МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ, СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сборник научных трудов по материалам
Международной научно-практической конференции
студентов, магистрантов и аспирантов

Горки, 19 мая 2026 г.

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2026

УДК 001.895:626.8(06)
ББК 38.778я43
И66

Редакционная коллегия:
Ю. Н. Дуброва (гл. ред.), О. П. Мешик
А. С. Кукреш (отв. секретарь)

Рецензенты:
кандидат технических наук, доцент,
директор РНДУП «Институт мелиорации» А. С. Анженков;
кандидат технических наук, доцент,
декан факультета инженерных систем и экологии
УО «Брестский государственный технический университет»
О. П. Мешик

И66 **Инновационные подходы в мелиорации земель, сельском хозяйстве и строительстве** : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов / редкол.: Ю. Н. Дуброва (гл. ред.) [и др.]. – Горки : Бел. гос. с.-х. акад., 2026. – 148 с.
ISBN 978-985-882-890-5.

В сборнике приведены научные статьи студентов, магистрантов, аспирантов, представленные на конференции «Инновационные подходы в мелиорации земель, сельском хозяйстве и строительстве».

Ответственность за достоверность предоставленной информации несут авторы. Предназначен для студентов, магистрантов и аспирантов, занимающихся научно-исследовательской деятельностью.

УДК 001.895:626.8(06)
ББК 38.778я43

ISBN 978-985-882-890-5

© Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2026

УДК 631,6
Бараченя А. Н., студентка 3-го курса

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Научный руководитель – **Васильев В. В.**, канд. техн. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Мелиорированные земли занимают особое место в аграрном секторе Республики Беларусь. Существенная часть пашни и кормовых угодий была вовлечена в сельскохозяйственный оборот именно благодаря проведению мелиоративных мероприятий, прежде всего осушению избыточно увлажненных земель [6]. При этом сама по себе мелиорация не гарантирует высокой и устойчивой продуктивности: решающее значение имеет эффективность сельскохозяйственного использования мелиорированных угодий.

Ведение сельскохозяйственного производства на больших площадях мелиорированных угодий требует решения ряда вопросов организационного и экономического характера. Опыт показывает, что недоборы урожаев на мелиорированных землях в засушливые годы меньше, чем в годы с высоким переувлажнением. Особенно отрицательно сказывается высокое переувлажнение на осушенных землях тяжелого механического состава. Поскольку мелиорированные земли – это пониженные участки рельефа, то большой ущерб урожаю наносят часто повторяющиеся поздневесенние и раннеосенние заморозки. Более подвержены заморозкам сельхозкультуры на осушенных торфяно-болотных почвах. По этой причине с определенным риском здесь связано возделывание не только пропашных, но и зерновых культур.

Экономическая эффективность мелиорации обуславливается ее влиянием на общий производственный уровень хозяйств. Переход к заключению договоров ПМС с хозяйствами на эффективное использование мелиорированных земель обуславливает возрастающее значение правильного использования осушенных земель, увеличение их продуктивности. В настоящее время уровень использования осушенных земель практически невозможно определить на основе статистических данных, так как не ведется раздельный учет производства продукции на мелиорированных землях.

Цель работы – рассмотреть теоретические и практические аспекты эффективности сельскохозяйственного использования мелиорированных земель в Республике Беларусь, выявить основные проблемы и обозначить пути их решения.

Актуальность темы обусловлена несколькими обстоятельствами. С одной стороны, мелиорированные земли обладают высоким потенциалом урожайности и позволяют существенно нарастить производство сельскохозяйственной продукции [2]. С другой стороны, значительная часть мелиоративных систем была построена десятилетия назад и в настоящее время нуждается в реконструкции и адаптации к современным условиям хозяйствования и климатическим изменениям [1]. Кроме того, усиливаются требования к экологической устойчивости использования земель, сохранению почвенного плодородия и качеству водной среды.

Объектом исследования являются мелиорированные сельскохозяйственные земли Республики Беларусь. Предметом исследования выступают производственные, экономические и экологические показатели эффективности их использования.

Изучение проблематики. Одной из нерешённых проблем повышения эффективности использования мелиорированных сельскохозяйственных земель Республики Беларусь на сегодняшний день является обеспечение полного финансирования восстановительных работ мелиоративных систем и земель [1]. Выполнение указанных работ должно обеспечить восстановление свойств мелиорированных земель до их первоначального уровня, полученного после проведения мелиорации, а соответственно повысить эффективность деятельности сельскохозяйственных организаций, имеющих в пользовании значительную долю мелиорированных сельскохозяйственных земель [1].

Эффективность деятельности сельскохозяйственных предприятий в значительной степени зависит от плодородия и состава имеющихся земельных ресурсов. Современное состояние использования мелиорированных земель в сельскохозяйственной деятельности характеризуется снижением эффективности по отношению к первоначальному уровню после проведения масштабной мелиорации на территории страны, соответственно допускаются снижение объемов производства сельскохозяйственной продукции и эффективности деятельности субъектов хозяйствования имеющих значительную долю осушенных земель. Единственным источником проведения ремонта и реконструкции мелиорированных сельскохозяйственных земель является бюджетное

финансирование в рамках государственных программ, в связи с чем была поставлена задача провести исследования по поиску альтернативных источников финансирования указанных работ, а также их окупаемости, за счет получения дополнительного объема сельскохозяйственной продукции. В настоящее время для увеличения производства продукции сельского хозяйства экстенсивные источники роста практически исчерпаны. Возникают проблемы, связанные с обеспечением материальными, финансовыми и трудовыми ресурсами, состоянием материально-технической базы, производственной и социальной инфраструктуры [8]. Отражением негативных внутренних процессов явилось усиление диспропорций в отраслевой структуре агропромышленного комплекса, замедление темпов роста производства в сельскохозяйственных организациях [3].

Нарушение правил пользования мелиоративной системой сельскохозяйственными предприятиями приводит к захламлению каналов посторонними предметами, переезду транспорта через каналы в неустановленных местах, выпасу скота на откосах каналов и дамб вспашке земли на расстоянии не менее чем 1 м от бровки канала, изменению состояния поверхности и структуры почвы в результате уплотнения ее сельскохозяйственной техникой [7]. Это приводит к нарушению оптимальных агротехнических сроков посева и уборки сельскохозяйственных культур, условий их выращивания и в результате к значительному снижению продуктивности мелиорированных земель.

Экономическая эффективность капитальных вложений в строительство гидромелиоративных систем, в том числе польдеры, в конечном счете предопределяется результатами сельскохозяйственного производства, развивающегося на мелиорированных землях.

Результаты же сельскохозяйственного производства выражаются, прежде всего, продуктивностью используемых земельных угодий. Более того, высокий урожай продуктивности угодий выступает первоосновой достижения высокого уровня по всем показателям экономической эффективности растениеводства, а через него и животноводства [4].

Многочисленные исследования, проведенные в прошлые годы, убедительно доказали, что по мере повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий, растет производительность труда сельскохозяