж целесообразно дополнять горизонтальным с водопоглощающими элементами в понижениях или открытыми каналами.

5. При осушении площадей, включающих участки со слабОВОД-проницаемыми прослойками мощностью 1,5–2,0 м, залегающими на глубине 2–3 м, применять вертикальный дренаж без дополнительных мероприятий не рекомендуется.

### Библиографический список

1. Осушение земель вертикальным дренажем / А. И. Мурашко [и др.]. – Минск : Ураджай, 1980. – 248 с.
2. Мурашко, А. И. Сельскохозяйственный дренаж в гумидной зоне / А. И. Мурашко. – Москва : Колос, 1982. – 272 с.
3. Митрахович, А. И. Осушительное действие скважин вертикального дренажа на болотах со сложными природными условиями. / А. И. Митрахович // Мелиорация и вод. хоз-во. Экспресс-информация. Осушение и осушительные системы. – Серия 2, вып. 8. – Москва, 1986. – С. 5–13.
4. Михальцевич, А. И. Роль орошения в интенсификации кормопроизводства и овощеводства в БССР / А. И. Михальцевич // Мелиорация переувлажненных земель : сб. науч. тр., вып. XXXIV. – Минск : Ураджай, 1985. – С. 63–69.
5. Костюкович, П. Н. Гидрогеологические основы вертикального дренажа / П. Н. Костюкович. – Минск : Наука и техника, 1979. – 284 с.

Поступила 26 августа 2020 г.

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НОВЫХ И РЕКОНСТРУКЦИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ПОЛЬДЕРНЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

**Н. М. Кащенко<sup>1</sup>**, доктор физико-математических наук

**В. В. Васильев<sup>2</sup>**, кандидат технических наук

**В. П. Ковалев<sup>3</sup>**, директор

<sup>1</sup>Балтийский Федеральный университет имени И. Канта, г. Калининград, Россия

<sup>2</sup>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Беларусь

<sup>3</sup>ООО «Бюро мелиоративных технологий», г. Калининград, Россия

### Аннотация

Анализ экспериментальных данных работы действующих польдерных систем и результатов численных экспериментов показал, что проведение реконструкции действующих польдерных систем, основанное на экспериментально определенных значениях модуля дренажного стока дренажа систем, имеет существенный потенциал увеличения эффективности их работы.

**Ключевые слова:** польдерная система, равномерность осушения, математическая модель.

### Abstract

**N. M. Kashchenko, V. V. Vasiliev, V. P. Kovalev**

### TECHNOLOGY FOR CALCULATION OF PARAMETERS OF RECONSTRUCTED POLDER SYSTEMS FOR AGRICULTURAL PURPOSE

The analysis of experimental data on the functioning of existing polder systems and the results of numerical experiments has shown that the reconstruction of existing polder systems based on experimentally determined values of the drainage flow module of drainage systems has a significant potential to increase the efficiency of their operation.

**Keywords:** polder system, the uniformity of drying, mathematical model.

Польдерные системы применяются при сельскохозяйственном освоении безуклонных и малоуклонных территорий, находящихся в затопленном или подтопленном состоянии. Эффективность работы польдерных систем определяется работой насосной станции, позволяющей по требуемому для развития сельскохозяйственных культур положению уровней грунтовых вод массива осушения управлять откачкой избыточного дренажного стока.

Общей тенденцией проектирования и строительства действующих польдерных систем было уменьшение площади массивов осушения и увеличение удельной производительности насосных станций [1, 2]. Начиная с 1971 г. на польдерных системах Неманской низменности на площади  $F = 32\ 820$  построен закрытый дренаж. Дренаж является основным элементом польдерной системы, позволяющим управлять водно-воздушным режимом почв, задаваемым

расчетным значением модуля дренажного стока  $q_{др.пр.} = 1,1-1,2$  л/(с·га). Корректность расчета параметров дренажа определяет эффективность его работы и работу польдерной системы в целом, поэтому задача расчета и проектирования польдерных систем заключается в обеспечении эффективности работы дренажа.

Расчет параметров и строительство дренажа польдерных систем производился для выращивания трав на производство травяной муки при модуле дренажного стока  $q_{др.рас.}$ . Смена структуры сельскохозяйственного производства привела к необходимости использования на массивах осушения многопольного севооборота с культурами, имеющими проектные значения модуля дренажного стока  $q_{др.пр.} = 0,96-2,31$  л/(с·га), и применения орошения дождеванием, которое в условиях равнинного рельефа может быть реализовано только с использованием водохранилищ [3].

Системные экспериментальные исследования проводились на польдерных системах 15, 20, 29, 35, 36, 41, 46. Изучение работы дренажа проведено на производственно-экспериментальных участках «Шиповский» ( $F = 73$  га) и «Аксеново» (польдерная система нс116а,  $F = 130$  га). Численные эксперименты проводились с использованием проблемно ориентированной модели польдерной системы.

Корректность расчета параметров дренажа, достижение соответствия фактических значений модуля дренажного стока  $q_{др.факт.}$  его проектным значениям  $q_{др.расчет.}$  определяет как эффективность работы польдерной системы, так и ее стоимость. Стоимость дренажа составляет большую часть стоимости польдерной системы, поэтому корректность расчета параметров дренажа при проектировании систем и определении эффективности работы дренажа действующих и реконструируемых польдерных систем – необходимая экономическая составляющая проектирования польдерных систем.

Экспериментальные исследования работы действующих систем Неманской низменности показали наличие характерной для них неравномерности осушения массива, которая приводит к снижению эффективности работы дренажа до 40–50 % и снижению на эту же величину эффективности использования вложенных в строительство средств [1, 4].

Анализ литературных и экспериментальных данных показал, что неравномерность осушения является результатом несогласованной работы составляющих систему элементов: дренажа, каналов проводящей сети и насосной станции [1, 4, 5]. При проектировании действующих систем расчет параметров каналов проводящей сети и насосной станции проводился по гидрологическим зависимостям, не учитывающим в явном виде проектные характеристики дренажа, определяемые соответствующим значением модуля дренажного стока  $q_{др.расчет.}$  [4–6].

Отсутствие возможности расчета параметров польдерной системы в динамическом режиме ее работы с учетом всех составляющих систему элементов не позволило достичь требуемой эффективности работы действующих польдерных систем [2–6].

Расчет параметров дренажа мелиоративных систем велся по формулам С. Ф. Аверьянова и А. И. Ивицкого.

Эти зависимости использовались также при расчете параметров дренажа польдерных систем. Их применение обуславливает создание необходимых уклонов дрен и свободного истечения стока из них. В условиях безуклонных массивов осушения польдерных систем обеспечение необходимых уклонов дрен и свободного истечения стока из них фактически невозможно. Приток воды к дренажу и далее в каналы проводящей сети обеспечивается созданием перепада между уровнями воды в канале и положением уровней грунтовых вод на массиве осушения.

Расчет параметров дренажа для условий формирования уровней воды в каналах проводящей сети польдерных систем может быть произведен по формуле нестационарной фильтрации

$$B = 4[(L_{нд}^2 + \tau_p \cdot T / 4\mu)^{0,5} - L_{нд}], \quad (1)$$

где  $L_{нд}$  – обобщенное фильтрационное сопротивление, по А. Мурашко, м;

$\tau_p$  – параметр, учитывающий гидрологические условия работы дренажа (время стабилизации), сут;

$T$  – проводимость водоносного комплекса,  $m^2/сут$ ;

$\mu$  – коэффициент водоотдачи (недостатка насыщения) в зоне колебания уровней грунтовых вод.

Для польдерной системы продолжительность снижения уровней воды, обеспечивающая расчетные режимы работы дренажа, в каналах проводящей сети  $t_{сн}$ , до горизонтов заложения дренажа, расположенного на водоупоре, соответствует характерному времени польдерной системы. Здесь  $\tau_p = t_{пс}$ . В этом случае зависимость (1) примет следующий вид [1,4–6]:

$$B = 4[(L_{нд}^2 + t_{пс} \cdot T / 4\mu)^{0,5} - L_{нд}]. \quad (2)$$

Экспериментальные данные работы действующих польдерных систем, полученные В. А. Филатовым для Неманской низменности и В. Ф. Галковским для Белорусского Полесья, показывают, что эффективность работы дренажа определяется зависимостями стока с действующих польдерных систем от их площади, то есть дренаж, запроектированный на модуль дренажного стока  $q_{др.пр.} = 1,1-1,2л/(с \cdot га)$ , будет эффективен для площадей до  $F_{пс} < 1100 \div 1900$  га. Фактически это означает, что

дренаж, имеющий экспериментально установленную эффективность работы для площади массива осушения  $F_{\text{пс}} = 3500$  га будет иметь значение не более  $q_{\text{др.пр.}} = 0,6 \text{ л/с га}$  [2, 3] (рис. 1).

На рис. 1 приведены экспериментальные точки зависимости модели откачки с польдерных

систем от размеров площади осушаемого массива и аппроксимирующие их эмпирические зависимости  $l - q = 0,6 + 2,0 \exp(-0.001F)$ , весеннее половодье;  $2 - q = 0,4 + 3,7 \exp(-0.0008F)$ , летне-осенний паводок;  $2 - q = 0,4 + 3,7 \exp(-0.0008F)$ , летне-осенний паводок.

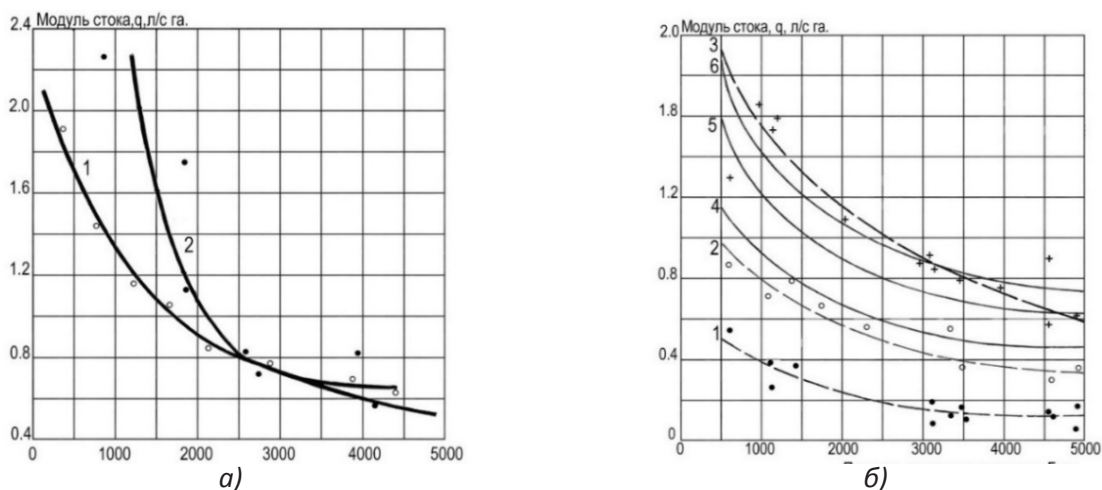


Рис. 1. Зависимость модуля откачки с польдерных систем от размеров площади осушаемого массива:

- а) Белорусское Полесье: 1 – маловодный год  $q = 145F^{-0,89}$ ; 2 – средневодный год  $q = 11,5F^{-0,41}$ ; 3 – многоводный год,  $q = 3,1e^{-0,00064F}$  [3];  
 б) Неманская низменность: 4 –  $q = A \cdot F^{-0,43}$ , здесь  $A = 26,0$  при обеспеченности  $P = 1\%$ ; 5 –  $A = 21,6$  при  $P = 5\%$ ; 6 –  $A = 16,0$  при  $P = 25\%$

Экспериментальные данные показывают, что эффективность работы дренажа с параметрами, рассчитанными по формулам, существенно выше их расчетных значений (рис. 2). Корректное для расчета параметров дренажа качество определения фильтрационных свойств почв с использованием проблемно ориентированной модели польдерной системы может быть обеспечено применением метода рентгеновской компьютерной томографии.

Определенные экстремальные значения фактических модулей дренажного стока  $q_{\text{др.факт.}} = 3,23 - 6,79 \text{ л/с га}$  существенно выше их максимальных значений за периоды наблюдений. Математическое моделирование является необходимым средством расчета параметров польдерных систем, позволяющим с необходимой детализацией и учетом всех составляющих систему элементов рассчитывать их параметры в динамическом режиме.

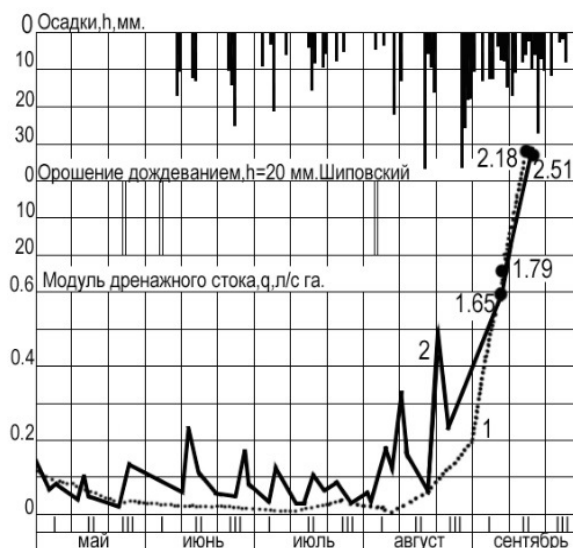


Рис. 2. Динамика формирования модулей дренажного стока на производственно-экспериментальных участках «Шиповский» (участок с самотечной системой двустороннего действия площадью  $F = 73$  га) и «Аксеново» (опытно-производственная польдерная система двустороннего действия нс116а площадью  $F = 130$  га, имеющая осушительно-увлажнительную насосную станцию)

Фильтрация грунтовых вод в насыщенной зоне описывается квазилинейным двухмерным нестационарным уравнением капиллярной модели совместно с моделью переноса влаги по пленкам:

$$\left\{ \begin{array}{l} (\mu_0 - \sum_{i=1}^n \mu_i) \frac{\partial H}{\partial t} = \nabla \left( \int_{H_d}^H K_\sigma(z) dz \cdot \nabla H \right) + \xi - \sum_{i=1}^n \mu_i f_i - \int_{H_d}^0 \frac{h_0 - h}{\tau_p} S dz \\ \frac{\partial H}{\partial t} = f_i, \quad i = \overline{1, n} \\ \frac{\partial h}{\partial t} + \nabla(h\vec{V}) = \frac{h_0 - h}{\tau_p} \\ \frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V}\nabla, \vec{V}) + a\nabla h = 0, \end{array} \right. \quad (3)$$

где  $H$  – уровень грунтовых вод, м;  $\mu_0$  – коэффициент водоотдачи;  $d$  – диаметр капилляров, м;  $\mu_i$  – относительный объем капилляров диаметром  $d$ ;  $K_\sigma(z)$  – скорость фильтрации в зависимости от уровня  $z$ , м/с;  $H_i$  – уровень воды в капиллярах диаметром  $d$ , м;

$f_i = V_{ki} \frac{H_{ki} + H - H_i}{H_{ki}}$ ;  $V_{ki}$  – скорость капиллярного подъема в капиллярах диаметром  $d$ , м/с;  $H_{ki}$  – высота капиллярного подъема в капиллярах диаметром  $d$ , м, в частности для капилляров диаметром  $d$  для воды с  $t = 20$  °С:  $V_{ki} = 1,5 \cdot 10^5 \cdot d^2$ ,  $H_{ki} = 3 \cdot 10^{-5} / d$ ;  $S$  – удельная площадь порового пространства, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>;  $\xi$  – суммарный приток и отток, м/с;  $h$  – толщина пленки, м;  $\vec{V}$  – осредненная скорость движения по пленке, м/с;  $a$  – эмпирический параметр, м/с<sup>2</sup>. В этой модели обмен влагой между пленкой и капиллярной влагой в уравнениях непрерывности пленки и в капиллярных уравнениях учитывается слагаемым:  $\frac{h_0 - h}{\tau_p}$ , где  $h_0$  – толщина равновесной пленки, м,  $\tau_p$  – скорость (характерное время) влаго-обмена, с.

Для этой системы уравнений граничные условия задаются на границах области интегрирования в виде нулевых потоков  $\frac{\partial H}{\partial n} = 0$ , где  $n$  – координата, перпендикулярная к границе.

В расчетах модели переноса влаги по пленкам использована физическая модель по-

рового пространства почвы, предполагающая неразрывность в почвенном массиве пор одного диаметра. С учетом экспериментальных данных распределения пор по диаметрам это приводит к гипотезе о наличии в почве минимального объема, характеризуемого спектром распределения пор и независимостью свойств от его расположения и ориентации в почве. Расчет динамики водоотдачи, проведенный с использованием системы уравнений (3) для экспериментальных данных, показал хорошее качественное и количественное совпадение рассчитанных и экспериментальных данных [1].

Рассчитанные параметры польдерных систем площадью  $F = 200 \div 5\,000$  га с использованием проблемно ориентированной модели польдерной системы, включающей систему уравнений (3) при сравнении с экспериментальными данными продемонстрировали хорошее совпадение, указывающее на определенные перспективы использования проблемно ориентированной модели в практических расчетах параметров польдерных систем. Данные расчетов с использованием системы уравнений (3) свидетельствуют о возможности достижения фактических значений  $q_{\text{фр. факт.}}$  приведенных на рис. 2.

Итак, анализ методов расчета действующих польдерных систем и экспериментальных данных показывает, что использование в расчетах параметров дренажа системы уравнений (3) и применение для определения необходимых для расчетов количественных и

качественных параметров водно-физических и фильтрационных свойств почв осушаемого массива методом рентгеновской компьютер-

ной томографии позволит достичь необходимой корректности работы запроектированного дренажа.

#### Библиографический список

1. Кащенко, Н. М. Моделирование работы линейных польдерных систем. Приведение польдерной системы к линейному виду / Н. М. Кащенко, В. В. Васильев, В. П. Ковалев // Вестн. БГСХА. – 2013. – № 4. – С. 108–112.
2. Филатов, В. А. Расчет основных параметров польдерных систем / В. А. Филатов, В. П. Ковалев // Мелиорация земель Калининградской области. – Л. : Госиздат, 1987. – С. 26–30.
3. Галковский, В. Ф. Гидрологический режим польдеров Белорусского Полесья / В. Ф. Галковский // Конструкция и использование польдерных систем / Тр. ЛитНИИГиМ. – Елгава, 1981. – С. 41–79.
4. Кащенко, Н. М. Моделирование работы линейных польдерных систем. Расчет переноса влаги в междренной полосе / Н. М. Кащенко, В. В. Васильев, В. П. Ковалев // Вестн. БГСХА. – 2014. – № 1. – С. 131–135.
5. Кащенко, Н. М. Расчет параметров польдерных систем сельскохозяйственного назначения / Н. М. Кащенко, В. В. Васильев, В. П. Ковалев // Вестн. БГСХА. – 2018. – № 4. – С. 128–132.
6. Кащенко, Н. М. Польдерные системы сельскохозяйственного назначения. Расчет параметров реконструируемых систем / Н. М. Кащенко, В. В. Васильев, В. П. Ковалев // Вестн. БГСХА. – 2019. – № 4. – С. 131–136.

Поступила 21 сентября 2020 г.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПУНКТОВ НАБЛЮДЕНИЙ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ

**А. А. Волчек, доктор географических наук**

*Брестский государственный технический университет,  
г. Брест, Беларусь*

### Аннотация

Приведены результаты исследований по определению оптимального количества гидрологических постов наблюдений за различными видами стока рек Беларуси. Показано, что количество станций наблюдений за стоком является достаточным для решения тех или иных водохозяйственных и гидрологических задач. В то же время количество гидрологических постов наблюдений за годовым стоком минимально допустимо. Исследования по оптимальному количеству постов на реках Беларуси до и после современных климатических изменений и начала активной антропогенной деятельности свидетельствуют о том, что количество постов наблюдений за стоком должно быть большим. Показано, что в маловодные годы количество гидрологических постов наблюдений за зимним стоком недостаточно.

**Ключевые слова:** *сток, гидропост, пространственные корреляционные функции, оптимизация, минимальная площадь.*

### Abstract

**A. A. Volchak**

### OPTIMIZATION OF OBSERVATION POINTS ON THE RIVERS OF BELARUS .

Today the reduction of hydrological posts of supervision over a flow in the territory of Belarus is observed. Researches have shown that the quantity of hydrological posts existing today is sufficient, but the quantity of stations of supervision over an annual flow comes nearer to a critical minimal value and the further reduction of quantity of hydrological posts in the territory of Belarus is inadmissible. The analysis has shown that the required least quantity of hydrological posts should be more. Researches of optimization of quantity of stations of supervision over a flow during the shallow-flowing and full-flowing periods testify that the quantity of hydrological posts corresponds to available quantity practically for all kinds of a flow except for quantity of stations of supervision over a winter flow in shallow-flowing years.

**Keywords:** *runoff gauging stations, the spatial correlation function, optimization, minimum area.*

### Введение

На территории Беларуси насчитывается более 20 тыс. рек и ручьев. Поэтому для объективной оценки водных ресурсов с требуемой точностью необходимо определенное количество гидрологических постов. Проблема усугубляется тем, для различных видов стока требуется различное количество гидропостов. Тем не менее в количество станций наблюдения за стоком воды рек Беларуси в последнее время существенно

сократилось. Существует несколько причин закрытия постов: снижение финансирования, выход из строя гидрометрического оборудования, достигнутая удовлетворительная гидрологическая изученность территории.

Цель настоящей работы – определение необходимого количества гидропостов на реках Беларуси для объективной оценки различных видов стока.

### Методика оптимизации режимной гидрологической сети

Метод оптимизации гидрологической сети основан на определении трех критериев, оказывающих влияние на оптимальное количество станций наблюдений за стоком [1].

Первый из критериев – это критерий репрезентативности  $A_{\text{репр}}$ . Он вытекает из условия зональности изменения стока. По мере уменьшения площади водосбора увеличивается роль



азональных факторов (глубина эрозионного вреза русел, наличие карста, степень дренирования подземных вод и т. п.), поэтому площадь, охватываемая одним гидрологическим постом, не должна быть слишком малой, чтобы аazonальные факторы не приобрели степень преобладающих над общими зональными закономерностями формирования стока [2]. Таким образом, репрезентативный критерий  $A_{\text{репр}}$  ограничивает снизу  $A_{\text{опт}}$  – оптимальную площадь, приходящуюся на один гидрологический пост, то есть  $A_{\text{репр}} < A_{\text{опт}}$ .

Вторым критерием является градиентный критерий  $A_{\text{град}}$ , определяемый из следующей формулы [1]:

$$A_{\text{град}} \geq \frac{8\sigma_0^2}{(\text{grad}Q)^2} (\bar{Q})^2, \quad (1)$$

$\sigma_0$  – погрешность определения нормы стока;  $\text{grad}Q$  – градиент стока;  $\bar{Q}$  – средняя норма стока.

Погрешность определения нормы стока равна

$$\sigma_0 = \frac{C_v}{\sqrt{N}}, \quad (2)$$

$C_v$  – коэффициент вариации стока;  $N$  – количество лет наблюдений [2].

С помощью градиентного критерия устанавливается минимальная площадь, приходящаяся на один гидрологический пост. Он определяется физико-географическими условиями местности и характеризует надежность информации о пространственно-временных изменениях колебаний речного стока. Располагать гидрологические посты чаще, чем требует этот критерий, экономически нецелесообразно, то есть  $A_{\text{град}} \leq A_{\text{опт}}$ .

### Результаты исследования оптимизации режимной гидрологической сети Беларуси

В первую очередь было исследовано оптимальное количество гидрологических постов наблюдения за значениями годового стока рек Беларуси. Для нахождения репрезентативного критерия  $A_{\text{репр}}$  использовалась методика, основанная на критерии однородности Стьюдента [4]. Исследования показали, что репрезентативная площадь, приходящаяся на один гидрологический пост наблюдения за ве-

Третий критерий – это корреляционный критерий  $A_{\text{корр}}$ . Его использование обусловлено методом гидрологической аналогии, когда данные о неизученном водном объекте получают исходя из данных об объекте, аналогичном исследуемому по гидрогеологическим и гидрометеорологическим условиям формирования речного стока. Корреляционный критерий определяется следующим образом [1]:

$$A_{\text{корр}} \leq \frac{\sigma^4}{\alpha^2 C_v^2}, \quad (3)$$

где  $\sigma$  – относительная случайная ошибка определения стока по гидрометрическим данным, в первом приближении равная 0,05;  $\alpha = 1/L_0$  ( $L_0$  – радиус корреляции стока, то есть расстояние, при котором пространственная корреляционная функция (ПКФ) проходит через ноль [3]).

Корреляционный критерий определяет верхнюю границу расчетной оптимальной площади гидрологического поста, то есть  $A_{\text{опт}} \leq A_{\text{корр}}$ .

Оптимальная площадь, приходящаяся на один гидрологический пост, должна находиться в следующем диапазоне:

$$A_{\text{репр}} < A_{\text{град}} \leq A_{\text{опт}} \leq A_{\text{корр}}. \quad (4)$$

Если приведенное выше соотношение между критериями не выполняется, то рекомендуется при  $A_{\text{репр}} < A_{\text{корр}} < A_{\text{град}}$  использовать соотношение  $A_{\text{корр}} < A_{\text{опт}} < A_{\text{град}}$  [1].

Оптимальное число режимных гидрологических станций для территории определяется по формуле

$$n_{\text{опт}} = \frac{A}{A_{\text{опт}}}, \quad (5)$$

где  $A$  – общая площадь территории.

личинами годового стока, для территории Беларуси составляет 374 км<sup>2</sup>.

Градиентный критерий  $A_{\text{град}}$  находился исходя из значений среднегодовых норм стока исследуемых рек и значений градиентов стока. Для нахождения параметров, входящих в формулу (1), были построены карты коэффициента вариации и модуля стока. Таким образом, рассчитанное значение градиентного

критерия для территории Беларуси составило 1739 км<sup>2</sup>.

Расчет корреляционного критерия  $A_{\text{корр}}$  основан на нахождении радиуса корреляции стока  $L_0$ . Для его определения построена ПКФ годового стока  $r(l)$ , где  $r$  – коэффициент парной корреляции,  $l$  – расстояние между водосборами.

Радиус корреляции для территории Беларуси составил 688 км, а соответствующее значение корреляционного критерия  $A_{\text{корр}} = 1218$  км<sup>2</sup>.

При соотношении  $A_{\text{репр}} < A_{\text{корр}} < A_{\text{град}}$  оптимальная площадь, приходящаяся на один гидрологический пост, находится из соотношения  $A_{\text{репр}} < A_{\text{опт}} < A_{\text{град}}$ .

Если исходить из градиентного критерия (5), то общее число режимных стоковых постов для территории Беларуси равно

$$N_{\text{опт}} = \frac{A}{A_{\text{град}}} = \frac{207600}{1739} \approx 119.$$

Если исходить из корреляционного критерия, тогда оптимальное количество гидрологических станций наблюдения за значениями годового стока равно

$$N_{\text{опт}} = \frac{A}{A_{\text{корр}}} = \frac{207600}{1218} \approx 170.$$

Дальнейшее исследование проводилось для экстремальных значений стока: максимального весеннего половодья, минимального летне-осеннего и минимального зимнего. Для максимального стока значение репрезентативного критерия  $A_{\text{репр}} = 969$  км<sup>2</sup>, значение градиентного критерия  $A_{\text{град}} = 3297$  км<sup>2</sup>. Радиус корреляции при построении ПКФ максимального стока рек Беларуси равен 1140 км. Значение корреляционного критерия  $A_{\text{корр}} = 97$  км<sup>2</sup>.

При исследовании минимальных видов стока получены следующие результаты. Для минимального летне-осеннего стока:  $A_{\text{репр}} = 363$  км<sup>2</sup>,  $A_{\text{град}} = 2812$  км<sup>2</sup>,  $A_{\text{корр}} = 847$  км<sup>2</sup>. Для минимального зимнего стока значения репрезентативного, градиентного и корреляционного критериев соответственно равны 567, 2166 и 5154 км<sup>2</sup>. При нахождении корреляционных критериев  $A_{\text{корр}}$  строились графики ПКФ минимального летне-осеннего и минимального зимнего стока рек Беларуси. Расчет корреляционного критерия  $A_{\text{корр}}$  основан на нахождении радиуса корреляции стока  $L_0$ . Для его определения построена ПКФ годового стока  $r(l)$ , где  $r$  – коэффициент парной корреляции,  $l$  – расстояние между водосборами, приведенная на рис. 1.

Значения необходимого наименьшего и наибольшего количества станций наблюдений за годовым, максимальным и минимальными видами стока приведены в табл. 1.

Таблица 1. Наименьшее и наибольшее количество гидрологических постов для территории Беларуси

Количество гидрологических постов	Вид стока			
	годовой	максимальный	минимальный летне-осенний	минимальный зимний
наименьшее	119	63	74	40
наибольшее	170	2138	245	96

Существующая на территории Беларуси гидрологическая сеть в целом соответствует необходимому количеству гидрологических постов для объективной оценки измерения максимального и минимального летне-осеннего видов стока. Для измерения минимального зимнего стока количество станций превышает максимально необходимое значение.

Значения наименьшего и наибольшего количества гидрологических постов наблюдений за максимальным стоком сильно отличаются ввиду больших значений коэффициентов вариации и модуля стока, вводящих в расчетные формулы

для определения корреляционного и градиентного критериев соответственно.

Что касается годовых значений стока рек Беларуси, то количество станций наблюдений за ним приближается к критической минимальной отметке. Дальнейшее уменьшение количества гидрологических постов на территории страны недопустимо ввиду определяющего значения среднегодового стока в гидрологических и агротехнических расчетах, гидротехническом строительстве и других отраслях народного хозяйства [5].

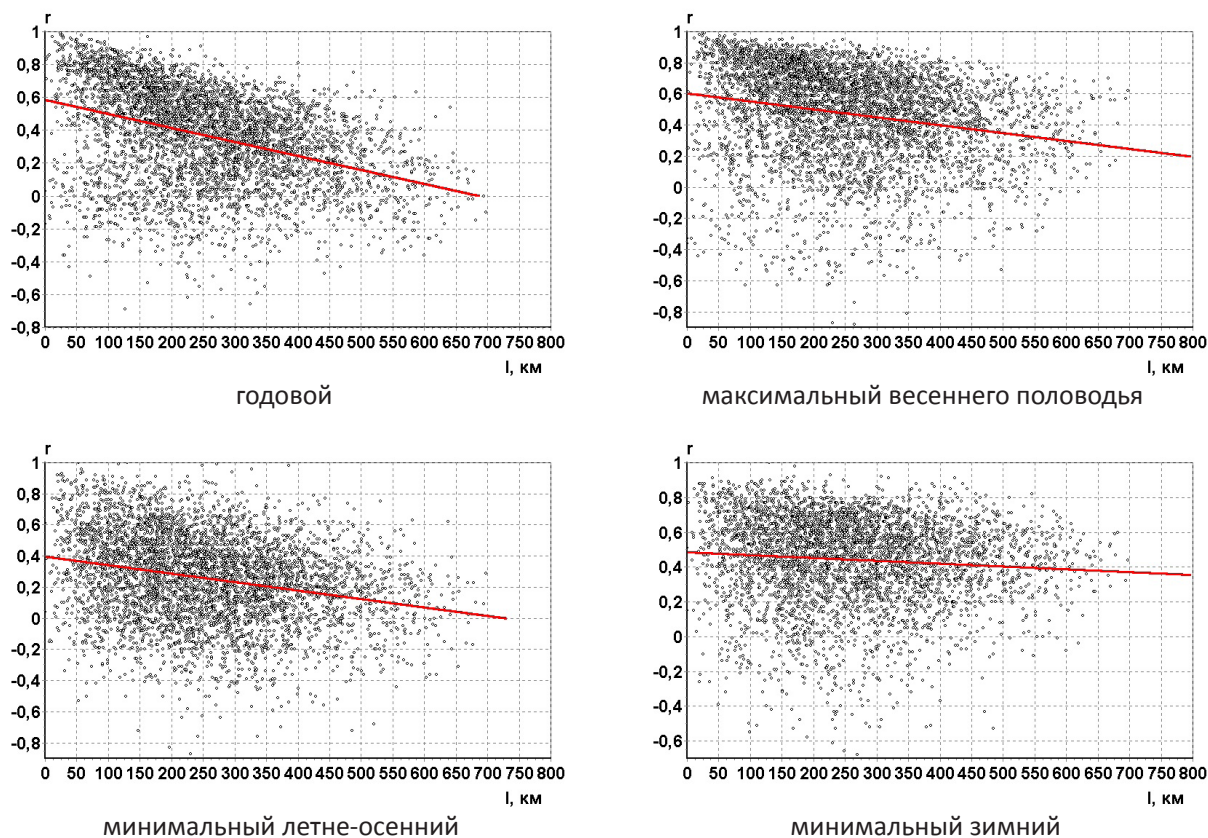


Рис. 1. ПКФ различных видов стока рек Беларуси

Рассмотрим две части исследуемых рядов стока рек Беларуси: время до начала периода современного потепления климата и интенсивной мелиорации (I) и последующий период после принятия Государственной программы развития мелиорации (1965 г.) (II). Для нахождения корреляционного критерия построены

ПКФ стока рек Беларуси для двух периодов [6] и найдены соответствующие радиусы корреляции, (табл. 2). Значения репрезентативного, градиентного и корреляционного критериев для двух частей исследуемых рядов также приведены в табл. 2.

Таблица 2. Значения критериев для двух периодов формирования стока рек Беларуси

Период	Вид стока	Радиус корреляции $L_0$ , км	Значения критериев, км <sup>2</sup>		
			$A_{\text{репр}}$	$A_{\text{град}}$	$A_{\text{корр}}$
I	годовой	1185	1480	2574	4809
	максимальный	1294	760	11682	92
	минимальный летне-осенний	1372	1040	3375	2550
	минимальный зимний	4833	1290	1850	12405
II	годовой	657	363	1835	1425
	максимальный	1248	969	4380	186
	минимальный летне-осенний	685	374	3081	924
	минимальный зимний	2885	567	2710	3868

Значения наименьшего и наибольшего количества станций наблюдений за различными видами стока для двух исследуемых периодов приведены в табл. 3. Необходимое наименьшее количество гидрологических постов наблюдений за различными видами стока для периодов

до и после потепления климата и начала активной антропогенной деятельности должно быть увеличено. Требуемое наибольшее количество постов в зависимости от вида стока должно быть или большим, или меньшим. Количество станций наблюдения за значениями годового стока

рек Беларуси должно быть большим, при этом оно не сильно отличается от существующего на сегодняшний день количества гидрологических постов на территории страны.

Далее исследовано оптимальное количество станций наблюдений за стоком в многоводные и маловодные периоды для соответ-

ствующих видов стока рек Беларуси. Значения радиусов корреляции стока рек Беларуси, репрезентативного, градиентного и корреляционного критериев для маловодных и многоводных периодов исследуемых рядов приведены в табл. 4.

Таблица 3. Наибольшее и наименьшее количество гидрологических постов для двух периодов формирования стока рек Беларуси

Период	Вид стока	Количество гидрологических постов	
		наименьшее	наибольшее
I	годовой	43	81
	максимальный	18	2248
	минимальный летне-осенний	62	81
	минимальный зимний	17	112
II	годовой	113	146
	максимальный	47	1114
	минимальный летне-осенний	67	225
	минимальный зимний	54	77

Таблица 4. Значения критериев для маловодных и многоводных периодов

Период	Вид стока	Радиус корреляции $L_0$ , км	Значения критериев, км <sup>2</sup>		
			$A_{репр}$	$A_{град}$	$A_{корр}$
маловодный	годовой	569	374	2772	2565
	максимальный	1013	969	4470	182
	минимальный летне-осенний	495	340	5075	1033
	минимальный зимний	470	492	1694	750
многоводный	годовой	453	410	3492	857
	максимальный	609	969	23201	159
	минимальный летне-осенний	530	313	2303	607
	минимальный зимний	1264	363	4554	1668

Таблица 5. Наименьшее и наибольшее количество гидрологических постов для маловодных и многоводных периодов

Период	Вид стока	Количество гидрологических постов	
		наименьшее	наибольшее
маловодный	годовой	75	81
	максимальный	46	1138
	минимальный летне-осенний	41	201
	минимальный зимний	123	277
многоводный	годовой	59	242
	максимальный	9	1307
	минимальный летне-осенний	90	342
	минимальный зимний	46	124

Значения наименьшего и наибольшего количества постов наблюдений за различными видами стока для маловодных и многоводных периодов приведены в табл. 5. В различные по водности периоды количество гидрологических постов соответствует имеющемуся ко-

личеству практически для всех видов стока. Исключение составляют лишь маловодные периоды для минимального зимнего стока, что свидетельствует о недостаточном количестве станций наблюдений за зимним стоком в маловодные годы.

### Выводы

Исследования количества гидрологических постов, необходимых для наблюдения за различными видами речного стока рек Беларуси, позволили сделать вывод об оптимальном количестве гидрологических постов на территории страны. Но в случае наблюдения за годовым стоком количество существующих гидрологических постов является минимально допустимым и уменьшение их количества недопустимо. Ис-

следования влияния современного изменения климата и начала активной антропогенной деятельности показали увеличение минимально необходимого количества гидрологических постов. При изучении маловодных и многоводных периодов различных видов стока рек Беларуси выявлено несоответствие существующего количества гидропостов наблюдений за зимним стоком требуемому в маловодные годы.

### Библиографический список

1. Карасев, И. Ф. О принципах размещения и перспективах развития гидрологической сети / И. Ф. Карасев // Тр. ГГИ. – 1968. – Вып. 164. – С. 3 – 36.
2. Коваленко, В. В. Оптимизация режимной гидрологической сети на основе стохастической модели формирования речного стока / В. В. Коваленко, И. И. Пивоварова. – СПб. : Изд-во РГГМУ, 2000. – 43 с.
3. Логинов, В. Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек. – Минск : Тонпик, 2006. – 160 с.
4. Гайдукова, Е. В. Оптимизация режимной гидрологической сети в условиях изменения климата [Электронный ресурс] / Е. В. Гайдукова, В. А. Хаустов // Исследовано в России. – 2004. – Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/138.html>. – Дата доступа: 19.11.2019.
5. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек [и др.] ; под общ. ред. А. А. Волчек, В. Н. Корнеева. – Брест : Альтернатива, 2017. – 228 с.
6. Оптимизация режимной гидрологической сети Беларуси / В. Ф. Логинов [и др.] // Природопользование : сб. науч. тр. / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т проблем использования природ. ресурсов и экологии; под ред. И. И. Лиштвана, В. Ф. Логинова. – Минск, 2006. – Вып. 12. – С. 51–57.

Поступила 26 октября 2020 г.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ КОНСТРУКЦИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ СКАШИВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ СО ДНА МЕЛИОРАТИВНОГО КАНАЛА

*В. Н. Основин, кандидат технических наук, доцент*

*В. А. Агейчик, кандидат технических наук, доцент*

*Л. Г. Основина, кандидат технических наук, доцент*

*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Беларусь*

### Аннотация

Приведен анализ типов режущих аппаратов, их особенности и достоинства, определены зависимости, по которым изменяется траектория движения ножа. С целью повышения производительности и качества технологического процесса скашивания растительности со дна мелиоративных каналов предложена усовершенствованная конструкция рабочего органа роторной косилки.

**Ключевые слова:** *режущие аппараты, скашивающие растительности, дренажные каналы.*

### Abstract

*V. N. Osnovin, V. A. Ageychik, L. G. Osnovina*

### IMPROVED DESIGN OF THE WORKING BODY FOR CUTTING VEGETATION FROM THE BOTTOM OF THE RECLAMATION CHANNEL

The analysis of types of cutting devices, their features and advantages is given, dependences on which the trajectory of the knife movement changes are determined. In order to increase the productivity and quality of the technological process of mowing vegetation from the bottom of reclamation channels, an improved design of the working body of a rotary mower is proposed.

**Keywords:** *actuator, mowing of vegetation, reclamation canals.*

Скашивание растительности на мелиоративных каналах является наиболее трудоемкой технологической операцией из комплекса мер по уходу за каналами. Для этого применяют в основном два типа режущих аппаратов: роторный с вращательным и сегментный с возвратно-поступательным движением ножей. Первый относится к режущим аппаратам бесподпорного резания. В этом случае для эффективного среза необходима большая скорость ножа: до 35–50 м/с.

Роторный режущий аппарат отличается простотой, легко агрегируется с базовой машиной, особенно при использовании гидропривода. К достоинствам названного аппарата следует отнести и его способность одинаково хорошо срезать как тонкостебельные, так и тол-

стостебельные травы практически при любой плотности травостоя. Однако роторный режущий аппарат не может работать под водой. В режущих аппаратах подпорного резания (сегментных) уменьшается изгиб стебля и повышается надежность среза, в том числе в каналах, наполненных водой. В двухножевых аппаратах два ножа одновременно движутся навстречу друг другу. Каждый из них выполняет функции режущего и подпорного элементов. В этом случае существенно снижаются инерционные усилия, повышается плавность работы косилки, однако усложняется конструкция механизма привода ножей.

Решить задачу совершенствования существующих режущих аппаратов можно путем анализа

ранее проведенных исследований и разработки теории для новых режущих аппаратов.

Академик В. П. Горячкин создал научные основы теории резания стеблей [1]. Работы Л. П. Крамаренко и экспериментальные исследования В. А. Желиговского, Н. Е. Резника легли в основу теории резания стеблей [2–4].

На целесообразность замены возвратно-поступательного движения ножей вращательным в свое время указывал В. П. Горячкин [1]. Этому же вопросу посвящены работы Е. М. Гутьяра, И. Ф. Василенко, Е. С. Босого [5–7].

Исследованию бесподпорного резания растений режущими аппаратами с горизонтальной осью вращения посвятили свои работы В. А. Константинов, Л. И. Комаров [8–9].

В. А. Шаршунов, Е. И. Мажугин, С. Г. Рубец проводили исследования по обоснованию геометрических параметров режущей кромки ножа роторной косилки, используемой на мелиоративных объектах [10].

При работе режущего аппарата с вертикальной осью вращения нож движется по сложной траектории. Скорость любой точки ножа диска представляет собой геометрическую сумму окружной  $U$  и поступательной  $V_m$  скоростей машины. При этом вал барабана режущего аппарата может вращаться по часовой стрелке и против нее.

При вращении вала по часовой стрелке траектория движения ножа режущего аппарата будет представлена циклоидой с нижним расположением петли.

Определим зависимости, по которым будет изменяться траектория движения ножа. Для этого представим циклоиду в осях координат (рис. 1).

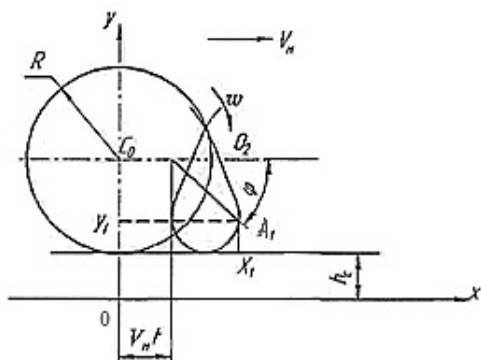


Рис. 1. Схема образования циклоиды при вращении ротора по часовой стрелке

Координаты точки  $A_1$  по осям  $X$  и  $Y$  можно представить в виде параметрических уравнений:

$$\begin{cases} X_1 = V_m t + R \cos \varphi \\ Y_1 = h_c + R - R \sin \varphi \end{cases} \quad (1)$$

где  $X_1$  – координата точки  $A_1$  по оси  $X$ ;  $Y_1$  – координата точки  $A_1$  по оси  $Y$ ;  $V_m$  – скорость движения машины;  $t$  – время перемещения;  $R$  – радиус от центра вала до кромки ножа;  $\varphi$  – угол поворота ножа. С учетом того, что  $\varphi = \omega t$ , где  $\omega$  – угловая скорость ротора, уравнение можно представить в виде:

$$\begin{cases} X_1 = V_m t + R \cos \omega t \\ Y_1 = h_c + R(1 - \sin \omega t) \end{cases} \quad (2)$$

Представленные уравнения и являются уравнениями циклоиды в параметрическом виде.

Наряду с рассмотренной траекторией, может быть перемещение ножа по циклоиде при вращении ротора против часовой стрелки, то есть снизу вверх. Представим указанную циклоиду в осях координат по аналогии с (2) и выразим уравнения траектории движения ножа в параметрическом виде для точки  $A_2$  (рис. 2).

$$\begin{cases} X_2 = V_m t + R \cos \omega t \\ Y_2 = h_c + R \cos \omega t \end{cases} \quad (3)$$

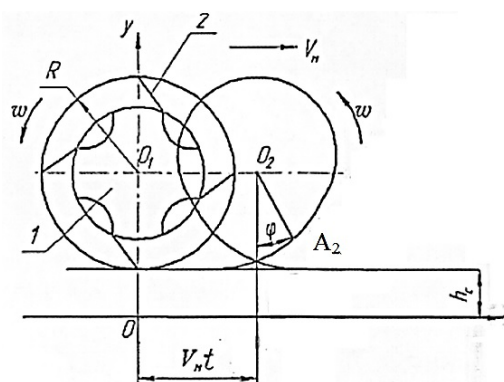


Рис. 2. Схема образования циклоиды при вращении ротора против часовой стрелке

Если продифференцировать выражение  $X_2$  по времени  $t$ , то в результате определим абсолютную скорость.

Если продифференцировать уравнения (2) и (3) для  $X_1$  и  $X_2$  по времени  $t$ , то в результа-

те получим выражение проекций абсолютных скоростей на ось  $X$ :

$$\frac{dx_1}{dt} = V_{x_1} = V_M - R\omega \sin \omega t; \quad (4)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = V_{x_2} = V_M + R\omega \sin \omega t. \quad (5)$$

Отсюда следует, что проекция абсолютной скорости на ось  $X$  при вращении против часовой стрелки выражение (5) выше, чем та же проекция при вращении ротора в противоположную сторону (4).

Следовательно, более качественный срез сорной растительности, а также более высокая производительность машины будут получены при вращении дискового ножа против часовой стрелки.

Поэтому с целью повышения производительности и качества технологического процесса скашивания дна мелиоративных каналов в УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» усовершенствован рабочий орган для скашивания растительности со дна мелиоративного канала [11]. Для этого на раме закреплен гидромотор, к нижней части которого присоединен ротор с вертикальной осью вращения приводного вала, со сменными ножами, закрепленными на нем шарнирно в горизонтальной плоскости. А на раме закреплена лыжа с возможностью опоры и перемещения по дну мелиоративного канала, где содержится дисковый нож. Он устанавливается на раме в ее продольной вертикальной плоскости симметрии впереди ротора с возможностью вращения относительно горизонтальной оси, расположенной перпендикулярно направлению движения. Причем нижняя кромка дискового ножа расположена ниже уровня опорной поверхности лыжи, а дисковый нож установлен на раме с возможностью регулировки положения по высоте.

Техническим результатом предложенного решения является повышение производительности и качества технологического процесса скашивания дна мелиоративных каналов за счет повышения курсовой устойчивости при движении рабочего органа вдоль оси симметрии дна канала. Это обеспечивается тем, что на раме рабочего органа впереди ротора в продольной плоскости симметрии с возможностью враще-

ния относительно горизонтальной, перпендикулярной направлению движения оси устанавливается дисковый нож. Нижняя кромка дискового ножа расположена ниже уровня опорной поверхности лыжи, что препятствует колебаниям рабочего органа в поперечном направлении движения направлении.

На рис. 3 изображен общий вид машины, а на рис. 4 – общий вид рабочего органа.

Рабочий орган состоит из трактора 1 с закрепленной на нем стрелой 2 и выполненного в виде отдельного прицепного блока рабочего органа, соединенного своей рамой 3 со стрелой 2 посредством гибкого элемента в виде каната или цепи 4. К раме 3 рабочего органа снизу прикреплен лыжа 5 для опоры и передвижения, а к верхней части рамы 3 прикрепляется гидромотор 6, выходной вал которого направлен вниз и соединен с вертикальным приводным валом режущего аппарата-ротора с шарнирно установленными двумя или четырьмя ножами 7. Ножи 7 съемные, и их длины могут соответствовать различной ширине захвата, выбираемой в зависимости от ширины канала по дну. На раме 3 рабочего органа впереди режущего аппарата-ротора с шарнирно установленными двумя или четырьмя ножами 7 в продольной вертикальной плоскости симметрии установлен дисковый нож 8. Нижняя кромка дискового ножа расположена ниже уровня опорной поверхности лыжи 5, а крепления его к раме 3 рабочего органа выполнены с возможностью регулировки положения дискового ножа по высоте за счет болтовых соединений 9 и регулировочных отверстий 10.

Рабочий орган работает следующим образом.

С помощью гидропривода стрела 2 вместе с выполненным в виде отдельного прицепного блока рабочим органом устанавливается в рабочее положение. Трактор 1 перемещается по берме канала с включенным гидромотором 6, приводящим во вращательное движение ножи 7, при этом за счет опоры на лыжи 5 прицепной блок скользит по дну канала. Установленный впереди режущего аппарата дисковый нож 8, нижняя кромка которого расположена ниже уровня опорной поверхности лыжи 5, врезаясь в дно канала, повышает курсовую устойчивость при движении рабочего



органа вдоль оси симметрии дна канала. Это препятствует колебаниям рабочего органа в поперечном направлении движения, одновременно повышая производительность технологического процесса и качество скашивания травы и другой сорной растительности.

В зависимости от плотности грунта дна канала осуществляется регулировка положения дискового ножа 8 по высоте за счет болтовых соединений 9 и регулировочных отверстий 10.

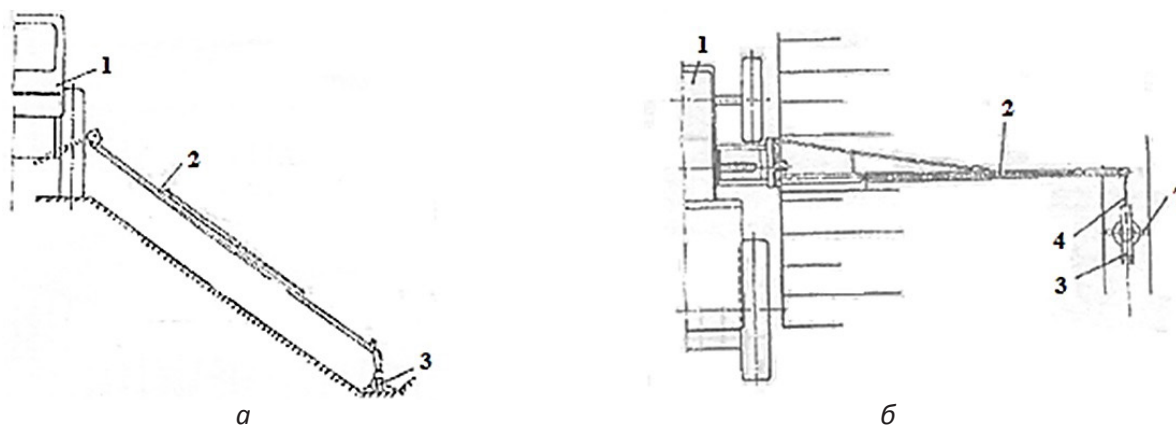


Рис. 3. Общий вид машины: а – сзади, б – сверху

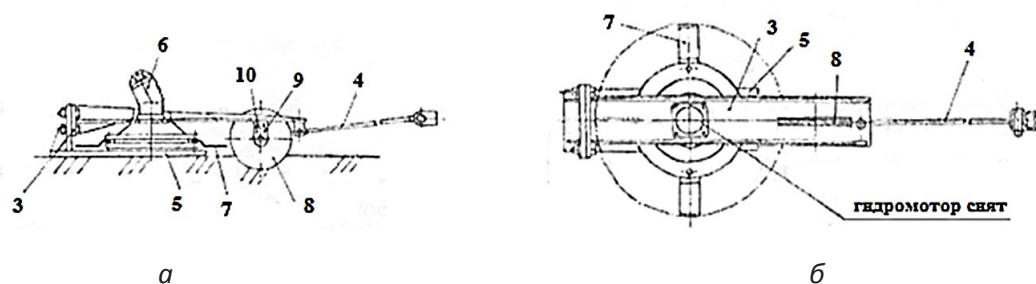


Рис. 4. Общий вид рабочего органа: а – сбоку, б – сверху:

1 – трактор, 2 – стрела, 3 – рама, 4 – канат (цепь), 5 – лыжа, 6 – гидромотор, 7 – ножи, 8 – дисковый нож, 9 – болтовые соединения, 10 – регулировочные отверстия

### Выводы

Приведена усовершенствованная конструкция рабочего органа для скашивания растительности со дна мелиоративных каналов. Особенность предлагаемой конструкции заключается в том, что дисковый нож, установленный на раме ротора в продольной плоскости, препятствует колебаниям рабочего органа в поперечном направлении движения. Это повышает курсовую устойчивость при движении рабочего органа вдоль оси симметрии дна канала, что ведет к повышению производительности и качества технологического процесса скашивания дна мелиоративных каналов.

### Библиографический список

1. Горячкин, В. П. Собрание сочинений : в 3 т. / В. П. Горячкин. – М. : Колос, 1965. – Т. 3. – С. 68–69.
2. Крамаренко, Л. П. Сопротивление растений перерезанию. Теория конструкции и производство сельхозмашин / Л. П. Крамаренко. – М. : Сельхозгиз, 1936. – С. 180–182.
3. Желиговский, В. А. Экспериментальная теория резания лезвием : сб. тр. / В. А. Желиговский. – М. : Моск. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва, 1941. – Вып. IX. – 28 с.
4. Резник, Н. Е. Некоторые вопросы теории резания лезвием : сб. науч. тр. / Н. Е. Резник. – М. : ВИСХОМ, 1967. – Вып. 55. – С. 151–219.

5. Гутьяр, Е. М. Теория дискового ножа постоянного сопротивления / Е. М. Гутьяр // Сельскохозяйственная машина. – 1933. – № 6. – С. 2–6.
6. Василенко, И. Ф. Экспериментальная теория режущих аппаратов. Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин / под ред. Б. П. Горячкина. – М.-Л. : Сельхозгиз, 1936. – Т. IV. – С. 111–179.
7. Босой, Е. С. Исследования режущих аппаратов для среза толстостебельных культур / Е. С. Босой – М. : Машгиз, 1954. – С. 81–94.
8. Константинов, П. А. Определение критической скорости резания свободного стебля / В. А. Константинов // Тракторы и сельхозмашины. – 1964. – № 6. – С. 20–22.
9. Комаров, Л. И. К определению основных параметров измельчающего аппарата роторного типа / Л. И. Комаров // Механизация и электрификация социалист. сел. хоз-ва. – 1963. – № 6. – С. 22–24.
10. Шаршунов, В. А. Особенности геометрических параметров кромки ножа роторной косилки, используемой на мелиоративных объектах / В. А. Шаршунов [и др.] // Изв. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграрных наук. – 2011. – № 3. – С. 102–107.
11. Рабочий орган для скашивания дна мелиоративных каналов : пат. № 16013 Респ. Беларусь : А 01D 34/86, № а 20100096 / В. Н. Основин, С. В. Основин, В. А. Агейчик. – Дата публ.: 30.08.2011.

Поступила 20 октября 2020 г.

## РОЛЬ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В ФОРМИРОВАНИИ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА РЕКАХ БЕЛАРУСИ

**О. П. Мешик**, кандидат технических наук

**В. А. Морозова**, старший преподаватель

**М. В. Борушко**, старший преподаватель

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

### Аннотация

Представлены результаты исследований характеристик снежного покрова за репрезентативный период 1945–2019 гг. Чрезмерное количество или недостаток снега приводит к возникновению таких проблем для экономики страны, как выпревание озимых культур, обмерзание саженцев, снегозаносы на автомобильных и железных дорогах, деформации конструкций зданий и сооружений, весенние половодья на реках и др. Цель данного исследования – оценка роли снежного покрова в формировании весенних половодий на реках Беларуси. Выполнена оценка пространственно-временной изменчивости характеристик снежного покрова, выявлена их трансформация за последние десятилетия. Расчеты весеннего снеготаяния позволили установить долю вклада запасов воды в снеге в годовой сток рек. Построенные карты могут служить основой для прогнозирования половодий.

**Ключевые слова:** снежный покров, запас воды в снеге, пространственно-временная изменчивость, прогнозирование, половодье.

### Abstract

**A. P. Meshyk, V. A. Marozava, M. V. Barushka**

### THE ROLE OF SNOW COVER IN FORMING SPRING FLOODING ON BELARUS RIVERS.

The article presents the results of the research about snow cover characteristics observed in Belarus within a representative period of 1945–2019. Excessive or insufficient amount of snow may cause such problems for the country's economy as winter crops damping-off, frost-killing of seedlings, snowdrift on highways and railways, deformation of buildings and structures under snow loads, spring floods in rivers. The purpose of this research is to determine the role of snow cover in forming spring flooding on Belarus' rivers. The authors have estimated space-time variability of the characteristics of snow cover in Belarus and revealed their transformations over the last few decades. The calculation of spring snowmelt allowed them to determine how much snow water equivalent contributes into the yearly river runoff. The maps created in this research can be used to forecast spring floods.

**Keywords:** snow cover, snow water equivalent, space-time variability, forecast, flooding.

### Введение

Одной из больших природных проблем в Беларуси является весеннее половодье рек. При этом могут быть затоплены огромные площади, включающие сельскохозяйственные угодья с озимыми культурами, застроенные территории и др. Например, пойма реки Припять может затопливаться более чем на 50 км.

По данным ООН, наводнения приносят 26 % всех жертв стихийных бедствий и 32 % всего материального ущерба, причиненного стихийными бедствиями [1]. Наводнения занимают первое место среди других природных опасностей

с точки зрения их возникновения, масштаба и потери имущества. Увеличение экономических потерь, вызванных наводнениями, – результат роста интенсивности и частоты возникновения наводнений. Это происходит потому, что в последнее время более широко эксплуатируются земли водосборных бассейнов, речных долин и равнин [2, 3]. Распространенной практикой последних лет стала интенсивная застройка и распашка пойм на фоне череды последних маловодных десятилетий. Экологические риски стали актуальнее.

Доля весеннего стока на реках Беларуси колеблется в пределах 40–60 % годового стока. Анализ среднего максимального стока весенних половодий показывает, что максимальный сток значительно сократился. Одна из причин этого – увеличение количества оттепелей зимой. Многократные фазовые переходы, таяние снега приводят к увеличению зимнего стока и иногда зимних паводков с меньшими расходами весеннего половодья [4]. Такие тенденции описаны, в частности, во многих исследованиях [5].

В этой связи основным фактором, способствующим зимнему и весеннему половодью

на реках Беларуси, особенно на территории Полесья, является снегонакопление. Именно поэтому необходимо исследовать особенности снежного покрова и их пространственно-временное распределение с целью прогнозирования возможного затопления сельскохозяйственных и жилых территорий [6]. Сейчас для прогнозирования весенних половодий используется множество моделей и методов, включающих различные метеорологические параметры. Но самый важный из них – это запас воды в снеге [7].

### Методика и объекты исследования

В данном исследовании используются официальные данные климатического мониторинга по 48 метеостанциям Беларуси за 1945–2019 гг. Данные характеризуют высоту снежного покрова, см; плотность снега, г/см<sup>3</sup>; запасы воды в снеге, мм.

Многие исследователи указывают на трудности в определении запасов воды в снеге на метеостанциях. Поэтому они предлагают при-

менять методы дистанционного зондирования земли [8, 9]. Однако сегодня в Беларуси мы можем вычислить запасы воды в снеге с достаточной точностью только с помощью маршрутных снегосъемок. Они проводятся один раз в декаду зимой. Применяемые нами методы исследования включают: пространственно-временной анализ данных наблюдений, аналитические расчеты, картографирование.

### Результаты исследования и их обсуждение

На рис. 1 а приведена карта распределения на территории страны максимальных запасов воды в снеге (мм), построенная с использо-

ванием Крайгинга. Карта характеризует абсолютные максимумы в формировании запасов воды в снеге за период 1945–2019 гг.

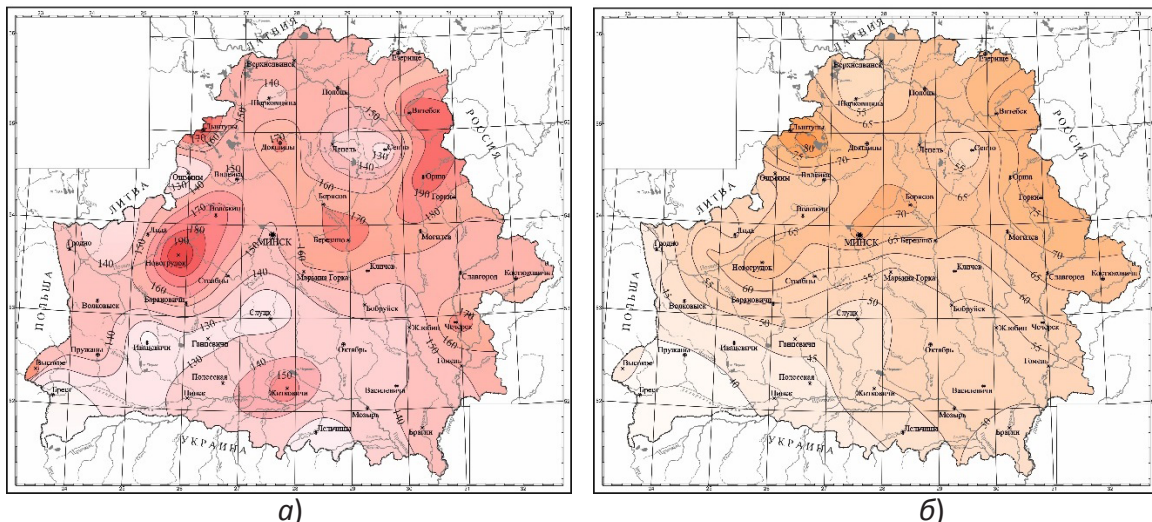


Рис. 1. Распределение максимальных запасов воды в снеге на территории Беларуси, мм: а) максимальных, б) средних максимальных

Как видно из карты (рис. 1 а), наибольшие запасы воды в снеге относятся к северо-восточной (район Витебска, Орши), северо-западной (Лынтупы) и центральной (Новогру-

док, Березино) частям территории Беларуси. Наибольшее количество снега выпадает на возвышенностях, и, как следствие, здесь имеют место максимальные запасы воды в снеге.

Однако условия залегания снежного покрова на склонах иные, чем на равнинах. В условиях равнинного рельефа поверхностный сток замедлен, что в итоге приводит к значительным весенним разливам рек, которые мы наблюдаем в Белорус-

ском Полесье. Вклад в запасы воды в снеге высоты местности как регионального фактора (Минская, Новогрудская, Ошмянская возвышенности и др.) представлен соответствующей связью, имеющей статистическую значимость (рис. 2).

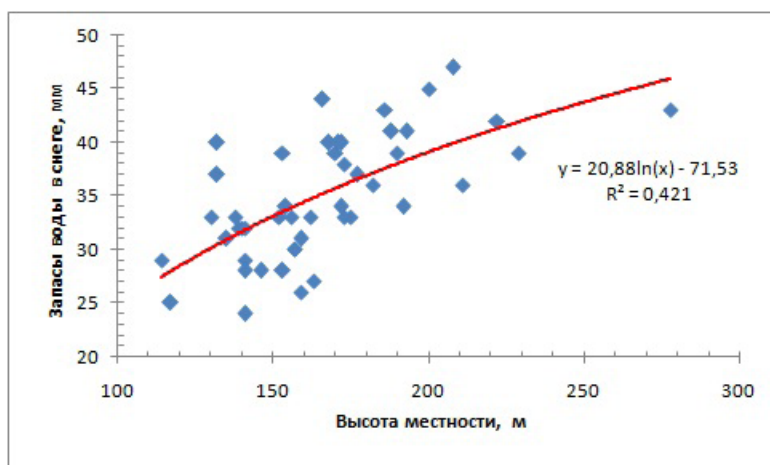


Рис. 2. Зависимость запасов воды в снеге от высоты местности

Наименьшие запасы воды в снеге присущи юго-западу (Брест, Лельчицы) и северо-западу (Шарковщина, Сенно) территории Беларуси. Осредненные значения выделенных максимальных величин характеризуют наиболее типичную картину формирования запасов воды в снеге на исследуемой территории (рис. 1 б). На рис. 1 б представлена схожая приуроченность соответствующих средних максимумов значений запасов воды в снеге (северо-западная, северо-восточная и центральная части Беларуси). Однако рис. 1 б показывает большую плавность изолиний и увеличение снеготпасов по направлению юго-запад – северо-восток.

На запасы воды в снеге, выступающие основным фактором весеннего половодья и опреде-

ляющие снеговые нагрузки на здания и сооружения, влияют высота снежного покрова и его плотность, причем эти параметры используются во взаимосвязи. В природе наблюдаются различные соотношения плотности и высоты снега, чаще всего – смещение пиков во времени на 1–2 декады. Период с максимальной высотой снежного покрова наступает раньше, а затем, при подтаивании снега (весной и во время оттепелей в холодный период), уменьшается его мощность и увеличивается плотность. Наибольшие запасы воды в снеге фиксируются при максимальных значениях мощности снежного покрова и его плотности (рис. 3). В этой связи необходим анализ максимальных высот снежного покрова и максимальных плотностей.

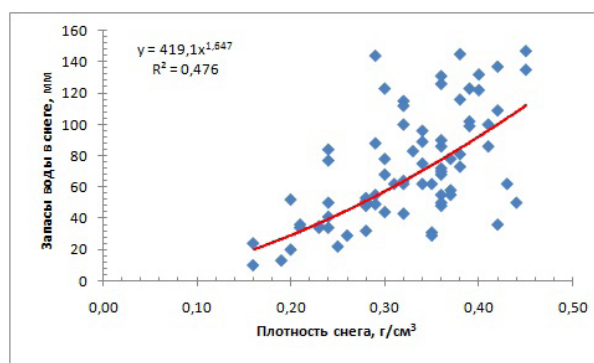
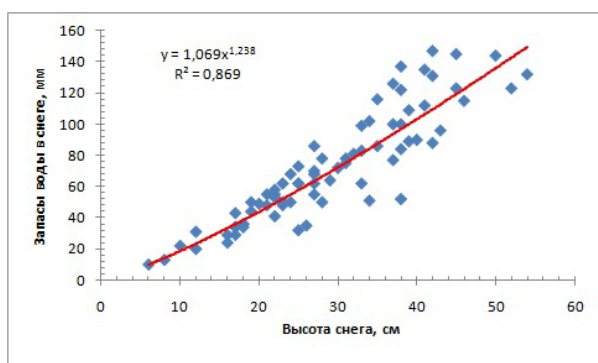


Рис. 3. Взаимосвязи запасов воды в снеге с высотой снежного покрова и плотностью

Оценка временной изменчивости характеристик снежного покрова выполнена нами в ходе анализа скользящих средних максимальных запасов воды в снеге по отдельным метеостанциям. При этом выделялись трендовые составляющие (таблица).

Таблица. **Линейные тренды изменения характеристик снежного покрова**

Метеостанция	Максимальные запасы воды в снеге, мм	Высота снега, см
Минск	$Q = -0,40 t + 87,4$	$h = -0,03 t + 29,9$
Гродно	$Q = -0,10 t + 47,1$	$h = -0,02 t + 19,1$
Могилев	$Q = -0,26 t + 78,0$	$h = 0,01 t + 26,9$
Брест	$Q = 0,07 t + 33,5$	$h = 0,05 t + 13,5$
Гомель	$Q = 0,11 t + 48,0$	$h = 0,11 t + 17,6$
Витебск	$Q = 0,14 t + 74,3$	$h = 0,08 t + 25,9$

На большей части территории Беларуси наблюдается тенденция к снижению запасов воды в снеге до 4–8 мм за 10 лет по отдельным районам. Однако для водосборов рек Западный Буг, Припять, Березина, Днепр наблюдается противоположная картина. На рис. 4 представлена карта, характеризующая трансформацию запасов воды в снеге с различными трендами [10].

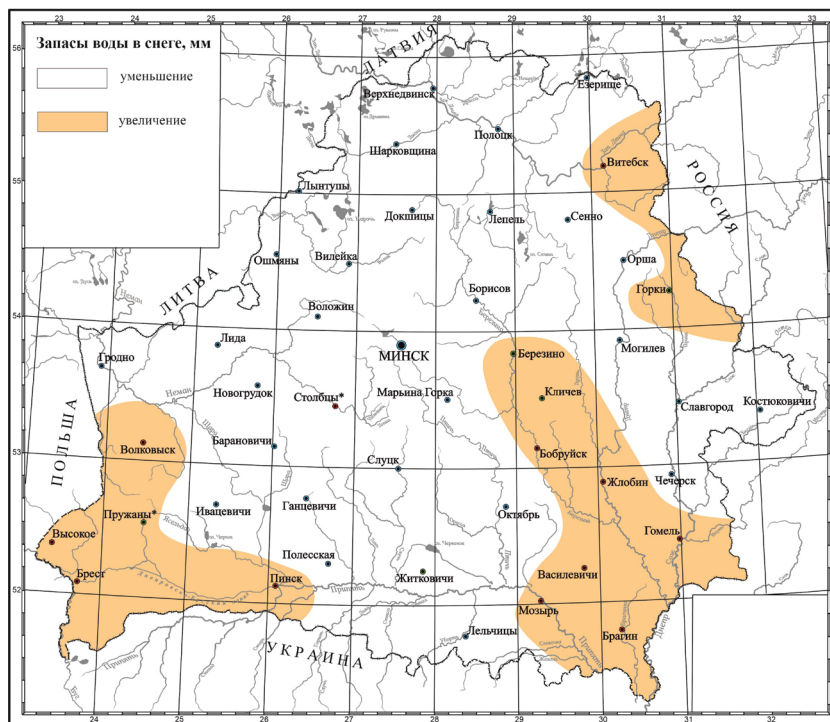


Рис. 4. Трансформация запасов воды в снеге на территории Беларуси [10]

На рис. 5 приведена карта районирования территории Беларуси по тенденциям изменения максимальных значений высоты снежного покрова.

Анализ карты, представленной на рис. 5, показывает, что в центральной части (Минск, Марьина Горка) и в северо-западной части Беларуси (Гродно, Лида, Новогрудок, Лынтупы) высота снежного покрова уменьшается – тренд отрицательный. Однако на большей части территории страны (60 %) имеет место

некоторое увеличение высоты снежного покрова.

Анализ межгодовой изменчивости характеристик снежного покрова указывает на проявление строгой периодичности во временных рядах запасов воды в снеге. Начиная с начала 1990-х гг. происходит рост запасов воды в снеге на всех метеостанциях [11] (рис. 6). Однако аномальная зима 2019–2020 гг. нарушает сложившуюся тенденцию, когда в юго-западной части Беларуси снежный покров вообще не сформировался.

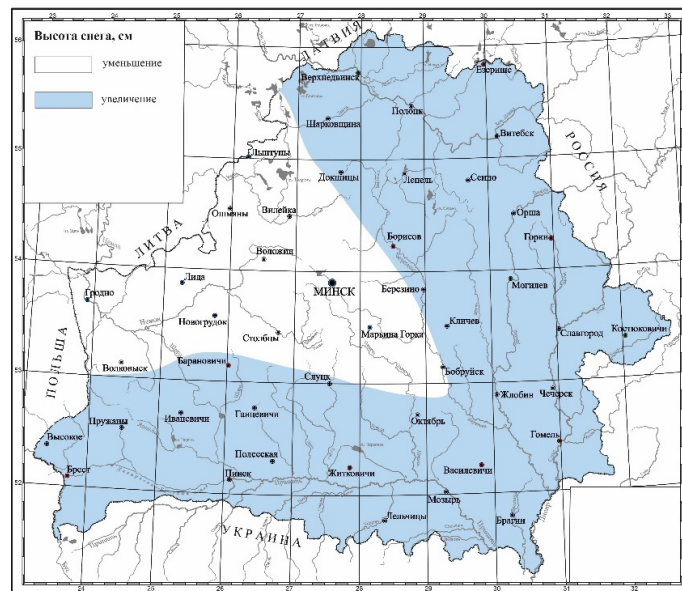


Рис. 5. Трансформация максимальных значений высоты снежного покрова на территории Беларуси

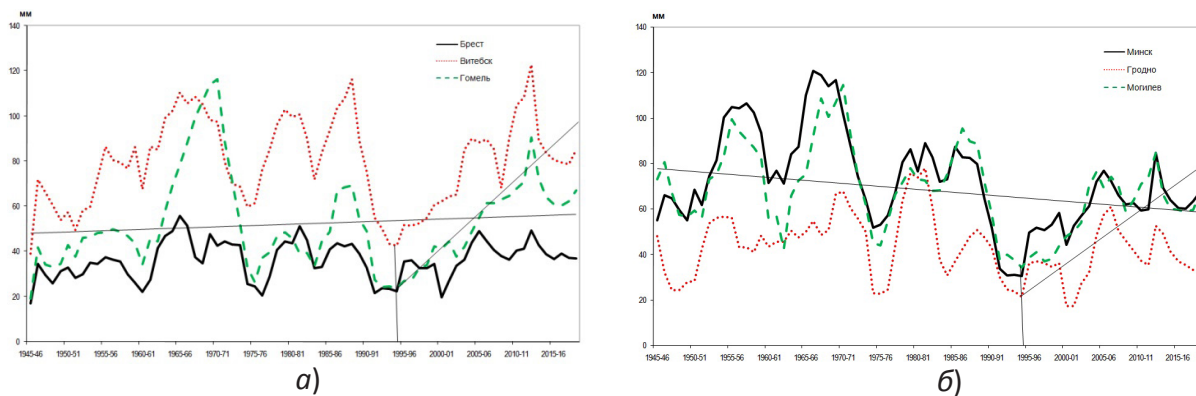


Рис. 6. Кривые скользящих 5-летних средних сумм максимальных снегозапасов для метеопунктов областных центров Беларуси: а) с положительным трендом; б) отрицательным трендом

Прогнозирование весеннего половодья на территории Беларуси мы осуществляем с помощью картографирования характеристик снежного покрова в реальные годы. При этом используются данные метеорологических станций совместно с результатами дистанционного зондирования Земли. Построенные карты на начало половодья по запасам воды и высоте снега дают возможность выделить

районы, подверженные весеннему затоплению. Необходимо отметить, что половодья и наводнения часто чередуются с засухами. После 2013 г. в Белорусском Полесье переживается засуха 5 лет подряд. Судоходство на р. Припять летом приостанавливается, и некогда многоводную реку можно перейти вброд.

Количество растаявшего за сутки снега рассчитывается по формуле П. П. Кузьмина [12]:

$$m = 0,878(t + 1,75(e - 6,11))(1 + 0,547v), \text{ мм/день,}$$

где  $t$  – среднесуточная температура воздуха, °С;  $e$  – среднесуточное парциальное давление водяного пара на высоте 2 м, Па;  $v$  – среднесуточная скорость ветра на высоте флюгера, м/с.

Расчеты показали, что возможное максимальное суточное таяние снега достигает 26 мм, в среднем 5–6 мм. Средний объем речного стока, который образуется в пределах Беларуси, со-

ставляет 58 км<sup>3</sup>. На долю снежного питания при этом приходится 11 км<sup>3</sup>, что составляет 19 %. В особо экстремальные годы талые воды достигают объема 29 км<sup>3</sup>, что составляет более половины всего годового стока рек [10]. Для водосбора р. Припять формируются запасы воды в снеге в среднем 2,08 км<sup>3</sup>, а в экстремальные годы – до 5,71 км<sup>3</sup>.

**Заключение**

Установленное уменьшение стока весеннего половодья вовсе не исключает возможностей формирования крупных наводнений, а следовательно, и значительного экономического ущерба. Поэтому дальнейшее изучение максимальных расходов воды рек важно с целью прогнозирования и районирования территории по степени затопления поймы

половодьем различной обеспеченности. Пойма должна подразделяться на зоны риска в соответствии с содержанием карты паводкоопасных районов. На этой основе должна разрабатываться стратегия и государственная программа защиты территорий/ угодий и страхования рисков от наводнений.

**Библиографический список**

1. Avakyan, A. B. Floods Concept of protection / A. B. Avakyan // Herald of the Russian Academy of Sciences. – Ser. Geographic. – 2000. – № 5. – P. 40–46.
2. Валуев, В. Е. Половодье рек Белорусского Полесья как аномальное современное климатическое явление / В. Е. Валуев, А. А. Волчек, О. П. Мешик // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – Сер. Водохоз. строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2014. – № 2 (86). – С. 109–117.
3. Истомина, М. Н. Наводнения: генезис, социально-экономические и экологические последствия наводнений / М. Н. Истомина, А. Г. Кочарян, И. П. Лебедева // Вод. ресурсы. – 2005. – Т.32. № 4. – С. 389–398.
4. Volchak, A. A. Floods on the territory of Polesie / A. A. Volchak, A. P. Meshyk, M. M. Sheshka [et al.] // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 162. – P. 91–97. Doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.020.
5. Barnett, T. P. Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions / T. P. Barnett, J. C. Adam, D. P. Lettenmaier. – Nature. – 2005. – Vol. 438. – P. 303. Doi: 10.1038/nature04141.
6. Saloranta, T. A model setup for mapping snow conditions in High-Mountain Himalaya / T. Saloranta, A. Thapa, J. D. Kirkham [et al.]. – Front. Earth Sciences. – 2019. – Vol. 7. – P. 129. Doi: 10.3389/feart.2019.00129.
7. Carroll, S. S. Spatial modeling and prediction of snow-water equivalent using ground-based, airborne, and satellite snow data / S. S. Carroll, T. R. Carroll, R. W. Poston // Journ. of Geophysical Research Atmospheres. – 1999. – Vol. 104. – P. 19623–19629. Doi: 10.1029/1999JD900093.
8. Henkel, P. Snow water equivalent of dry snow derived from GNSS carrier phases / P. Henkel, F. Koch, F. Appel [et al.] // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. – 2018. – Vol. 56. – P. 3561–3572. Doi: 10.1109/TGRS.2018.2802494.
9. Appel, F. Advances in snow hydrology using a combined approach of GNSS in situ stations, hydrological modelling and earth observation – a case study in Canada / F. Appel, F. Koch, A. Rösel [et al.] // Geosciences. – 2019. – Vol. 9. – P. 44. Doi: 10.3390/geosciences9010044.
10. Meshyk, A. Snow as a contributor to spring flooding in Belarus / A. Meshyk, M. Barushka, V. Marozava // Environmental Science and Pollution Research International. – 2020. – Issue 21. – P. 1–11. Doi.org/10.1007/s11356-020-09638-8.
11. Мешик, О. П. Особенности оценки запасов воды в снеге и их пространственно-временной изменчивости на территории Беларуси / О. П. Мешик, В. А. Морозова // Актуальные проблемы наук о Земле: исследования трансграничных регионов : сб. материалов IV Междунар. науч.- практ. конф., приуроч. к 1000-летию г. Бреста, Брест, 12–14 сент. 2019 г. / Брест. гос. ун-т имени А. С. Пушкина; под ред. А. К. Карабанова [и др.]. – Брест : БрГУ, 2019. – Ч. 2. – С. 34–37.
12. Климат Беларуси / Акад. наук Беларуси, Ком-т по гидрометеорологии МЧС Респ. Беларусь; под ред. В. Ф. Логинова. – Минск : [б. и.], 1996. – 234 с.

Поступила 25 октября 2020 г.



## ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ЗАЩИТЫ РУСЕЛ И ДОЛИН РЕК ОТ ПАВОДКОВ

**А. В. Петроченко<sup>1</sup>**, кандидат технических наук

**В. И. Петроченко<sup>2</sup>**, кандидат технических наук

<sup>1</sup>Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина,

<sup>2</sup> Институт водных проблем и мелиорации НААН Украины, г. Киев, Украина

### Аннотация

Изложены научно-методические основы выбора вариантов и параметров гидротехнических мероприятий по защите русел и долин рек от паводков. Варианты гидротехнических мероприятий предлагается оценивать на основе функционально-стоимостного анализа по показателю эффективности, который определяется как отношение достигнутого функционального эффекта мероприятий к величине затрат (инвестиций) на их реализацию. На этапе принятия проектных решений функциональный эффект гидротехнических мероприятий оценивается по увеличению пропускной способности речных русел. Дано обоснование выбора и расчета параметров трех вариантов гидротехнических мероприятий, увеличивающих расход паводкового потока из зоны риска паводков: укрепление русел рек; спрямление русел рек; строительство береговых дамб. На этапе принятия управленческих решений функциональный эффект гидротехнических мероприятий оценивается по величине предотвращенного ущерба в зоне риска паводков, а за показатель эффективности гидротехнических мероприятий принимается индекс рентабельности инвестиций

**Ключевые слова:** русло реки, паводок, зона риска паводков, противопаводковые гидротехнические мероприятия, паводковый сток, функционально-стоимостный анализ, индекс рентабельности инвестиций.

### Abstract

**A. V. Petrochenko, V. I. Petrochenko**

### HYDRAULIC ENGINEERING MEASURES FOR THE PROTECTION OF RIVER BEDS AND RIVER VALLEYS FROM FLOODS

The article outlines the methodological principles for choosing options and parameters of hydro technical measures to protect river channels and valleys from floods. The options for hydro technical measures are proposed to be assessed on the basis of a functional-cost analysis according to the measure of the effectiveness of measures, which is defined as the ratio of the achieved functional effect of measures to the value of costs (investments) for their implementation. At the stage of making design decisions, the functional effect of hydraulic engineering measures to increase the throughput of river channels is assessed. The substantiation of the choice and calculation of parameters of three variants of hydro technical measures, increasing the flow rate of flood runoff from the flood risk zone, is given: strengthening of river beds; straightening of river beds; construction of coastal dams. At the stage of making managerial decisions, the functional effect of hydraulic engineering measures is assessed by the amount of prevented damage in the flood risk zone, and the indicator of the effectiveness of hydraulic engineering measures is the profitability index on investment

**Keywords:** river channel, flood, flood risk zone, flood control hydraulic engineering measures, flood runoff, functional cost analysis, profitability investment index..

### Введение

Еще с библейских времен (Всемирный потоп) паводки относят к одним из самых опасных стихийных явлений на Земле. Среди ранее зафиксированных на планете паводков наиболее разрушителен паводок, произошедший в Китае в августе 1931 г. В результате сильных затяжных дождей самая длинная и полноводная река Китая Янцзы и соседняя с ней река Хуанхэ одновременно вышли из берегов и затопили более 300 тысяч га плодородных земель, полностью уничтожив на этой площади сельское хозяйство.

Паводок унес 3,7 миллиона человеческих жизней, 40 миллионов человек пострадало от голода, разрухи, болезней [1].

Паводки, даже гораздо меньшего масштаба, существенно усложняют условия проживания населения в поймах и долинах рек. Приречные угодья на всех этапах развития цивилизации всегда привлекали людей. Поймы и луга использовались для животноводства, речные долины – для полеводства и огородничества, долинные

террасы – для размещения поселений, дорог и коммуникаций, речные водные ресурсы – для судоходства, орошения, а также питьевого, хозяйственного и промышленного водоснабжения. С учетом особого значения водных ресурсов в жизни людей исследования паводков и обоснование мер защиты от них весьма актуальны.

Накоплен большой объем статистических данных о прохождении в бассейнах рек паводков различной интенсивности [1–3]. Разработаны методики расчета гидрологических характеристик паводков [4]. Накоплен практический опыт выполнения мер защиты от них. Принят ряд международных директивных документов, координирующих меры защиты от паводков в бассейнах трансграничных рек [5, 6]. Ввиду сложности проблемы паводков ее предлагается решать с позиций системного анализа.

Предложено различать два типа противопаводковых мероприятий – ситуационный и превентивный [7]. Установлено, что для большинства паводкоопасных рек следует отдавать предпочтение превентивному типу защиты, а среди мероприятий данного типа наиболее эффективны гидротехнические мероприятия. Разработана системная схема противопаводковых гидротехнических мероприятий, где на высшем иерархическом уровне различают две противо-

### Основная часть

Учитывая как острую необходимость, так и высокую стоимость выполнения мер защиты от паводков, противопаводковые мероприятия предложено оценивать показателем (индексом) эффективности, в основу которого положен принцип функционально-стоимостного анализа (функционально-стоимостный принцип). Согласно ему эффективность мероприятий определяется отношением величины положительного функционального эффекта к затратам, необходимым для его получения. На высшем иерархическом уровне управления рисками паводков, соответствующем стадии принятия управленческих решений, в качестве функционального эффекта превентивных гидротехнических мероприятий в зоне 1 (рис. 1) принимают предотвращенный ущерб ПУ, который определяют по трем составляющим:

$$ПУ = ПУ^{сц} + ПУ^{экл} + ПУ^{экн}, \quad (1)$$

положные по характеру выполнения функциональные альтернативы мероприятий: функциональная альтернатива  $\Phi_1$  противопаводковых гидротехнических мероприятий – увеличение стока паводковых вод, отводимых из зоны риска паводков; функциональная альтернатива  $\Phi_2$  – уменьшение речного стока в зоне риска паводков путем задерживания части паводковых вод перед этой зоной. Каждой функциональной альтернативе, занимающей верхний иерархический уровень системной схемы, соответствует несколько технологических альтернатив нижнего иерархического уровня схемы [7]. Для дальнейшего развития результатов системных исследований, приведенных в работе [7], и их практического использования возникает необходимость научно-методического обеспечения выбора вариантов и обоснования параметров противопаводковых гидротехнических мероприятий.

Цель данной работы – разработка научно-методических основ выбора эффективных вариантов и расчета параметров противопаводковых гидротехнических мероприятий по функциональной альтернативе, осуществляемой путем увеличения стока паводковых вод, отводимых из зоны риска паводков.

Методом исследования является системный анализ.

где  $ПУ^{сц}$ ,  $ПУ^{экл}$  и  $ПУ^{экн}$  – предотвращенный ущерб от паводка социальный, экологический и экономический.

Поскольку предотвращенный противопаводковыми гидротехническими мероприятиями ущерб ПУ по величине равен возможному (прогнозируемому) ущербу У от паводков и будет использован в виде компенсации прогнозируемого ущерба У от паводков, предотвращенный ущерб ПУ можно считать гипотетическим доходом, а оценку эффективности вложения инвестиций в эти мероприятия выполнять по показателю (индексу) рентабельности инвестиций. Для наибольшей эффективности вложения инвестиций в проекты защиты от паводков управленческие решения принимают с использованием целевой функции:

$$I^{yp} = I^p = \frac{ПУ}{I} \rightarrow \max, \quad (2)$$

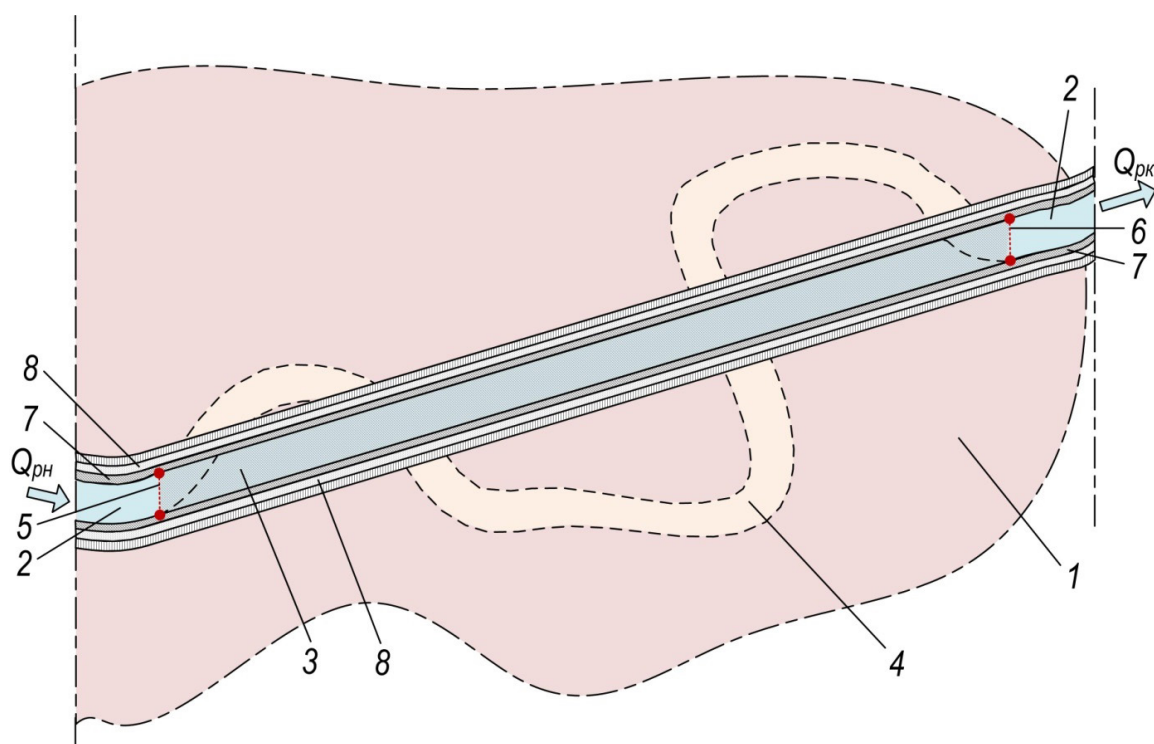


Рис. 1. Участок реки после выполнения противопаводковых гидротехнических мероприятий по технологическим альтернативам  $T_1$ ,  $T_2$  и  $T_3$ :

1 – зона рисков паводков; 2 – природное русло реки; 3 – участок спрямленного русла; 4 – участок природного русла, засыпанный грунтом; 5 и 6 – начальный и конечный створ участка спрямленного русла; 7 – защитное покрытие русла; 8 – береговая защитная дамба

где  $I_{вр}$  – индекс функциональной эффективности варианта гидротехнических мероприятий на стадии принятия управленческих решений;  $I_p$  – индекс рентабельности инвестиций;  $I$  – объем инвестиций, необходимый для выполнения варианта противопаводковых мероприятий.

Разработку проектов противопаводковых гидротехнических мероприятий осуществляют после долгосрочного прогнозирования паводков, которое выполняют на основе гидрологических показателей паводков за прошедший период. В результате прогнозирования определяют пиковый паводковый расход воды  $Q_n^{max}$  в реке, соответствующий расчетной величине обеспеченности (вероятности) паводка, которую далее учитывают при проектировании мероприятий. Основной задачей проектирования противопаводковых гидротехнических мероприятий по первой функциональной альтернативе  $\Phi_1$  является увеличение стока паводковых вод, отводимых из зоны 1 риска паводков (рис. 1) [7].

На низшем иерархическом уровне управления рисками паводков, соответствующем стадии принятия проектных решений, необходимый

функциональный гидрологический (защитный) эффект достигается при условии (3), а его величину определяют по формуле (4):

$$Q_{рн} < Q_n^{max} \leq Q_{рк}; \quad (3)$$

$$\Delta Q = Q_n^{max} - Q_{рк}, \quad (4)$$

где  $Q_{рн}$  и  $Q_{рк}$  – максимально допустимые расходы воды в реке до и после выполнения мероприятий,  $m^3/c$ ;  $\Delta Q$  – функциональный гидрологический эффект гидротехнических мероприятий.

Функциональный социо-эколого-экономический эффект ПУ высшего иерархического уровня управления рисками паводков находится в прямой зависимости от функционального гидрологического эффекта  $\Delta Q$  низшего иерархического уровня. Поэтому на стадии проектирования выбор технологических альтернатив гидротехнических мероприятий осуществляют с использованием целевой функции:

$$I^{пp} = \frac{\Delta Q}{3} = \frac{Q_n^{max} - Q_{рн}}{3} \rightarrow \max, \quad (5)$$

где  $I^{пp}$  – индекс функциональной эффективности варианта мероприятий, определяемый на стадии принятия проектных решений; 3 – затраты на выполнение варианта мероприятий, приведенные к одному году защиты.

Функциональной альтернативе  $\Phi_1$  соответствуют три технологические альтернативы: укрепление русла реки ( $T_1$ ); спрямление русла реки ( $T_2$ ); строительство береговых дамб ( $T_3$ ). Участок реки, на котором выполнены мероприятия по трем технологическим альтернативам, показан на рис. 1.

Технологическая альтернатива  $T_1$ , по которой осуществляют укрепление русла реки различными защитными покрытиями 7 (рис. 1), наиболее распространена. Ее используют для обеспечения возможности прохождения паводкового потока с более высокой скоростью без размыва и разрушения русла реки, что, в свою очередь, способствует увеличению максимально допустимого расхода воды в реке  $Q_{pk}$ . Необходимость укрепления русла обосновывают путем определения неразмывной скорости  $[v]$  течения воды в реке, которую не должна превышать средняя скорость течения воды в реке  $v$ :

$$[v] \geq v = \frac{Q_{pk}}{\omega}, \text{ м/с} \quad (6)$$

где  $\omega$  – площадь поперечного сечения паводкового потока,  $\text{м}^2$ .

Неразмывную скорость  $[v]$  в русле определяют по формуле А. М. Латышенкова (7), если  $h/d > 600$ , или по формуле Б. И. Студеничникова (8), если  $h/d \leq 600$  [8]:

$$[v] = 5d^{0,3}h^{0,2}, \text{ м/с} \quad (7)$$

$$[v] = 3,6\sqrt[4]{dh}, \text{ м/с} \quad (8)$$

где  $d$  – средний диаметр частиц грунта, м;  $h$  – глубина потока, м.

Если после выполнения необходимых расчетов по формуле (7) или (8) условие (6) будет соблюдаться, русло реки не требует защитного покрытия. В противном случае, руководствуясь целевой функцией (5), определяют наилучший вариант инженерного крепления русла реки путем их последовательного анализа в порядке от более простых и дешевых вариантов к более сложным и дорогим.

Наиболее простым конструктивным решением защитного покрытия русла является каменный наброс. Допустимая скорость  $[v]$  воды в русле, укрепленном каменным набросом, может быть рассчитана по формуле (8) Б. И. Студеничникова с применением коэффициента  $k_H$  ( $k_H = 0,8-0,95$ ):

$$[v] = k_H 3,6\sqrt[4]{Dh}, \text{ м/с} \quad (9)$$

где  $D$  – средний диаметр фракций каменного наброса, м.

Допустимая скорость  $[v]$  воды в русле, укрепленном каменным набросом, может быть также определена по табл. 7.10 и 7.12 [8].

Если в результате расчета будет установлена необходимость использования очень крупных фракций каменного наброса (валунов) и это окажется технологически неприемлемым для конкретных условий строительства, переходят к рассмотрению вариантов защитного покрытия в виде гибких сетчатых или решетчатых конструкций. К таким конструкциям относятся габионы; гибкие покрытия из шарнирно соединенных своими торцами железобетонных стержней, плит, блоков [9–11]; объемные геосинтетические маты и пр. Эти конструкции состоят из связанных между собой элементов (рис. 2). Они достаточно стойки к размыву потоком воды. Однако гибкие покрытия следует проверять на устойчивость в предположении их сдвига по поверхности грунтового основания силой гидродинамического воздействия.

Устойчивость гибких покрытий к сдвигу обеспечивается при следующем соотношении параметров [12]:

$$\delta \geq \frac{k_{зуп} \rho \omega i}{f \rho_{оп} \left( B - \frac{\rho}{\rho_{мп}} b \right)}, \quad (10)$$

где  $\delta$  – толщина покрытия, м;  $\rho$  – плотность воды,  $\text{кг/м}^3$ ;  $i$  – уклон дна реки;  $f$  – коэффициент трения материала покрытия о грунт;  $\rho_{мп}$  – плотность материала покрытия,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\rho_{оп}$  – объемная плотность покрытия,  $\text{кг/м}^3$ ;  $B$  – ширина русла по верху, м;  $b$  – максимальная ширина зеркала воды в паводок, м;  $k_{зуп}$  – коэффициент запаса устойчивости покрытия к сдвигу ( $k_{зуп} = 1,2-1,4$ ).

После проверки множества вариантов гибкого защитного покрытия русла на устойчивость по техническому критерию (10) определяют наиболее эффективный вариант покрытия по функционально-стоимостному принципу, используя целевую функцию (5):

$$I_{1j}^{np} = \frac{\Delta Q}{3_{1j}} = \frac{(Q_n^{\max} - Q_{pn})}{\frac{K_{1j}}{t_{1j}} + 3e_{1j}} \rightarrow \max, \quad (11)$$

где  $I_{1j}^{np}$  – индекс функциональной эффективности гидротехнических мероприятий по первой технологической альтернативе для  $j$ -го варианта покрытия;  $Z_{1j}$  – затраты на строительство и эксплуатацию  $j$ -го покрытия, при-

веденные к одному году защиты от паводков в зоне риска;  $K_{1j}$  – капитальные затраты на строительство  $j$ -го покрытия;  $t_{1j}$  – расчетный срок службы  $j$ -го покрытия;  $Ze_{1j}$  – годовые затраты на эксплуатацию  $j$ -го покрытия.



Рис. 2. Гибкое защитное покрытие берега р. Западный Буг, выполненное из бетонных блоков конструкции института «Укроргводстрой»

Выбор проектных решений гидротехнических мероприятий по технологическим альтернативам  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  выполняют в два этапа. На первом этапе устанавливают множество конкурентоспособных проектных решений по критерию функциональной эффективности – способности русла реки пропускать после выполнения гидротехнических мероприятий расход воды  $Q_{п}^{max}$ , а также по критерию технической эффективности, то есть способности русла выдерживать гидростатические и гидродинамические нагрузки. При оценке функциональной эффективности проектных решений основной формулой расчета параметров паводкового потока в русле реки является формула Шези [8]:

$$Q = \omega v = \omega C \sqrt{Ri} \quad , \quad (12)$$

где  $C$  – коэффициент, который определяют по формуле Н. Н. Павловского;  $R$  – гидравлический радиус, м.

Первым проектным решением предусмотрено строительство технической надежной конструкции защитного покрытия русла реки, что соответствует выполнению гидротехнических мероприятий по технологической аль-

тернативе  $T_1$ . Если функциональный эффект  $\Delta Q$ , рассчитанный по формуле (4), достигается в результате выполнения мероприятий, а техническая эффективность защитного покрытия русла обеспечивается соотношением параметров (10), проектное решение считают конкурентоспособным, а величину затрат  $31$ , необходимых для его реализации, вносят в таблице.

Вторым проектным решением предусмотрено спрямление участка русла, проходящего в зоне риска, что соответствует выполнению гидротехнических мероприятий по технологической альтернативе  $T_2$  (рис. 1). Мероприятие выполняют путем выкапывания нового прямолинейного участка  $3$  русла реки, а криволинейный участок  $4$  природного русла  $2$  засыпают землей. Спряжением русла реки в зоне паводковых рисков  $1$  увеличивают уклон дна реки, который определяют по формуле:

$$i = \frac{\Delta h_{гд}}{L} \quad , \quad (13)$$

где  $\Delta h_{гд}$  – разность геодезических отметок высот в начале и конце участка русла, м;  $L$  – длина участка, м.

Таблица. Варианты проектных решений  
противопаводковых гидротехнических мероприятий

Проектные решения	Технологические альтернативы	Затраты	Допустимый расход воды в реке		Гидрологический эффект	
			до защиты	после защиты	необходимый	фактический
1	$T_1$	$Z_1$	$Q_{рн} < Q_n^{max}$	$Q_{рк} \geq Q_n^{max}$	$\Delta Q = Q_n^{max} - Q_{рн}$	$\Delta Q_{\phi} = Q_{рк} - Q_{рн} \geq \Delta Q$
2	$T_2$	$Z_2$				
3	$T_1, T_2$	$Z_1 + Z_2$				
4	$T_3$	$Z_3$				
5	$T_1, T_3$	$Z_1 + Z_3$				
6	$T_1, T_2, T_3$	$Z_1 + Z_2 + Z_3$				

На основе совместного анализа формул (12) и (13) имеем следующее соотношение расходов воды в спрямленном и природном русле при одинаковой площади поперечного сечения  $\omega$  потока воды:

$$Q_{рк} = Q_{рн} \sqrt{\frac{L_{пр}}{L_{сп}}}, \quad (14)$$

где  $L_{пр}$  и  $L_{сп}$  – длина природного и спрямленного участка русла реки, м.

Если при соотношении расходов воды (14) обеспечивается условие (3), а русло реки окажется устойчивым к размыву паводковым потоком, второе проектное решение считают конкурентоспособным. Величину затрат  $Z_2$ , необходимых для реализации второго проектного решения, вносят в таблицу.

Если в результате спрямления русла и увеличения уклона дна реки скорость течения воды  $v$  в реке будет превышать неразмывную скорость  $[v]$ , рассматривают третье проектное решение, основанное на комбинации технологических альтернатив  $T_1$  и  $T_2$ . Если соотношение расходов воды в реке соответствует условию (3), третье проектное решение считают конкурентоспособным, а суммарные затраты  $Z_1 + Z_2$  на его реализацию вносят в таблицу.

Четвертым проектным решением является строительство береговых дамб на участке реки, проходящем в зоне риска паводков, что соответствует выполнению гидротехнических мероприятий по технологической альтернативе  $T_3$ . Строительство береговых дамб выполняют для увеличения площади поперечного сечения русла реки, а следовательно, для увеличения площади поперечного сечения паводкового потока в русле и расхода воды в реке. Согласно формуле Шези (12) имеем следующее соотношение расходов воды в реке

до и после выполнения гидротехнических мероприятий по технологической альтернативе  $T_3$ :

$$Q_{рк} = Q_{рн} \frac{\omega_3}{\omega_0}, \quad (15)$$

где  $\omega_0$  и  $\omega_3$  – площадь предельно допустимого поперечного сечения паводкового потока в реке до и после выполнения гидротехнических мероприятий по технологической альтернативе  $T_3$ .

Если соотношение (15) расходов воды  $Q_{рк}$  и  $Q_{рн}$  соответствует условию (3), а русло реки устойчиво к размыву паводковым потоком, четвертое проектное решение считают конкурентоспособным, а величину затрат  $Z_3$ , необходимых для его реализации, вносят в таблицу.

Если русло реки после строительства береговых дамб окажется недостаточно устойчивым к размыву паводковым потоком, рассматривают пятое проектное решение, основанное на комбинации технологических альтернатив  $T_1$  и  $T_3$ . Затраты  $Z_1 + Z_3$ , необходимые для реализации проектного решения, вносят в таблицу.

Для особо сложных условий регулирования русла реки в зоне риска паводков может быть рассмотрено шестое проектное решение гидротехнических мероприятий, основанное на комбинации технологических альтернатив  $T_1, T_2$  и  $T_3$  (рис. 1). Затраты на реализацию этого решения составляют  $Z_1 + Z_2 + Z_3$ .

Поскольку каждое проектное решение таблицы по критерию достижения функционального эффекта  $\Delta Q$  конкурентоспособно, на заключительном этапе наиболее эффективным считают проектное решение, требующее наименьших затрат на его реализацию.

### Заключение

На основе системного анализа предложено различать две противоположные по характеру выполнения функциональные альтернативы противопаводковых гидротехнических мероприятий, первой из которых является увеличение стока паводковых вод, отводимых из зоны риска паводков, а второй – задержание части паводковых вод перед зоной риска паводков.

По первой функциональной альтернативе функциональный (защитный) эффект предложено определять по увеличению расхода паводковых вод, отводимых из зоны риска паводков. Функциональный эффект противопаводковых гидротехнических мероприятий по второй альтернативе предложено определять уменьшением в русле реки расхода паводковых вод, поступающих в зону риска паводков.

Выделено три соответствующие первой функциональной альтернативе технологические альтернативы защиты от паводков: укрепление русла реки, спрямление русла, строительство береговых дамб. Приведены научно-методические основы расчета параметров регулирования русла по трем технологическим альтернативам. Укрепление русла

реки дает возможность увеличить расход паводкового потока за счет увеличения его допустимой скорости, при этом основным критерияльным показателем технической надежности укрепленного русла является устойчивость покрытия к размыву и сдвигу под действием гидродинамических сил паводкового потока. Функциональный эффект увеличения допустимого расхода воды в русле достигается спрямлением русла реки, что способствует увеличению уклона дна на спрямленном участке русла. Функциональный эффект увеличения допустимого расхода воды в русле достигается также строительством береговых дамб, за счет чего увеличивают площадь поперечного сечения русла и максимально допустимую площадь поперечного сечения паводкового потока.

На основе трех выделенных технологических альтернатив и их комбинаций предложено шесть вариантов проектных решений регулирования русла, среди которых наиболее эффективный вариант предложено определять путем функционально-стоимостного анализа гидротехнических мероприятий.

### Библиографический список

1. Гамберг, В. Наводнение в Китае (июль – октябрь 1931) / В. Гамберг // Проблемы Китая. – 1931. – № 89 (3–4). – С. 153–158.
2. Алексеев, Н. А. Стихийные явления в природе: проявление, эффективность защиты / Н. А. Алексеев. – М. : Мысль, 1988. – 254 с.
3. Козьменко, С. Н. Экономика катастроф (инвестиционные аспекты) / С. Н. Козьменко. – Киев : Наук. думка. – 1997. – 2004 с.
4. Соколовский, Д. Л. Речной сток (основы теории и методики расчетов) / Д. Л. Соколовский. – Л. : Гидрометеиздат, 1968. – 540 с.
5. European Environment Agency [Electronic resource] : policy document / Directive of the European Parliament and of the Council establishing a framework for Community action in the field of water policy 2000/60/EC. – Mode of access: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/directive-2000-60-ec-of>. – Date of access: 24.08.2020.
6. European Environment Agency [Electronic resource] : policy document / Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. – Mode of access: <https://www.eea.europa.eu/policy-documents/directive-2007-60-ec-of>. – Date of access: 24.08.2020.
7. Петроченко, А. В. Классификация паводков и систематизация противопаводковых мероприятий / А. В. Петроченко // Мелиорация. – 2019. – № 3(89). – С. 30–37.
8. Справочник по гидравлике / В. А. Большаков [и др.]; под ред. В. А. Большакова. – Киев : Вища школа, 1977. – 280 с.

9. Берегоукрепительное покрытие : пат. 33748 Украина : МКИ E02B 3/04 / В. И. Петроченко, А. В. Петроченко ; дата публ.: 10.07.2008.

10. Покрытие берегов водных объектов : пат. 86676 Украина : МКИ E02B 3/04 / В. И. Петроченко, А. Н. Шевченко, Д. П. Савчук, А. В. Петроченко ; дата публ.: 10.01.2014.

11. Защитное покрытие из бетонных блоков : пат. 102321 Украина : МКИ E02B 3/14, E02B 1/04 / А. Н. Кафтан, Н. Н. Харченко ; дата публ.: 26.10.2015.

12. Петроченко, В. І. Обґрунтування захисних протипаводкових покриттів русел гірських річок / В. І. Петроченко, О. В. Петроченко // Меліорація і вод. госп-во. – 2018. – Вип. 107. – С. 84–91.

Поступила 15 октября 2020 г.



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ мелиорированных земель

УДК 633. 2/.3

## ВЫРАЩИВАНИЕ ФЕСТУЛОЛИУМА В СОСТАВЕ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ НА ОСУШЕННЫХ ЗЕМЛЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА РОССИИ

*Н. Ю. Коновалова, старший научный сотрудник*

*С. С. Коновалова, лаборант-исследователь*

*ФГБУН «Вологодский научный центр РАН»,  
г. Вологда, Россия*

### Аннотация

Приведены результаты исследований за 2011–2016 гг. по изучению выращивания фестулолиума в составе бобово-злаковых агрофитоценозов. Установлено, что бобово-злаковые агрофитоценозы по выходу сухого вещества в 1,2–1,7 раза, по сбору протеина в 2,0–4,3 раза превосходят одновидовые посевы фестулолиума. Уборка 1-го укоса травосмесей в ранние фазы развития растений обеспечила получение зелёной массы с содержанием протеина до 17,0 % и концентрацией ОЭ до 10,0 МДж/кг СВ.

**Ключевые слова:** агрофитоценоз, сроки скашивания, фестулолиум, клевер, люцерна, лядвенец, продуктивность, питательность, ботанический состав.

### Abstract

*N. Yu. Konovalova, S. S. Konovalova*  
**CULTIVATION OF FESTULOLIUM AS PART OF LEGUME AND CEREAL AGRICULTURAL PLANT COMMUNITIES ON THE DRAINED LANDS OF THE EUROPEAN NORTH OF RUSSIA**

The article presents the results of the research conducted in 2011–2016 to study cultivation of Festulolium within legume and cereal agricultural plant communities. It was found that the dry matter output and the protein yield of the legume and cereal agricultural plant communities are, respectively, 1.2–1.7 times and 2.0–4.3 times higher compared to the case when Festulolium is cultivated alone. The first mowing of grass mixtures in the early stages of plant development provided the green mass with the protein content of up to 17.0 % and the OE concentration up to 10.0 MJ / kg SV.

**Keywords:** agricultural plant community, timing of mowing, Festulolium, red clover, alfalfa, bird's-foot trefoil, productivity, nutritional value, botanical composition.

Посев трав в составе травосмесей – эффективный способ повышения их урожайности и питательности получаемой растительной массы. Расширение ассортимента возделываемых многолетних бобовых и злаковых трав, различающихся по биологическим особенностям и требованиям к условиям произрастания, дает возможность научно обоснованного подхода к формированию агрофитоценозов [1, 2]. В

лесной зоне России основные бобовые компоненты травосмеси – клевера. Созданы сорта клевера лугового разной укосной спелости, которые обладают высокой потенциальной продуктивностью кормовой массы [3]. Наряду с клевером луговым, в условиях европейского севера России расширяются посевы люцерны и лядвенца. В последние годы из злаковых трав распространение в производстве получил

межвидовой гибрид фестулолиум, который отличается высокой урожайностью, повышенным содержанием сахаров, хорошей зимостойкостью [4]. При трех- и четырехукосном использовании наиболее продуктивны травостои фестулолиума с люцерной или с клевером ползучим (75–78 ц/га до 93–109 ц/га СВ) [5].

Цель наших исследований – изучить агротехнические приемы формирования агрофитоценозов на основе фестулолиума в условиях европейского севера России.

Научная новизна исследований состоит в том, что впервые на осушенных дерново-подзолистых почвах изучены влияние на продуктивность, питательность, ботанический состав эффективных способов возделывания фестулолиума с бобовыми видами трав.

Полевой опыт проводился с 2011 г. по 2016 г. на опытном поле Северо-Западного научно-исследовательского института молочного и лугопастбищного хозяйства (далее – СЗНИ-ИМЛПХ), обособленного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Вологодский научный центр Российской академии наук» (ВолНЦ РАН) [6, 7]. Почва участка: осушенная закрытым дренажем, дерново-подзолистая, среднесуглинистая, среднеокультуренная. Опыт проводился методом расщепленных делянок, включал 5 вариантов, три повторности. Площадь делянки 20 м<sup>2</sup>. За сезон травостои убирали два раза. В опыте изучали состав травосмесей и сроки уборки первого укоса. Первый срок скашивания проводили в фазу бутонизации бобовых трав и начала колошения фестулолиума, второй срок – в фазу начала цветения бобовых видов трав и полного колошения фестулолиума.

Схема опыта была следующая:

1) фестулолиум – контроль (20 кг/га, или 6 млн/га);

2) фестулолиум + клевер луговой двуукосный (12 + 8 кг/га, или 3,5 + 4,5 млн/га);

3) фестулолиум + клевер + лядвенец (12 + 6 + 6 кг/га, или 3,5 + 3,0 + 3,5 млн/га);

4) фестулолиум + клевер + люцерна (12 + 6 + 6 кг/га, или 3,5 + 3,0 + 3,0 млн/га);

5) фестулолиум + клевер + лядвенец + люцерна (14 + 6 + 4 + 4 кг/га, или 4,0 + 3,0 + 2,0 + 2,5 млн/га).

Подготовка почвы – общепринятая для зоны. Способ посева – сплошной рядовой,

беспокровный, ранневесенний. Уход за травостоями в год посева заключался в подкашивании сорняков. Доза внесения минеральных удобрений в год посева составляла N<sub>20</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (кг/га д. в.). В последующие годы под бобово-злаковые травостои вносили весной N<sub>20</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, под фестулолиум в то же время года – N<sub>45</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> и после первого укоса – N<sub>35</sub>.

В агрофитоценозах использовались фестулолиум ВИК-90, клевер луговой двуукосный Кармин, лядвенец рогатый Солнышко, люцерна изменчивая Вега-87.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были различными и воздействовали на продуктивность изучаемых агрофитоценозов. После посева наблюдалась недостаточная влаго- и теплообеспеченность, что оказало влияние на задержку появления всходов. В июне и августе стояла благоприятная погода, позволившая сформировать один укос. В 2012 г. и 2013 г. погодные условия были благоприятны для формирования первого укоса. Отрастание трав после скашивания проходило при недостаточной влагообеспеченности и повышенном температурном режиме, что снизило урожай второго укоса. Вегетационный период 2014 г. проходил при недостатке осадков, а с июля еще и при повышенной температуре. Это значительно снизило урожай фестулолиума и травосмесей с клевером и лядвенцем. Люцерна отличалась наибольшей засухоустойчивостью и обеспечила высокую продуктивность. Погодные условия начала вегетации в 2015 г. отличались недостаточной влагообеспеченностью, что неблагоприятно сказалось на формировании урожая первого укоса и срока скашивания. Прошедшие дожди во второй декаде июня позволили сформировать неплохой урожай трав первого укоса второго срока скашивания. В период формирования второго укоса трав погодные условия были благоприятные. В 2016 г. отмечался недостаток тепла и осадков в первой половине вегетации растений и недостаток влаги при повышенном температурном режиме во второй период.

В соответствии с фазами развития растений первый срок скашивания первого укоса проводился 6–16 июня, второй срок – 16–24 июня. Вторые укосы убирались в августе.

Изучаемые агрофитоценозы обеспечили в первый год жизни получение одного укоса.

Урожайность зеленой массы у фестулолиума составила 7,0 т/га, у бобово-злаковых травосмесей – до 22 т/га, сухого вещества – 2,6 и 5,0–6,6 т/га соответственно. Со второго года жизни изучаемые травостои убирали два раза за сезон. На урожайность заметное влияние оказали видовой состав, сроки скашивания первого укоса, сроки пользования травостоями.

Установлено, что оптимальный срок использования одновидового посева фестулолиума составляет два года. Он обеспечил в первых два года пользования высокий урожай зеленой массы 27,9–25,8 т/га (6,2–7,3 т/га СВ), наименьший на третий год – всего 10,8 т/га (3,2 т/га СВ), в последующие два года – 24,0–12,6 т/га (5,0–3,5 т/га СВ). Урожайность бобово-злаковых агрофитоценозов (вар. 2–5) в первых два года пользования была получена высокая – 43,4–53,6 т/га зеленой массы (8,7–9,7 т/га СВ). С третьего года (2014) она заметно сократилась у травосмесей с клевером и лядвенцем (вар. 2–3) и составила 14,4–19,2 т/га зеленой массы, или 3,9–4,9 т/га СВ. В последу-

ющих два года урожай травосмеси фестулолиума с клевером остался невысоким – 13,2–19,5 т/га (3,6–4,2 т/га СВ). На четвертый и пятый год пользования урожай травосмеси фестулолиума с клевером и лядвенцем возрос до 30 т/га зеленой массы (7,5 т/га СВ). Это связано с активным развитием в травостое лядвенца. Травосмеси с люцерной (вар. 4–5) обеспечили на третий – пятый год пользования высокий урожай: 34,5–50,0 т/га зеленой массы, или 7,9–9,9 т/га СВ.

По урожайности бобово-злаковые травосмеси превосходили посеvy фестулолиума. В среднем за 5 лет пользования фестулолиум сформировал 20,3 т/га зеленой массы; травосмеси – 28,4–44,8 т/га (соответственно СВ – 5,1 т, 6,0–9,1 т). Уборка первого укоса в фазу полного колошения фестулолиума и начала цветения бобовых видов трав (второй срок скашивания) в сравнении с уборкой в фазу начала колошения фестулолиума и бутонизации бобовых трав (первый срок скашивания) привела к росту урожая (табл. 1).

Таблица 1. Влияние сроков скашивания и видового состава травостоев на сбор сухого вещества (СВ) за два укоса (2012–2016 гг.), т/г

Вариант опыта	Срок скашивания первого укоса		± второй к первому сроку	Ср. по травосмесям (НСР <sub>05</sub> – 0,53 т/га)	
	первый	второй		урожай	± к контролю
1. Фестулолиум (контроль)	4,44	5,68	+1,25	5,06	–
2. Фестулолиум + клевер	5,27	6,73	+1,46	6,00	+0,94
3. Фестулолиум + клевер + лядвенец	6,62	7,70	+1,08	7,16	+2,10
4. Фестулолиум + клевер + люцерна	8,56	9,72	+1,16	9,14	+4,08
5. Фестулолиум + клевер + лядвенец + люцерна	8,32	9,79	+1,47	9,06	+4,00
Ср. по срокам (НСР <sub>05</sub> – 0,34 т/га)	6,64	7,92	+1,28	–	–

НСР<sub>05</sub> для частных различий: для сроков – 0,73 т/га, для травосмесей – 0,75 т/га СВ

Примечание. Источник: исследования СЗНИИМЛПХ.

Бобово-злаковые травосмеси в среднем за сезон обеспечили получение повышенных продуктивных показателей в сравнении с фестулолиумом. С одного гектара фестулолиума за два укоса было получено 3,2–3,8 тыс. к. ед.,

0,42–0,46 т протеина, с бобово-злаковых травостоев – 4,2–7,5 тыс. к. ед., 0,75–1,64 т протеина.

Распределение урожая по укосам зависело от видового состава агрофитоценоза, начала

скашивания трав. Более равномерное распределение урожая обеспечили бобово-злаковые смеси: доля первого укоса у них была на уровне 57,2–77,4 % от общего за сезон. У фестулолиума доля первого укоса была выше и составляла 74,4–84,3 %.

В зеленой массе бобово-злаковых травосмесей первого укоса отмечено повышенное содержание протеина в 1,5–1,8 раза, пониженное клетчатки в 1,1–1,2 раза в 1 кг СВ по сравнению с фестулолиумом. Бобово-злаковые агрофитоценозы превосходили его по концентрации ОЭ – 9,9–10,0 МДж и 9,3 МДж в 1 кг СВ соответственно. Растительная масса первого укоса при первом сроке скашивания отличалась от полученной во второй срок скашивания более высоким содержанием протеина – у фестулолиума до 8,8 %, у травосмесей до 14,4–16,5 %; пониженным клетчатки до 26,2 % у фестулолиума и 23,8–24,6 % у травосмесей. Концентрация ОЭ – 9,6–10,0 МДж в 1 кг СВ также была выше при первом сроке скашивания.

Травосмеси с люцерной по содержанию протеина 15,1–16,5 % имели превосходство над другими травосмесями, но отличались пониженным до 46,4–47,9 % содержанием безазотистых экстрактивных веществ. Во втором укосе в сравнении с первым произошло повышение содержания в зеленой массе протеина до 11–13 % у фестулолиума и до 14,0–18,5 % у травосмесей, концентрации ОЭ у фестулолиума до 9,5–9,7 МДж и у травосмесей до 9,9–10,6 МДж в 1 кг сухого вещества.

Ботанический состав агрофитоценозов изменялся по годам пользования. Содержание бобовых видов трав было высоким в первых три года пользования: в 2012 г. – 56,1–64,0 %; в 2013 г. – 72,6–76,5 %, в 2014 г. – 57,7–84 %. Доля бобовых трав в последующие годы оставалась высокой до 50,4–74,0 % в травосмесях с лядвенцем и люцерной (вар. 3–5) и снизилась до 20,8–25,7 % в травосмеси с клевером (табл. 2).

Таблица 2. Содержание в травостоях фестулолиума и бобовых видов трав, %

Вариант	Фестулолиум	Клевер	Люцерна	Лядвенец	Несеянные виды
2012 г.					
1	95,3	–	–	–	4,7
2	41,5	56,1	–	–	2,4
3	38,8	49,5	–	8,7	3,1
4	35,4	24,0	38,6	–	2,0
5	33,8	22,9	37,1	4,0	2,2
2013 г.					
1	95,6	–	–	–	4,4
2	25,4	72,6	–	–	2,0
3	24,6	61,9	–	11,3	3,6
4	21,3	18,0	59,4	–	1,3
5	22,2	19,2	53,7	3,6	1,3
2014 г.					
1	92,5	–	–	–	7,5
2	36,1	57,4	–	–	6,6
3	29,6	33,1	–	31,7	5,7
4	13,0	7,2	76,5	–	3,3
5	12,3	4,7	75,7	3,6	3,7
2015 г.					
1	63,2	–	–	–	36,8
2	40,1	25,7	–	–	34,2
3	26,1	13,9	–	36,2	23,8
4	11,2	1,4	73,0	–	14,4
5	8,3	1,6	72,6	2,2	15,3

Продолжение таблицы 2					
2016 г.					
1	57,4	–	–	–	42,6
2	43,6	20,8	–	–	35,6
3	20,7	6,5	–	56,0	16,8
4	9,2	0,2	72,0	–	18,6
5	11,7	0,3	71,4	1,2	15,4

Примечание. Источник: исследования СЗНИИМЛПХ.

Фестулолиум проявил высокую ценотическую активность в первых три года жизни, в дальнейшем его участие снизилось. Люцерна оказывала угнетающее влияние на все высеваемые совместно с ней травы.

Выявлена зависимость ботанического состава от фазы развития растений при уборке первого укоса. При уборке трав в фазу полного колошения фестулолиума и начала цветения бобовых трав наблюдалось увеличение в 1,2–1,6 раза содержания несеянных видов, снижение содержания фестулолиума в 1,1–1,3 раза.

В растительной массе второго укоса содержание бобовых видов трав в вар. 2–5 возрастало в 1,5–3,0 раза в сравнении с первым укосом.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что на осушенной

дерново-подзолистой почве в условиях европейского севера России межвидовой гибридной фестулолиум можно эффективно выращивать в составе агрофитоценозов с клевером луговым, люцерной изменчивой, люцерной изменчивой. Повышенные продуктивные показатели в сравнении с фестулолиумом обеспечили бобово-злаковые агрофитоценозы в 1,3–2,0 раза по к. ед., в 2,1–4,3 раза по сбору протеина. Достоверную прибавку урожая на 19 % обеспечивает скашивание первого укоса в фазу полного колошения фестулолиума и начала цветения бобовых видов. Однако высокопитательное растительное сырье с концентрацией ОЭ 9,9–10,0 МДж, содержанием протеина 14,4–16,5 % в 1 кг СВ позволяет получить уборка первого укоса (вар. 2–5) в фазу бутонизации бобовых и колошения фестулолиума.

#### Библиографический список

1. Повышение эффективности производства молока на основе совершенствования региональной системы кормопроизводства / К. А. Задумкин [и др.] // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2017. – Т. 10. – № 6. – С. 170–191.
2. Состояние и перспективы развития кормопроизводства Вологодской области / А. В. Маклахов [и др.] // Адаптивное кормопроизводство. – 2016. – № 1. – С. 6–16.
3. Сысуев, В. А. Адаптивная стратегия устойчивой продуктивности многолетних трав на северо-востоке Европейской части России / В. А. Сысуев, В. А. Фигурин // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 12. – С. 79–82.
4. Косолапов, В. М. Новые сорта кормовых культур – залог успешного развития кормопроизводства / В. М. Косолапов, С. В. Пилипко, С. И. Костенко // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 4. – С. 35–37.
5. Васько, П. П. Способ подбора компонентов травосмесей для высоко-продуктивных сенокосных травостоев / П. П. Васько, Е. Р. Клыга // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию, 2019. – Вып. 55. – С. 194–201.
6. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами; под ред. Ю. К. Новосёлова [и др.]. – М.: ВИК, 1987. – 198 с.
7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

Поступила 22 октября 2020 г.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА АНТРОПОГЕННО ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

*Н. Н. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук*

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

### Аннотация

Изложено обоснование необходимости разработки и использования новых технологий применения удобрений на антропогенно преобразованных торфяных почвах. Приведенные результаты исследований показывают, что инновационные технологии применения удобрений на таких почвах обеспечивают повышение в сравнении с базовой урожайности зерновых культур в среднем на 6,6 ц/га и их окупаемости до 9,4–11,7 кг зерна/кг NPK (или в 1,6–1,8 раз больше), снижение удельных затрат на их применение на 20–30 %, получение дополнительной прибыли на озимых – 64,1 и яровых – 73,1 долл. США/га.

**Ключевые слова:** почва, диагностика, технология, удобрение, урожайность, эффективность, окупаемость, прибыль.

### Abstract

*N. N. Semenenko*

### INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF FERTILIZER APPLICATION ON ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED PEAT SOILS

The substantiation of the need to develop and use new technologies for the application of fertilizers on anthropogenically transformed peat soils is stated. Innovative technologies for the use of fertilizers on such soils provide an increase in comparison with the basic yield of grain crops by an average of 6,6 centners / ha and their payback up to 9,4–11,7 kg of grain / kg NPK (or in 1,6–1,8 times more), reducing the unit costs for their use by 20–30 %, obtaining additional profit on winter crops – 64,1 and spring crops – 73,1 US dollars / ha.

**Keywords:** soil, diagnostics, technology, fertilization, productivity, efficiency, payback, profit.

Среди земель сельскохозяйственного назначения в Беларуси важное место занимают антропогенно преобразованные торфяные почвы. Из 998 тыс. га бывших торфяных, используемых в сельском хозяйстве, образовалось более 300 тыс. га органоминеральных почв разной степени эволюции, которые различаются свойствами и плодородием [1]. В отдельных сельхозпредприятиях зоны Полесья почвы агроторфяных комплексов составляют основу земледелия и играют определяющую роль в эффективности животноводства и в целом экономики.

Основные площади торфяных почв в сельскохозяйственном производстве используются более 50 лет. Осушение и длительная эксплуатация этих почв привели к разрушению торфяного слоя, изменению морфологических, химических, водно-физических и биологиче-

ских свойств, снижению запасов органического вещества, биоэнергетического потенциала, уровня эффективного плодородия и производительной способности. Процесс трансформации торфяных почв протекает постоянно. На месте торфяных формируются почвы торфяно-минеральные, минеральные остаточноторфяные и минеральные постторфяные. В качестве примера можно привести результаты стационарных исследований, полученных на маломощной торфяной почве болотного массива «Хольче» Лунинецкого р-на Брестской обл. и землях Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства, когда на месте торфяника с мощностью органо-генного слоя 65–78 см образовался комплекс почв разных стадий эволюции. Основные результаты этих исследований приведены в табл. 1 [2].

Важно отметить еще одну приобретенную особенность торфяных почв разных стадий эволюции: параметры их минерализующей способности при изменяющихся гидротермических условиях (оптимум, недостаток или избыток влажности, оптимальная или низкая для процесса нитрификация температуры и др.), которые могут складываться в течение периода вегетации растений и проявляться по-разному (табл. 2).

Результаты исследований показывают, что при оптимальных гидротермических условиях интенсивность минерализации органических соединений в дегроторфяных, особенно в минеральных постторфяных почвах, значительно выше, чем в торфяных (повышение по сравнению с исходным состоянием соответственно в 5,4 и 1,7 раз). При снижении влажности почвы до 30 % от ППВ (ниже оптимальной) интенсивность процесса минерализации органических соединений азота в сравнении с оптимальными гидротермическими условиями в торфяных почвах не изменяется, а в дегроторфяных – снижается на 34–40 %. Низкая температура ( $t = 5-7$  °C) и особенно избыточное увлажне-

ние (90% от ППВ) ингибируют процесс азот-минерализующей способности исследуемых почв. Это приводит к снижению запасов нетто-минерализуемого азота в пахотном слое всех почв, но в большей степени – в агроторфяных.

Результаты исследований, приведенные в табл. 1, 2 и в других наших работах [2–4], убедительно доказывают, что состояние водно-физических свойств и гидротермических условий значительно влияют на трансформацию содержания и сбалансированность элементов питания в почвах, доступность и участие их в питании растений. Поэтому система применения азотных и других удобрений под сельскохозяйственные культуры, особенно при проведении подкормок, должна быть адаптивной к изменяющимся почвенным и погодным условиям вегетационного периода и учитывать возможный режим поглощения азота растениями из почв. Это позволит более рационально и экологически безопасно использовать азотные удобрения на торфяных почвах различных стадий эволюции.

Таблица 1. Влияние антропогенного воздействия на трансформацию свойств торфяно-болотной почвы

Почвы	Мощность органогенного слоя, см*)	Содержание в почве				Биоэнергетический потенциал	
		ОВ, %	$C_{орг}$ , %	объемная масса, г/см <sup>3</sup>	запас влаги, мм	тыс. ГДж	%
		слой 0–20 см			0–50 см	органогенный слой	
1. Торфяно-болотная неосушенная	78	83,7	36,1	0,21	–	22,00	100
2. Агроторфяная	56	82,5	36,8	0,22	438	17,23	78
3. Агроторфяная	48	67,1	30,3	0,37	406	14,38	65
4. Торфяно-минеральная	43	39,8	17,0	0,49	353	12,94	59
5. Минеральная остаточно-торфяная	36	19,7	9,2	0,83	254	10,49	48
6. Минеральная остаточно-торфяная	30	15,1	8,1	0,95	199	8,22	37
7. Минеральная остаточно-торфяная	26	10,8	5,7	1,11	160	5,75	26
8. Минеральная постторфяная	21	4,8	2,5	1,28	130	2,60	12

Примечание. \* На момент отбора почвенных проб.

Таблица 2. Влияние гидротермических условий на трансформацию запасов минерализуемого азота в торфяных почвах

Почвы	ОВ, % *	N мин. исх., (слой 0–20 см), кг/га	Запасы N мин. в почвах (слой 0–20 см), кг/га, при экспозиции 45 суток			
			гидротермические условия **			
			1	2	3	4
1. Агроторфяная	82,5	86	142	145	72	83
2. Торфяно-минеральная	39,8	95	306	203	132	160
3. Минеральная остаточно-торфяная	19,7	106	448	295	156	203
4. Минеральная остаточно-торфяная	10,8	98	313	204	71	102
5. Минеральная постторфяная	4,8	56	302	182	61	77

п р и м е ч а н и е. \*Ап; \*\*1.  $W = 60\%$  от ППВ,  $t = 25-27\text{ }^{\circ}\text{C}$  (оптимальные условия);  
2.  $W = 30\%$  от ППВ,  $t = 25-27\text{ }^{\circ}\text{C}$  (увлажнение ниже оптимального);  
3.  $W = 90\%$  от ППВ,  $t = 25-27\text{ }^{\circ}\text{C}$  (избыток увлажнения);  
4.  $W = 60\%$  от ППВ,  $t = 5-7\text{ }^{\circ}\text{C}$  (низкая температура).

В основе рекомендаций по производству и применению удобрений на агроторфяных почвах разных стадий эволюции все еще используются нормативные данные, разработанные в 1980-х гг. для торфяных почв [5, 6]. За прошедшее с тех пор время существенно изменились не только свойства агроторфяных почв, но и сорта культур, агротехника их возделывания. Для оценки обеспеченности почв фосфором и калием используются данные о содержании в них растворимых форм фосфора и калия в 0,2 М соляной кислоте [6]. При этом известно, что раствор 0,2 М HCl экстрагирует из почвы как доступные (одно- и двухзамещенные фосфаты щелочных и щелочно-земельных металлов), так и недоступные растениям (трехзамещенные фосфаты железа, алюминия и кальция) соединения фосфора. Данные анализа выражаются в мг/кг почвы, которые используются при расчете доз удобрений. В зависимости от содержания в них органического вещества и стадий эволюции вес пахотного слоя колеблется в пределах 450–2600 т/га и более, а значит, и существенно изменяются запасы элементов питания в пахотном слое. По данным полевых опытов, коэффициент использования растениями подвижных форм фосфатов и калия чаще всего составляет соответственно 4–8 и 10–15 %. Это указывает на недостаточную объективность оценки фактического содержания в антропогенно преобразованных торфяных

почвах доступных растениям соединений фосфатов и калия. Диагностика обеспеченности этих почв доступными для растений соединениями азота вообще не проводится. Отсутствие методов диагностики обеспеченности этих почв доступными для растений соединениями азота, фосфора и калия в производственных условиях приводит к необъективной оценке их эффективного плодородия, ошибкам при расчете доз удобрений, снижению окупаемости всех затрат на возделывание культур, усилению минерализации органического вещества почвы и загрязнения окружающей среды.

Анализ результатов передового производственного опыта в Беларуси и других странах показывает, что повысить продуктивность сельскохозяйственных культур и эффективность земледелия на антропогенно преобразованных торфяных почвах, обеспечить сохранение их плодородия возможно за счет комплексного применения макро- и микроудобрений, регуляторов роста, физиологически активных веществ и пестицидов с учетом почвенных и погодных условий, биологической потребности растений.

В связи с изложенным считаем, что для более эффективного использования удобрений в производстве необходимо располагать данными о содержании в этих почвах доступных растениям соединений азота, фосфора и калия, а также обновленной нормативной ба-



зой. С учетом этого были разработаны методы определения содержания и оценки обеспеченности антропогенно преобразованных торфяных почв доступными для растений соединениями азота, фосфатов и калия [3]. Методы основаны на многокомпонентном экстрагировании азота нитратов, обменного аммония, растворимых соединений фосфора и калия из почвы 0,2 М раствором уксусной кислоты. Степень доступности этих соединений элементов питания из почвы примерно такая же, как и из минеральных удобрений. Это позволяет более объективно оценивать эффективное плодородие почв и более точно определять дозы удобрений. Методы максимально унифицированы в соответствии с существующей в Беларуси приборной и аналитической базой. Предлагаемые методы вполне удовлетворяют требованиям проведения оперативной поч-

венной диагностики. Их новизна и актуальность подтверждены выдачей соответствующего патента на изобретение.

В результате лабораторных, полевых и статистических исследований установлены закономерности влияния уровня содержания в почвах и сбалансированности элементов минерального питания на фотосинтетическую деятельность, формирование компонентов продуктивности, урожайности зерновых и других культур и эффективность применения удобрений на таких почвах. На основании полученных закономерностей разработаны ориентировочные градации обеспеченности антропогенно преобразованных торфяных почв доступными для растений соединениями элементов питания и потребности культур в дополнительном внесении минеральных удобрений (табл. 3).

Таблица 3. Градации обеспеченности почв доступными для растений соединениями элементов питания

Группа почв	Запас элементов в почве (слой 0–25 см), кг/га	Степень обеспеченности почв	Потребность культур во внесении удобрений	Коэффициент возмещения выноса
<b>Минеральный азот (N)</b>				
1	менее 100	низкая	высокая	1,1
2	100–140	средняя	повышенная	1,0
3	141–180	повышенная	средняя	0,7
4	181–240	высокая	низкая	0,4
5	Более 240	очень высокая	отсутствует	0,2*
<b>Фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>				
1	Менее 80	низкая	высокая	1,1
2	80–120	средняя	повышенная	0,9
3	121–170	повышенная	средняя	0,7
4	171–220	высокая	низкая	0,5
5	Более 220	очень высокая	отсутствует	0,2**
<b>Калий (K<sub>2</sub>O)</b>				
1	Менее 400	низкая	высокая	1,0
2	401–600	средняя	повышенная	0,8
3	601–800	повышенная	средняя	0,6
4	801–1000	высокая	низкая	0,4
5	Более 1000	очень высокая	отсутствует	–

Примечание. \* В подкормку; \*\* рядковое.

Таблица 4. Эффективность инновационной системы применения удобрений на посевах озимого тритикале (среднее из 5 опытов)

Система удобрения	Дозы удобрений, кг/га			Урожай- ность	Прибавка		Окупаемость 1 кг НРК зерном, кг	Удельные затраты, долл.США/ т зерна	Прибыль долл.США/ га	Рентабель- ность, %
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		ц/га	ц/га				
				всего						
1. Без удобрения	-	-	-	34,0	-	-	-	-	-	-
2. Базовая для торфяных почв	55	100	150	51,2	17,2	17,2	5,6	85,3	7,7	1,8
3. Базовая для минеральных почв	145	90	133	55,4	21,4	21,4	5,8	87,9	6,0	1,2
4. Инновационная (новая)	82	70	120	59,7	25,7	25,7	9,4	74,9	70,9	15,9
Инновац. ± торфяные	+27	-30	-30	+8,5	+8,5	+8,5	+3,8	-10,4	+63,2	+14,1
к базовым минеральные	-63	-20	-13	+4,3	+4,3	+4,3	+3,6	-13,0	+64,9	+14,7

Таблица 5. Эффективность инновационной системы применения удобрений на посевах ячменя (среднее из 5 опытов)

Система удобрения	Дозы удобрений, кг/га			Урожай- ность	Прибавка		Окупаемость 1 кг НРК зерном, кг	Удельные затраты, долл.США/ т зерна	Прибыль долл.США/ га	Рентабель- ность, %
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		ц/га	ц/га				
				всего						
1. Без удобрения	-	-	-	35,4	-	-	-	-	-	-
2. Базовая для торфяных почв	55	90	120	52,9	17,5	17,5	6,6	84,4	26,0	5,8
3. Базовая для минеральных почв	120	80	92	56,4	21,0	21,0	7,2	84,8	25,7	5,4
4. Инновационная (новая)	69	46	80	58,3	22,9	22,9	11,7	72,3	98,9	23,4
Инновац. ± торфяные	+14	-44	-40	+5,4	+5,4	+5,4	+5,1	-12,1	+72,9	17,6
к базовым минеральные	-54	-34	-12	+1,9	+1,9	+1,9	+4,5	-12,5	+73,2	18,0

Установлены нормативы доз удобрений на планируемую урожайность, включая основное внесение и подкормки с учетом обеспеченности почв и растений элементами минерального питания, разработаны инновационные технологии комплексного применения макро- и микроудобрений, регуляторов роста, физиологически активных веществ и пестицидов [4].

Проверка эффективности новой технологии применения удобрений под зерновые культуры на антропогенно преобразованных торфяных почвах, включающей методы оценки обеспеченности почв доступными для растений соединениями азота, фосфора и калия, а также нормативы доз удобрений, осуществлялась расчетным методом для 84 участков (полей) Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства с учетом фактического состояния агрохимических показателей. Выявлено, что за счет учета запаса в почвах доступных растениям соединений азота, фосфора и калия по полям при расчете доз удобрений по новым методическим подходам происходит снижение уровня их доз: д. в. азота в среднем на 34,  $P_2O_5$  – 18 и  $K_2O$  – 12 кг/га.

В полевых и производственных опытах выявлено, что наиболее высокой продуктивности зерновых культур при снижении удельных затрат на их производство можно достичь при комплексном применении удобрений и других средств интенсификации продукционного процесса.

Оптимизация минерального питания и обеспечение благоприятного фитосанитарного состояния посевов по этапам органогенеза растений позволяет в наибольшей степени реализовать генетический потенциал продуктивности зерновых культур в сложившихся погодных условиях и снизить удельные затраты элементов питания на формирование урожайности. Результаты исследований показывают (табл. 4, 5), что дифференцированное по полям комплексное применение удобрений (с учетом новых методов диагностики обеспеченности антропогенно преобразованных торфяных почв доступными для растений соединениями азота, фосфора и калия и новой нормативной базы и других средств интенсификации возделывания зерновых культур) обеспечивает повышение в сравнении с базовой системой удобрений урожайности в среднем на 6,6 ц/га, повышение окупаемости удобрений до 9,4–11,7 кг зерна/кг NPK (или в 1,6–1,8 раз), снижение удельных затрат на их применение на 20–30 % и получение дополнительной прибыли на озимых – 64,1 и яровых – 73,1 долл. США/га.

При освоении в производстве новой инновационной технологии комплексного применения удобрений и других средств интенсификации возделывания зерновых культур на площади 100 тыс. га антропогенно преобразованных торфяных почв условно чистая прибыль может составить более 7 млн долл. США.

#### Библиографический список

1. Почвы Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]; под ред. В. В. Лапы. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 632 с.
2. Семененко, Н. Н. Торфяно-болотные почвы Полесья: их трансформация и пути эффективного использования / Н. Н. Семененко. – Минск : Беларус. навука, 2015. – 282 с.
3. Семененко, Н. Н. Методы определения содержания доступных растениям соединений азота, фосфора и калия в деградированных торфяных почвах / Н. Н. Семененко, В. А. Журавлев. – Минск, 2005. – 24 с.
4. Семененко, Н. Н. Инновационные технологии применения азотных удобрений: теория, методология, практика / Н. Н. Семененко. – Минск : ООО «Альфа-книга», 2020. – 320 с.
5. Методика разработки на ЭВМ плана применения минеральных удобрений на сельскохозяйственных угодьях / Госагропром БССР, Респ. производ.-науч. объединение «Белсельхозхимия», Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии ; сост. И. М. Богдевич [и др]. – Минск, 1986. – 93 с.
6. Определение подвижных форм фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26207-84. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 6 с.

## ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ И БИОСТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ КЛЕВЕРА ГИБРИДНОГО

*О. С. Михайлова, научный сотрудник*

*Р. Т. Пастушок, кандидат сельскохозяйственных наук*

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

### Аннотация

Проведенные исследования на почвах Белорусского Поозерья в неблагоприятные для клевера гибридного гидротермические условия вегетационных периодов 2018–2020 гг. выявили возможность и проблемы получения семян. Приведены результаты оценки гидротермического режима вегетационных периодов, выявлена зависимость элементов структуры урожая от этого показателя. Доказано положительное влияние биостимуляторов роста на урожайность и посевные качества семян, выделены наиболее перспективные препараты.

**Ключевые слова:** клевер гибридный, некорневые подкормки, биостимуляторы роста, метеорологические условия, элементы структуры урожая, урожайность семян.

### Abstract

*O. S. Mikhailava, R. T. Pastushok*

### INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS AND BIOSTIMULATORS OF GROWTH ON SEED PRODUCTIVITY OF HYBRID CLOVER

Studies carried out on the soils of the Belarusian Poozerie in unfavorable hydrothermal conditions for hybrid clover during the growing seasons of 2018–2020 revealed the possibility and problems of obtaining seeds and their quality. This work presents the results of assessing the hydrothermal regime of growing seasons, reveals the dependence of the elements of the yield structure on this indicator, and proves the positive effect of growth biostimulants on the yield and sowing qualities of seeds. The most promising drugs have been identified.

**Keywords:** hybrid clover, foliar top dressing, growth biostimulants, meteorological conditions, elements of the yield structure, seed yield.

Семеноводство многолетних бобовых трав, в том числе и клевера гибридного, в высокой степени зависит от природно-климатических условий. С 1989 г. последствия изменения климата в Беларуси (теплые зимы, раннее начало вегетационных периодов, увеличение продолжительности и теплообеспеченности вегетационного периода, увеличение повторяемости засух, волн тепла, высоких температур воздуха и др.) оказывают существенное влияние на сельскохозяйственное производство [1–3]. Нивелировать негативное воздей-

ствие погодных факторов возможно за счет корректировки и усовершенствования технологии возделывания.

Ставится задача получить устойчивые урожаи в любых погодных условиях. Регуляторы роста растений повышают устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды: высокие и низкие температуры, поражаемость болезнями и вредителями [4–7], что дает возможность получать более стабильные урожаи сельскохозяйственных культур.

### Методика исследований

Исследования проводились на семенных посевах клевера гибридного, районированного сорта Красавик, в северной части Беларуси (Витебская опытно-мелиоративная станция РУП «Институт мелиорации», Сенненский р-н) в 2018–2020 гг.

Почвы – осушенные дерново-подзолистые глееватые суглинистые, подстилаемые с глубины 0,5–0,6 м моренным суглинком;  $pH_{KCl}$  – 5,84–6,27, содержание гумуса – 2,33–2,81 %; подвижных  $P_2O_5$  – 210–285 мг/кг;  $K_2O$  – 185–191 мг/кг по Кирсанову;  $MgO$  –

297–367 мг/кг; В – 0,65–0,67 мг/кг, Cu – 2,52–2,60 мг/кг; Zn – 2,71–3,70 мг/кг.

Исследования проведены в трех закладках (посевы 2017–2019 гг.) Норма высева – 5,5 млн шт./га (5 кг/га), способ сева – рядовой без покрова. Повторность четырехкратная, размещение вариантов систематическое, учетная площадь делянок – 25 м<sup>2</sup>.

В опыте для основного внесения в почву применяли стандартные удобрения в качестве фона – P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> (суперфосфат, хлористый калий); в один из вариантов дополнительно вносили карбамид – N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. Для некорневых подкормок в фазу бутонизации применяли следующие препараты:

1) микробный препарат – Ризофос-*Trifol* (200 мл/га) как альтернатива минеральным азотным и фосфорным удобрениям. Основа: активные штаммы клубеньковых бактерий, осуществляющий микробиологический перевод труднорастворимых фосфатов почвы и удобрений в доступную растениям форму. Позволяет получить экологически чистую продукцию и снизить пестицидную нагрузку;

2) микроудобрение – Наноплант (100 мл/га), в состав которого входят микроэлементы Co, Mn, Cu, Fe, действующее вещество – наночастицы металлов;

3) биостимуляторы роста:

Стиμπο (20 мл/га) – биологического происхождения, содержит ненасыщенные кислоты,

углеводы, аминокислоты, макро- и микроэлементы (Mn, K, Mg, Fe, Cu);

Агропон С (20 мл/га) – существенно повышает энергию прорастания, полевую всхожесть посевов, полностью раскрывает потенциал растений, способствует активному делению клеток посевов, развитию мощной корневой системы, содержанию хлорофилла, увеличению площади поверхности листа. В его состав включена сбалансированная композиция полезных веществ: олигосахаридов, хитозана, свободных жирных кислот, фитогормонов, аминокислот, витаминов и биогенных микроэлементов (Fe, Na, Cu, Mn, K, Zn, Mg, Ca);

Альбит (40 мл/га) – полифункциональный препарат биологического происхождения; основа – гидролизованная биомасса почвенных бактерий *Bacillus megaterium* и *Pseudomonas aureofaciens*. Активизирует ростовые и формообразовательные процессы, увеличивает количество соцветий, ускоряет прохождение фаз развития, повышает устойчивость к неблагоприятным факторам среды и поражению болезнями;

Регоплант (50 мл/га) – относится к серии композиционных препаратов, обладает биозащитными свойствами. Сбалансирован композицией биологически активных соединений аминокислот, хитозана, аналогов фитогормонов, олигосахаридов, жирных кислот, хелатных и биогенных микроэлементов Cu, Zn, S, Mo, Mg, B, Mn, K<sub>2</sub>O, Ca, Fe, N.

### Результаты исследований

Фенологические наблюдения за развитием клевера гибридного в 2018–2020 гг. показали, что весеннее отрастание растений начиналось во второй декаде апреля. Наиболее продолжительны периоды цветения – побурения головок. В 2018 г. этот период составил 75 дней, в 2019 г. – 66, в 2020 г. – 67 с суммой температур в пределах 1091–1460 °С, среднесуточной температурой 16,5–19,5 °С и количеством осадков 168,3–260,1 мм (табл. 1).

Самыми короткими и холодными в 2018 г. оказались фазы ветвления и бутонизации продолжительностью в 21 и 14 дней, с суммой температур 229 °С и 322 °С, среднесуточной температурой 15,3 °С и 16,4 °С соответственно. В результате образовалось небольшое ко-

личество продуктивных стеблей, в среднем по опыту 154 шт./м<sup>2</sup> и головок 352 шт., что в конечном итоге повлияло на снижение урожайности семян (табл. 2). Установлена прямая средняя корреляционная связь урожайности клевера гибридного с количеством продуктивных стеблей ( $r = 0,35$ ) и головок ( $r = 0,67$ ).

Дожди со второй декады июля по вторую декаду августа 2019 г. повлияли на цветение и созревание головок клевера гибридного, сумма температур составила 1091 °С, осадков – 260,1 мм, ГТК (здесь и далее – гидро-термический коэффициент) – 2,4. В результате количество семян в головках и масса 1000 семян были ниже потенциально возможных и в среднем составили 42 шт. и 0,7 г соответ-

ственно. Установлена высокая корреляционная связь урожайности клевера гибридного с

количеством семян в головке ( $r = 0,91$ ) и массой 1 000 семян ( $r = 0,74$ ).

Таблица 1. Метеорологические условия по фазам вегетации клевера гибридного 2-го года жизни

Фаза вегетации	Продолжительность, дн.	Температура воздуха, °С		Сумма осадков, мм	ГТК
		сумма	среднесуточная		
2018 г.					
отрастание – ветвление	30	354	11,8	3,3	0,1
ветвление – бутонизация	21	322	15,3	49,7	1,5
бутонизация – цветение	14	229	16,4	17,1	0,7
цветение – побурение головок	75	1460	19,5	236,3	1,6
вегетационный период	140	2365	15,7	306,4	1,0
2019 г.					
отрастание – ветвление	26	292	11,2	59,3	1,1
ветвление – бутонизация	24	427	17,8	60,9	1,4
бутонизация – цветение	15	341	22,7	6,7	0,2
цветение – побурение головок	66	1091	16,5	260,1	2,4
вегетационный период	131	2151	17,1	387,0	1,3
2020 г.					
отрастание – ветвление	35	287	8,2	47,6	1,7
ветвление – бутонизация	26	338	13	32,2	0,9
бутонизация – цветение	15	318	21,2	78,5	2,5
цветение – побурение головок	67	1192	17,8	168,3	1,4
вегетационный период	143	2315	15,1	326,6	1,6

В 2020 г. продолжительным и дождливым был период отрастания – ветвления, который составил 35 дней при сумме положительных температур 287 °С и сумме осадков 47,6 мм, ГТК – 1,7. Это способствовало аномальному росту растений, их высота стала превышать 1 м, что практически в 2 раза больше значений предыдущего года. В итоге к уборке сформировалось большое количество продуктивных стеблей (242 шт./м<sup>2</sup>), головок (621 шт.), но из-за обилия осадков в фазу бутонизации (ГТК – 2,5) семян сформировалось мало (35 шт.), хотя масса 1000 семян была довольно высокой (1,0 г), что привело к уменьшению урожайности семян клевера гибридного и не способствовало достижению потенциаль-

но возможного урожая. Установлена прямая средняя ( $r = 0,59$ ) корреляционная связь урожайности клевера гибридного с количеством семян в головке.

В агроклиматических исследованиях для оценки условий увлажнения вегетационных периодов использовался гидротермический коэффициент Селянинова. По Т. Г. Селянинову, ГТК при 1,3–1,6 является оптимальным по увлажнению, при увеличении ГТК растения испытывают недостаток тепла. В 2018 г. этот показатель равнялся 1,0, поэтому вегетационный период можно охарактеризовать как слабо засушливый. Гидротермический коэффициент периодов 2019 г. и 2020 г. находился в пределах оптимальной нормы (1,3 и 1,6 со-

ответственно), однако весьма неравномерное распределение тепла и влаги в зависимости

от фазы оказало не очень благоприятное влияние на рост и развитие клевера гибридного.

Таблица 2. Структура семенного травостоя клевера гибридного 2-го года жизни

Вариант	Высота растений, см	Кол-во продукт. стеблей, шт./м <sup>2</sup>	Кол-во головок, шт	Кол-во семян в головке, шт	Масса 1000 семян, г
2018 г.					
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (контроль)	66,0	138	322	63	0,71
P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон	71,1	200	448	70	0,78
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	66,5	180	360	55	0,77
Фон + Ризофос- <i>Trifol</i>	65,3	126	294	72	0,81
Фон + Стимпо	60,8	150	350	71	0,84
Фон + Агропон С	63,6	141	329	78	0,87
Фон + Наноплант	61,6	141	329	59	0,75
Фон + Альбит	57,0	144	288	57	0,76
Фон + Регоплант	64,6	168	450	64	0,85
Среднее	64,1	154	352	65	0,79
2019 г.					
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (контроль)	59,0	192	480	27	0,65
P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон	62,4	224	504	33	0,76
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	56,1	216	486	45	0,75
Фон + Ризофос- <i>Trifol</i>	50,9	204	408	45	0,58
Фон + Стимпо	57,0	212	318	41	0,71
Фон + Агропон С	57,5	244	549	49	0,92
Фон + Наноплант	61,5	240	540	48	0,84
Фон + Альбит	57,7	177	531	46	0,84
Фон + Регоплант	54,1	168	392	44	0,65
Среднее	57,4	209	468	42	0,7
2020 г.					
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (контроль)	124	182	533	27	0,95
P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон	108	236	617	36	0,94
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	114	266	637	39	0,95
Фон + Ризофос- <i>Trifol</i>	107	264	603	32	1,04
Фон + Стимпо	130	280	650	41	0,91
Фон + Агропон С	118	255	629	38	0,99
Фон + Наноплант	125	287	660	37	0,99
Фон + Альбит	108	188	631	34	0,91
Фон + Регоплант	123	224	629	35	0,92
Среднее	117,4	242	621	35	1,0

За годы исследований установлено, что некорневые подкормки повышали урожайность семян клевера гибридного. В 2018 г. максимальная прибавка урожая семян на 0,87 ц/га (74,4 %) получена в варианте с применением Агропона С (табл. 3). На фоне внесения P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> прибавка составила 42,7 %. Применение препаратов Регоплант и Стимпо для некорневой

подкормки растений повышало урожайность семян клевера гибридного на 0,84 и 0,74 ц/га соответственно по сравнению с контролем, по сравнению с фоном РК – на 40,6 и 33,6 %.

Некорневые подкормки посевов клевера гибридного в 2019 г. также увеличивали урожайность семян: максимальная прибавка на 1,45 ц/га получена в варианте с применени-

ем биостимулятора роста Агропон С на фоне внесения РК – 1,06 ц/га; внесение микроудобрения Наноплант Со, Мп, Си, Фе и биостимулятора Альбит также обеспечило высокую прибавку урожая семян на 1,23 и 1,16 ц/га соответственно по сравнению с контролем.

Некорневые обработки в 2020 г. максимально увеличивали количество семян в головке и массу 1000 семян в вариантах с при-

менением биостимуляторов роста Стимпо и Агропон С. Что касается урожайности семян в этих вариантах, прибавка по сравнению с контролем была в пределах 0,81–0,94 ц/га. Следует отметить, что внесение остальных стимуляторов роста также способствовало увеличению урожайности в среднем на 4,3–16,1 %.

Таблица 3. Урожайность семенного посева клевера гибридного 2-го года жизни

Вариант	Урожайность семян, ц/га	Прибавка урожая, %	
		к контролю	к фону
2018 г.			
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (контроль)	1,17	–	–
P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон	1,43	22,2	–
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	1,27	8,6	-11,2
Фон + Ризофос- <i>Trifol</i>	1,53	30,8	7,0
Фон + Стимпо	1,91	63,3	33,6
Фон + Агропон С	2,04	74,4	42,7
Фон + Наноплант	1,45	23,9	1,4
Фон + Альбит	1,19	1,7	-16,8
Фон + Регоплант	2,01	71,8	40,6
Среднее	1,56	–	–
2019 г.			
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (контроль)	0,72	–	–
P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон	1,11	33,3	–
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	1,59	74,4	33,6
Фон + Ризофос- <i>Trifol</i>	1,35	53,8	16,8
Фон + Стимпо	1,22	42,7	7,7
Фон + Агропон С	2,17	123,9	74,1
Фон + Наноплант	1,95	105,1	58,7
Фон + Альбит	1,88	99,2	53,8
Фон + Регоплант	1,54	70,1	30,1
Среднее	1,50	–	–
2020 г.			
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (контроль)	1,35	–	–
P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон	1,37	1,7	–
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	1,51	13,7	9,8
Фон + Ризофос- <i>Trifol</i>	1,61	22,2	16,8
Фон + Стимпо	2,29	80,3	64,3
Фон + Агропон С	2,16	69,2	55,2
Фон + Наноплант	1,41	5,1	2,8
Фон + Альбит	1,36	0,9	-0,7
Фон + Регоплант	1,44	7,7	4,9
Среднее	1,61	–	–



В среднем за три года (2018–2020 гг.) высота растений клевера гибридного перед уборкой была в пределах 57,4–117,4 см. Количество растений на 1 м<sup>2</sup> составило 43–50 шт., продуктивных побегов (стеблей) – 171–223 шт. (табл. 4).

Наибольшее количество продуктивных стеблей (223 шт./м<sup>2</sup>) сформировано в варианте при некорневой подкормке микроудобрением Наноплант, что на 30,4 % больше контроля. Внесение минеральных удобрений в дозах P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> и N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> также увеличивало количество растений по сравнению с контролем.

Установлено, что некорневые подкормки оказывали положительное влияние на посевные качества семян. Так, на контроле количество семян в головке составляло 39 шт., при внесении

биостимулятора роста Агропон С и микробного препарата Ризофос количество семян возросло до 51–55 шт. Масса 1000 семян в вариантах с применением препаратов Агропон С и Наноплант составила 0,86–0,93 г, что на 11,7–20,8 % больше контроля и на 3,6–12,0 % варианта с фоном РК.

Семенная продуктивность культуры отмечалась в пределах 1,08–2,12 ц/га. Максимальная прибавка урожая семян на 1,04 ц/га получена в варианте с применением Агропона С, на фоне препарата Стимпо прибавка составила 0,73 ц/га. Некорневая подкормка другими стимуляторами роста также повышала урожайность семян клевера гибридного по сравнению с контролем на 0,42–0,58 ц/га и фоном P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> на 0,20–0,36 ц/га.

Таблица 4. Структура и урожайность семенного посева клевера гибридного (среднее за 3 года)

Вариант	Кол-во растений, шт./м <sup>2</sup>	Кол-во продукт. стеблей, шт./м <sup>2</sup>	Кол-во головок, шт./м <sup>2</sup>	Кол-во семян в головке, шт.	Масса 1 000 семян, г	Урожайность семян, ц/га
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> (контроль)	43	171	445	39	0,77	1,08
P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон	46	220	523	46	0,83	1,30
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	45	221	494	46	0,82	1,46
Фон + Ризофос- <i>Trifol</i>	46	198	435	50	0,81	1,50
Фон + Стимпо	50	214	439	51	0,82	1,81
Фон + Агропон С	49	213	502	55	0,93	2,12
Фон + Наноплант	48	223	510	48	0,86	1,60
Фон + Альбит	49	170	483	46	0,84	1,48
Фон + Регоплант	50	187	490	48	0,81	1,66

### Заключение

Вегетационные периоды 2018–2020 гг. не были благоприятны для полной реализации потенциала семенной продуктивности клевера гибридного на осушенных дерново-подзолистых глееватых суглинистых почвах севера Беларуси.

Выявлены величины недобора семян клевера гибридного из-за экстремальных гидротермических условий и наиболее уязвимые периоды роста и развития растений. Избыток осадков в период цветения в 2018 г. (ГТК –1,6) и в 2019 г. (ГТК – 2,4) приводил к уменьшению урожайности семян до 1,56 и 1,60 ц/га соответственно, а при оптимальных условиях в 2020

г. (ГТК – 1,4) урожайность составила 1,61 ц/га. Исследуемые агротехнические приемы обеспечивали рост семенной продуктивности: фосфорно-калийные удобрения (P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>) – на 20,4 %, биостимуляторы в сочетании с РК – до 96,3 %.

Существенные прибавки урожайности семян получены при некорневой обработке биостимуляторами Агропоном С (1,04 ц/га), Регоплантом (0,73 ц/га), Стимпо (0,58 ц/га) и Наноплантом Со, Мn, Cu, Fe (0,52 ц/га).

**Библиографический список**

1. Мельник, В. И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларуси : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.23 / В. И. Мельник; Бел. гос. ун-т. – Минск, 2004. – 21 с.
2. Камышенко, Г. А. Погодные условия Беларуси и урожайность сельскохозяйственных культур. Математико-статистический анализ / Г. А. Камышенко. – СПб. : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 158 с.
3. Слюсар, И. Т. Использование осушенных земель в условиях климатических изменений / И. Т. Слюсар, В. Г. Кургак, А. Л. Бирюкович // Мелиорация. – 2010. – № (1). – С. 49–55.
4. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Отд. аграр. наук, Белорус. гос. с.-х. акад. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 293 с.
5. Пономаренко, С. П. Регуляторы роста растений на основе N-оксидов производных пиридина (физико-химические свойства и биологическая активность / С. П. Пономаренко. – Киев : Техніка, 1993. – 287 с.
6. Мееровский, А. С. Комплексное применение пестицидов, микроэлементов и регуляторов роста при возделывании клевера гибридного на семена / А. С. Мееровский, Н. В. Кабанова, Е. М. Мишук // Мелиорация. – 2017. – № 1 (79). – С. 49–56.
7. Бахтенко, Е. Ю. Значение гормонального баланса в регуляции водного обмена растений при недостатке и избытке влаги в почве / Е. Ю. Бахтенко // Агрохимия. – 2001. – № 1. – С. 86–90.

Поступила 7 декабря 2020 г.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КЛЕВЕРА ГИБРИДНОГО НА СЕМЕНА

**А. Л. Бирюкович**, кандидат сельскохозяйственных наук

**Р. Т. Пастушок**, кандидат сельскохозяйственных наук

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

### Аннотация

Весенний посев клевера гибридного сорта Красавик на осушенной дерново-подзолистой средне-суглинистой почве формировал лучшую структуру травостоя, чем раннелетний, и за счет более высокой обсемененности головок (в 1,4 раза больше) урожайность семян была в 2,6 раза выше. Некорневые обработки посевов клевера борной кислотой и Макситором 21 дважды за вегетацию (фазы отрастания и бутонизации) улучшали структуру урожая семенников, увеличивая число головок, количество семян в головке, массу 1000 семян и урожайность. Внесение борной кислоты экономически выгоднее.

**Ключевые слова:** клевер гибридный, урожайность семян, количество побегов, количество растений, срок посева, микроудобрения.

### Abstract

**A. L. Biryukovich, R. T. Pastushok**

### TECHNOLOGICAL METHODS OF CULTIVATION OF HYBRID CLOVER FOR SEEDS

Spring sowing of clover of the hybrid Krasavik variety on drained sod-podzolic medium-loamy soil formed a better structure of the herbage than the early summer one and due to the higher seeding of the heads (1.4 times more), the seed yield was 2.6 times higher. Non-root treatment of clover crops with boric acid and Maxibor 21 twice during the growing season (regrowth and budding phases) improved the structure of the seed crop, increasing the number of heads, the number of seeds in the head, the weight of 1000 seeds and yield. Adding boric acid was more cost-effective.

**Keywords:** hybrid clover, seed yield, number of shoots, number of plants, sowing period, microfertilizers.

### Введение

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь определены основные индикаторы подкомплекса кормопроизводства на 2016–2020 гг.: производство 45–50 ц к. ед. на условную голову, в том числе травяных – 30–35 ц; увеличение площади многолетних трав до 1 млн га, из которых доля бобовых и бобово-злаковых трав должна составлять 90 %; перезалужение лугопастбищных угодий, из которых доля бобовых и бобово-злаковых трав должна составлять не менее 50 % [1].

На мелиорированных землях, занимающих более 2 млн га, использование клевера лугового или люцерны затруднено из-за риска временного переувлажнения, поэтому перспективно применение более устойчивого клевера гибридного. Расширению его площадей препятствуют низкие урожаи семян.

### Материалы и методы исследований

Исследования по усовершенствованию технологии получения семян клевера гибридного Красавик проводили в северной зоне страны

Причиной низких урожаев в большой мере является разрыв во времени между цветением головок на главном стебле клевера гибридного: между 1-й и 2-й – 2,7 дня; 2 и 3-й – 5,8; 3 и 4-й – 5,9; 4 и 5-й – 5 дней [2].

Клевер гибридный сорта Красавик районирован в 1983 г., поэтому изучались покровные культуры и нормы его посева под покровом, дозы и сроки химической прополки и уборки [3, 4]. В условиях Гродненской обл. исследовали способ летнего посева клевера гибридного в качестве поукосной культуры после внесения раундапа [5].

По данным А. Л. Семенова, выращивание клевера гибридного целесообразно в северной и северо-восточной частях республики, так как их прохладный климат больше подходит для выращивания этого одноукосника [6].

(Витебская опытно-мелиоративная станция РУП «Институт мелиорации», Сенненский р-н) в 2014–2017 гг. Изучение некорневых подкоро-

мок клевера микроэлементами проводили в 2014–2015 гг., сроков посева – в 2016–2017 гг. Почва осушенная дерново-подзолистая, средне-суглинистая, подстилаемая с глубины 0,5–0,6 м моренным суглинком с  $pH_{KCl}$  – 6,19–6,79. Содержание гумуса – 2,27–2,45 %;  $P_2O_5$  – 109–121,  $K_2O$  – 158–172 мг/кг почвы; гидролитическая кислотность – 0,46–1,52 мг-ммоль на 100 г почвы; степень насыщенности основаниями – 90,5–96,7 %. Норма посева – 5,5 млн шт./га (5 кг/га), способ сева – без покрова.

Изучение сроков посева, внесение микро-элементов и регуляторов роста проводили по схеме:

срок сева: 1) весенний (19.05.2016 г.); 2) ранне-летний (20.06.2016 г.).

удобрения: 1)  $N_0P_0K_0$ ; 2)  $P_{40}K_{60}$  – фон; 3) фон + борная кислота (В – 17 %); 4) Фон + молибденовоокислый аммоний (Мо – 54 %); 5) Фон + Максибор 21 (20,8 % В + 0,2 % Мо). Обработка – ранцевым опрыскивателем. Повторность 4-кратная, площадь учетных делянок 50 м<sup>2</sup>, размещение делянок рандомизированное.

Для клевера гибридного оптимальная влажность почвы до фазы начала цветения составляет 70 – 80 % наименьшей влагоемкости (далее – НВ), в цветение – 60 и в созревание семян – 40 %. Поэтому контроль влажности почвы в слое 0–20 см проводили каждую декаду. Влажность корнеобитаемого слоя почвы в год посева (2014 г.) была ниже оптимальных значений –

23,1–27,8 %. В третьей декаде июля и первой декаде августа она составила 10,2–13,6 % (НВ – 28,1 %), что отрицательно сказалось на росте и развитии растений. Перезимовка 2014–2015 гг. была неблагоприятна для клевера, так как при высоте снежного покрова 2–5 см минимальная температура воздуха в декабре и феврале понижалась до –15,8...–17,2 °С. В результате наблюдалась гибель растений. Вегетационный период 2015 г. был теплый и сухой: среднемесячная  $t$  °С воздуха апреля – июня превышала многолетние показатели на 2,2–1,1 °С, а количество осадков за вегетацию составило 335 мм, что на 64 мм меньше нормы. Влажность почвы в июне – августе снижалась до влажности завядания (10,8–6,8 % ее объема), что снизило урожайность семян.

Погодные условия 2017 г. были умеренно теплые и избыточно влажные, ГТК вегетационного периода – 1,8. В первой декаде апреля  $t$  °С воздуха была выше нормы на 7,6 °С, что ускорило начало вегетации, а во первой и третьей декадах заморозки до –1,6 °С сдерживали его рост. В начале бутонизации влажность почвы составила всего 48,8 % от НВ, и в целом дефицит влаги в мае – июне повлиял на цветение и завязываемость семян. В июле – августе количество осадков составило 129,0 % нормы, а в период формирования семян влажность почвы была на 35,8 % выше оптимальных показателей.

Таким образом, метеорологические условия и гидрологический режим 2017 г. были неблагоприятны для формирования семян клевера.

### Результаты исследований и их обсуждение

В первый год жизни (г. ж.) при весеннем севе густота стеблестоя клевера и количество стеблей на 1 м<sup>2</sup> к концу вегетации были примерно в 3 раза больше, чем при летнем (табл. 1).

На втором году жизни срок посева тоже сказался на структуре стеблестоя клевера и высота весенних посевов была в 1,2 раза

больше, количество продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup> – в 2,4, и число головок – в 2 раза больше, чем раннелетних.

Обсемененность головок у клевера весеннего срока сева была в 1,4 раза больше, чем летнего (табл. 2), и в результате урожайность семян была в 2,6 раза выше.

Таблица 1. Густота стеблестоя клевера гибридного в конце вегетации 1 г. ж., шт./м<sup>2</sup>

Вариант	Количество растений, шт./м <sup>2</sup>		Количество побегов (стеблей) в кусте, шт./м <sup>2</sup>	
	Весенний посев	Раннелетний посев	Весенний посев	Раннелетний посев
$N_0P_0K_0 + H_2O$ – контроль	80	28	240	70
$P_{40}K_{60}$ – фон	92	29	294	88
$P_{40}K_{60} + H_3BO_3$	110	36	352	110
$P_{40}K_{60} + (NH_4)_2MoO_4$	104	34	333	106
$P_{40}K_{60} + \text{Максибор 21}$	113	35	362	107

Таблица 2. Структура и урожайность семенного посева клевера гибридного в зависимости от срока сева (среднее по вариантам)

Срок сева	Высота, см	Количество, шт./м <sup>2</sup>				Количество семян в головке, шт	Масса 1000 шт., г	Урожайность, ц/га
		растений	всего стеблей	в том числе продуктивных	головок			
весенний	112,3	55	311	161	440	96	0,9	2,5
летний	90	21	115	67	218	71	0,9	0,9
НРС <sub>05</sub> , ц/га								0,55

Некорневые подкормки клевера в разные фазы развития увеличивали количество растений (кустов) и продуктивных стеблей. Так, внесение борной кислоты ( $H_3BO_3$ ) увеличило количество растений по сравнению с контролем (без обработки) на 29,3 %, продуктивных стеблей – на 36,3 %, молибденово-кислого аммония –  $(NH_4)_2MoO_4$  на 23,9 и 30,7 и Максибора – на 35,3 и 42,9 % соответственно. Следует отметить, что внесение борных препаратов обеспечило более высокую относительную прибавку количества продуктивных стеблей при их внесении в фазу бутонизации (37,6–44,6 %), а молибденово-кислого аммония – при двукратном внесении в фазы отрастания и бутонизации (32,9 %). Что касается абсолютных количественных величин, то после внесения Максибора в фазы отрастания и бутонизации формировался более сомкнутый стеблестой – 89 шт./м<sup>2</sup> растений и 238 шт./м<sup>2</sup> продуктивных стеблей.

Количество образовавшихся к уборке головок после некорневых подкормок микроэлементами в среднем составляло 419 шт./м<sup>2</sup>, что было на 10,9–18,2 % больше, чем на контроле.

При внесении микроэлементов в фазу отрастания клевера максимальное количество головок на 1 м<sup>2</sup> образовалось в варианте с некорневой подкормкой Максибором (табл. 3). В этом варианте было несколько больше семян в головке, это же касалось и массы 1000 семян. В результате внесения Максибора 21 в фазу отрастания клевера увеличило урожайность семян по сравнению с контролем в 1,5 раза.

Внесение микроэлементов в фазу бутонизации клевера также увеличивало количество головок на 1 м<sup>2</sup>, семян в головке и массу 1000 семян. При внесении микроэлементов в эту фазу структурные составляющие урожая и

его величина тоже были максимальными при внесении Максибора 21.

Некорневые обработки посевов клевера дважды за вегетацию – в фазы отрастания и бутонизации – улучшали структуру урожая семенников клевера; увеличивалось число головок на 1 м<sup>2</sup>, количество семян в головке и масса 1000 семян. Так же, как и при внесении микроэлементов в другие сроки, лучшие показатели структуры урожайности отмечены при внесении Максибора 21. Однако следует отметить, что масса 1000 семян была несколько выше при внесении молибденово-кислого аммония. Что касается урожайности семян, то при внесении Максибора 21 она была выше и при внесении и в фазы отрастания и бутонизации, и в остальных вариантах опыта.

Эффективность борных удобрений объясняется тем, что бор, содержащийся в почве, менее доступен в умеренно щелочной почве [8, 9]. Поэтому при pH слоя пахотного почвы, близкой к нейтральной, бор из удобрений  $H_3BO_3$  и Максибора в засушливых условиях усваивался лучше, чем из почвы.

Изучение внесения микроэлементов показало, что в среднем за два года количество головок на 1 м<sup>2</sup> по сравнению с фоном увеличилось на 7,2–13,8 %, количество семян в головке – на 9,9–17,9 %, масса 1000 семян – на 2,2–8,6 % (табл. 4). Следует отметить, что внесение бора как в виде борной кислоты, так и в составе Максибора 21 оказывало практически одинаковое влияние на элементы структуры урожая. Несколько ниже эти показатели были при внесении молибденово-кислого аммония.

Несмотря на различия во влиянии микроэлементов на структуру урожая, урожайность семян клевера между этими вариантами не различалась.

Таблица 3. Структура и урожайность семенного посева клевера гибридного при некорневой подкормке в разные фазы развития [7]

Вариант	Количество головок, шт./м <sup>2</sup>	Количество семян в головке, шт.	Масса 1000 семян,	Урожайность, ц/га	Прибавка	
					ц/га	%
фаза отрастания						
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> + H <sub>2</sub> O – контроль	347	82	0,88	1,81	–	–
P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон	354	86	0,94	1,98	0,17	9,4
Фон + H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	413	108	0,99	2,58	0,77	42,5
Фон + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	403	107	0,98	2,43	0,62	34,3
Фон + Максибор 21	441	110	1,03	2,75	0,94	51,9
НРС <sub>05</sub> , ц/га	–				0,32	–
фаза бутонизации						
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> + H <sub>2</sub> O – контроль	355	91	0,96	1,96	–	–
P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон	380	107	0,97	2,18	0,22	11,2
Фон + H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	433	125	1,04	2,71	0,75	38,3
Фон + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	427	120	1,00	2,54	0,58	29,6
Фон + Максибор 21	462	133	1,06	2,92	0,96	49,0
НРС <sub>05</sub> , ц/га	–				0,29	–
фазы отрастания + бутонизации						
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> + H <sub>2</sub> O – контроль	389	98	0,97	2,02	–	–
P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон	400	99	0,95	2,10	0,08	4,0
Фон + H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	507	113	0,96	3,01	0,99	49,0
Фон + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	484	108	1,01	2,64	0,62	30,7
Фон + Максибор 21	533	117	0,97	3,27	1,25	61,9
НРС <sub>05</sub> , ц/га	–				0,45	–

Таблица 4. Структура и урожайность семенного посева клевера в зависимости от внесения микроэлементов (средние за 2 года)

Вариант	Количество головок, шт./м <sup>2</sup>	Количество семян в головке, шт.	Масса 1000 семян,	Урожайность, ц/га	Прибавка	
					ц/га	%
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> + H <sub>2</sub> O – контроль	327,8	73,4	0,92	1,52	–	–
P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон	364,3	89,7	0,93	1,99	0,47	30,9
Фон + H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	406,3	102,7	1,00	2,38	0,86	56,6
Фон + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	390,5	98,6	0,95	2,22	0,70	46,1
Фон + Максибор 21	414,6	105,8	1,01	2,39	0,87	57,2
НРС <sub>05</sub> , ц/га	–			0,48	–	

Расчет экономической эффективности изучаемых приемов показал, что наиболее выгодным был посев клевера гибридного весной. Условно-чистый доход без учета прямых затрат составил 320 у. е./га с рентабельностью

101 %. Раннелетний посев клевера был убыточен из-за низкой урожайности.

Максимальный условно-чистый доход 397,4 у. е./га получен от внесения борной кислоты в фазы отрастания и бутонизации с рентабельностью 123 %. Эти показатели при

внесении Максибора 21 несколько ниже (369,5 у. е./га и 91 %) из-за более высокой стоимости препарата. В среднем за два года условно-чи-

стый доход от внесения борной кислоты составил 314 у. е./га при рентабельности 126 %.

### Заключение

Изучение технологических приемов выращивания клевера гибридного Красавик показало следующее.

1. При его весеннем посеве структура травостоя была лучше, чем при раннелетнем: высота в 1,2 раза больше; продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup> – в 2,4; число головок – в 2 раза больше. За счет лучшей обсемененности головок при весеннем севе (в 1,4 раза больше, чем у летнего) урожайность семян была в 2,6 раза выше.

2. Некорневые обработки посевов клевера борной кислотой и Максибором 21 дважды

за вегетацию (фазы отрастания и бутонизации) улучшали структуру урожая семенников, увеличивая число головок до 113–117 шт./м<sup>2</sup>, количество семян в головке до 113–117 шт. и массу 1000 семян до 0,96–0,97 г. Урожайность семян в этих вариантах составила 3,01–3,27 ц/га.

3. Более высокий экономический эффект в среднем за два года (условно-чистый доход 314 у. е./га и рентабельность 126 %) обеспечило внесение P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> и борной кислоты два раза за вегетацию в фазы отрастания и бутонизации клевера.

### Библиографический список

1. О Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы и внесении изменений в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 июня 2014 г. № 585 [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 11 марта 2016 г. № 196 // Мин-во с. х. и продовольствия Респ. Беларусь. – Режим доступа <https://www.mshp.gov.by/programms/a868489390de4373.html>. – Дата доступа: 12.11.2020.
2. Агротехника выращивания многолетних трав на семена : рекомендации / В. С. Дыбаль [и др.] / РУП «Институт мелиорации». – Минск, 2011. – 24 с.
3. Летковский, В. П. Основные приемы возделывания клевера гибридного на семена : автореф. дис. ... с.-х. наук : 06.01.09 / В. П. Летковский. – Горки, 1986. – 18 с.
4. Чекель Е. И. Возделывание клевера гибридного (розового). Типовые технологические процессы / Е. И. Чекель, Г. И. Гаджиева, А. П. Будевич. – Организационно-технические нормативы возделывания кормовых и технических культур : сб. отрасл. регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр по земледелию; рук. разработки Ф. И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. – Минск : Бел. наука, 2012. – С. 160–169.
5. Рутковская, Л. С. Основные приемы технологии возделывания клевера лугового и гибридного на дерново-подзолистой супесчаной почве западной части Республики Беларусь : автореф. дис. ... с.-х. наук : 06.01.09 / Л. С. Рутковская. – Жодино, 2000. – 18 с.
6. Семенов, А. Л. Семеноводство многолетних трав / А. Л. Семенов, К. С. Власова. – Минск : Урожай, 1971. – 152 с.
7. Мееровский, А. С. Комплексное применение пестицидов, микроэлементов и регуляторов роста при возделывании клевера гибридного на семена / А. С. Мееровский, Н. В. Кабанова, Е. М. Мишук / Мелиорация. – 2017. – № 1 (79). – С. 49–56.
8. Сергеев, П. А. Культура клевера на корм и семена / П. А. Сергеев, Г. Д. Харьков, А. С. Новоселова. – М. : Колос, 1973. – 288 с.
9. Boron [Electronic resource] // PlantProbs.net. – Mode of access. – <http://plantprobs.net/plant/nutrientImbalances/boron.html>. – Data of access: 5.12.2020 г.

Поступила 7 декабря 2020 г.

# • ЧТОБЫ ПОМНИЛИ •



---

---

## ПАМЯТИ ЛЮДМИЛЫ НИКОЛАЕВНЫ ЛУЧЕНОК

---

---

*22 декабря 2020 г. на 49-м году жизни в результате внезапной болезни скоропостижно скончалась заведующая лабораторией использования торфяных комплексов РУП «Институт мелиорации» Людмила Николаевна Лученок.*

*Известный специалист в области сельскохозяйственного использования торфяных почв, растениеводства, земледелия, биохимии почв и растений, она родилась 26 февраля 1971 г. В 1988 г. поступила в Белорусский государственный университет и успешно окончила его.*

*Еще во время учебы в университете Людмила Николаевна проявила склонность к научным исследованиям, поэтому при распределении она была направлена на работу в РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Молодого талантливого сотрудника сразу же определили в аспирантуру института, где Людмила Николаевна защитила диссертационную работу на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук по специальности «Агрохимия».*

*Молодого ученого увлекла проблема повышения эффективности сельскохозяйственного использования торфяных почв.*

*В 2004 г., в связи со спецификой исследований, она перешла на работу в РУП «Институт мелиорации», где возглавила одну из важнейших лабораторий.*

*Коллеги высоко ценили Людмилу Николаевну за деловые качества, энергию, умение добиваться поставленных целей и в то же время теплое отношение к сотрудникам и готовность всегда помочь им.*

*Мы потеряли высококвалифицированного специалиста, проводившего изыскания на самых передовых рубежах сельскохозяйственной науки. Остается выразить надежду, что ученики Людмилы Николаевны продолжат ее многогранную, плодотворную работу и реализуют потенциал, который создан этим безвременно ушедшим исследователем.*

*Дирекция Института мелиорации и все, кто работал с Людмилой Николаевной, скорбят о невозполнимой утрате.*

*Благодарная. добрая память о Людмиле Николаевне Лученок навсегда останется в наших сердцах.*

*Дирекция и сотрудники РУП «Институт мелиорации»*






---



---

**ИВАН ВАСИЛЬЕВИЧ  
МИНАЕВ  
(к 90-летию)**

---



---

*И. В. Минаев родился 12 ноября 1930 г. в дер. Верхние Савинки Белевского р-на Тульской обл. В 1939 г. семья Ивана Васильевича переехала на новостройку в г. Новомосковск, где он закончил среднюю школу. В 1949 г. он поступил в Московский электромеханический институт инженеров железнодорожного транспорта имени Ф. Э. Дзержинского, в 1950 г. перевелся в Московский гидромелиоративный институт, который успешно окончил в 1954 г. и получил специальность инженера-гидротехника.*

*Поступил в аспирантуру и по совместительству работал старшим инженером научно-исследовательского бюро института. В 1957 г. по направлению Министерства сельского хозяйства СССР И. В. Минаев работал старшим экскурсоводом павильона «Водное хозяйство и сельские ГЭС» на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке, затем – доцентом в Каменец-Подольском сельскохозяйственном институте, вел курс сельскохозяйственных мелиораций (1959–1961).*

*В 1961 г. был избран по конкурсу на должность старшего научного сотрудника Научно-исследовательского института водных проблем АН БССР (Минск). Работал заведующим отделом методов защиты от вредного воздействия вод в Институте водных проблем АН БССР (1961–1967), доцентом кафедры гидротехнического и гидромелиоративного строительства Белорусского политехнического института (1967–1978), в 1973–1975 гг. – преподавателем-консультантом Гаванского университета (Куба). С 1978 по 1999 гг. Иван Васильевич был заведующим лабораторией охраны природы БелНИИ мелиорации и луговодства, профессором кафедры гидротехнического и энергетического строительства Белорусской государственной политехнической академии (1999–2002).*

*Кандидат технических наук (1959), доктор технических наук (1989), член-корреспондент Белорусской инженерной академии (1999). Автор более 140 научных работ, в том числе 9 изобретений, 2 монографий в области водного хозяйства, мелиорации сельскохозяйственных земель, охраны природы при мелиорации.*

*Иван Васильевич Минаев – член двух специализированных советов по защите диссертаций. За большой вклад в развитие мелиорации земель и охраны природы он был награжден Почетными грамотами Минводхоза СССР и БССР, БелНИИМиВХ, бронзовой медалью ВДНХ СССР, медалью «Ветеран труда».*

# • НАШИ ЮБИЛЯРЫ •



---

---

## НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ АВРАМЕНКО (к 75-летию)

---

---

*Н. М. Авраменко родился 31 июля 1950 г. в дер. Чистики Горецкого р-на Могилевской обл. После окончания в 1973 г. гидромелиоративного факультета Белорусской сельскохозяйственной академии направлен на Полесскую опытно-мелиоративную станцию (ПОМС) Белорусского НИИ мелиорации и водного хозяйства (пос. Полесский Лунинецкого р-на Брестской обл.) для работы в должности старшего инженера отдела мелиорации. С мая 1974 г. по май 1975 г. служил в рядах Советской Армии, а после службы возвратился на прежнее место работы.*

*В 1983 г. без отрыва от производства окончил аспирантуру Белорусского НИИ мелиорации и водного хозяйства, в период 1987–1990-х гг. работал секретарем парткома Полесской опытно-мелиоративной станции. В октябре 1990 г. назначен заведующим лабораторией мелиорации ПОМС.*

*В 1992 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему «Орошение культурных пастбищ подземными водами на торфянисто-глеевых почвах Полесья» и получил ученую степень кандидата технических наук. В 1999–2001 гг. был заведующим лабораторией мелиорации и исполняющим обязанности заместителя директора по научной работе Полесской опытной станции. С января 2002 г. по декабрь 2004 г. работал заместителем директора по научной работе той же станции, получившей новое название – Республиканское унитарное предприятие «Полесская опытная станция мелиоративного земледелия и луговодства» (РУП «ПОСМЗиЛ») Национальной академии наук Беларуси.*

*С декабря 2004 г. по февраль 2009 г. заведовал лабораторией мелиорации и эксплуатации гидромелиоративных систем РУП «ПОСМЗиЛ». Затем до ноября 2018 г. был заместителем директора опытной станции по научной работе и одновременно заведующим отделом мелиорации и эксплуатации гидромелиоративных систем. С ноября 2018 г. работает заместителем директора Государственного предприятия «Полесская опытная станция» по научной работе и заведует научно-исследовательским отделом мелиорации, рекультивации и охраны земель.*

*На протяжении всего периода работы Николай Михайлович Авраменко занимался научным обеспечением развития мелиоративной отрасли, участвовал в разработке*

приемов управления водно-воздушным режимом торфяных почв при помощи шлюзования, дождевания, вертикального дренажа и технологических нормативов строительства и эксплуатации осушительно-увлажнительных систем в Полесье.

В последние годы Николай Михайлович активно участвует в разработке принципиальных схем реконструкции мелиоративных систем Полесского региона. Под его непосредственным руководством разработаны и внедряются в производство ресурсосберегающие экологически безопасные конструкции выборочного дренажа, колонок-поглотителей и многофункциональных копаней, применяющихся при реконструкции мелиоративных систем на антропогенно преобразованных торфяных почвах Полесья. В 2010 г. под его руководством в рамках выполнения региональной научно-технической программы Брестской области для условий Полесья разработаны конструкции самотечно-насосных систем, использование которых исключает углубление водоприемников при реконструкции мелиоративных систем. В 2013 г. в рамках выполнения этой же программы под руководством Н. М. Авраменко разработана методика определения расчетных модулей стока и интенсивности отвода избыточных вод для мелиоративных систем Белорусского Полесья в современных климатических и гидрогеологических условиях, которая успешно применяется ОАО «Полесье-гипроводхоз» в проектах реконструкции мелиоративных систем Брестской обл.

В 2013–2016 гг. при финансовой поддержке Программы развития ООН под руководством Н. М. Авраменко апробирована технология использования в условиях Полесья антропогенно преобразованных торфяных почв по методу песчано-смешанной культуры, позволяющая существенно улучшить агрофизические свойства и водный режим почв, повысить агрономическую, экономическую эффективность и экологическую безопасность при их сельскохозяйственном использовании.

Николай Михайлович Авраменко – автор более 140 научных работ, в том числе 4 монографий, 5 изобретений. В 2017 г., объявленном в Беларуси Годом науки, он опубликовал монографию «Мелиорация Белорусского Полесья: 70-летию Полесской опытной станции мелиоративного земледелия и луговодства посвящается», в которой обобщены итоги мелиорации Полесья и развития мелиоративной науки региона, начиная с 16 в. В 2020 г. Авраменко опубликовал монографию «Водный баланс торфяных почв на орошаемых пастбищах Полесья», в которой представил результаты многолетних исследований.

В 2011 г. за многолетний труд по научному обеспечению мелиорации Департамент по мелиорации и водному хозяйству Беларуси наградил Н. М. Авраменко нагрудным знаком «Почетный мелиоратор». За значительные достижения в мелиоративной науке Указом Президента Республики Беларусь от 11 мая 2018 г. Н. М. Авраменко награжден медалью «За трудовые заслуги». Успехи Николая Михайловича в работе отмечены также Почетными грамотами Лунинецкого райисполкома и РУП «Институт мелиорации» НАН Беларуси.

Дирекция и коллектив РУП «Институт мелиорации» благодарит Вас, дорогой Николай Михайлович, за долголетнее плодотворное сотрудничество и сердечно поздравляет с юбилеем. Желаем крепкого здоровья, дальнейших успехов в научной работе, оптимизма, благополучия, счастья Вам и Вашим близким.

## 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 предоставления рукописей статей**, представленном на сайте РУП «Институт мелиорации». Режим доступа: <https://niimel.by>, «журнал «Мелиорация».

3. Статья должна быть написана на русском языке и включать блок информации на английском языке.

4. Объем статьи должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 тыс. печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), но не более 0,5 авторского листа (20 тыс. печатных знаков), включая текст, иллюстрации, таблицы, библиографию.

5. Представляемые материалы должны включать следующие элементы: индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК); ключевые слова на русском и английском языках; аннотацию на русском и английском языках (500 знаков); введение; основную часть, включающую графики и рисунки; заключение, завершаемое четко сформулированными выводами; список цитированных источников, согласно Постановлению ВАК Беларуси от 28.02.2014 № 3 (гл. 5. Структура и оформление научных публикаций по теме диссертации).

6. В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по исследуемой проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

7. Основная часть статьи должна содержать описание методики, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами). 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 25.06.2014 № 159, располагается в конце текста, источники нумеруются согласно порядку цитирования в тексте и заключаются в квадратные скобки (например: [1], [2]). Обязательно указывается общее количество страниц в книге или номера страниц от начала до окончания статьи. 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. Обязательно прилагаются распечатанные на бумажных листах 2 экземпляра статьи, подписанные авторами.

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 брать из гарнитуры «Symbol». Математические формулы ( $\lim$ ,  $\sum$ ,  $\ln$ ,  $\sin$ ,  $\Re$ ,  $\Im$  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 см<sup>2</sup>, размер сложных – не более 130–160 см<sup>2</sup>.

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.

*Уважаемые читатели!*

*В 2019 году распоряжением Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 февраля 2019 года №21-р наш журнал включен в Перечень научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.*

*Приглашаем научных работников Беларуси и ближнего и дальнего зарубежья присылать статьи для размещения в журнале «Мелиорация».*

*Адрес электронной почты: [info@niimel.by](mailto:info@niimel.by).*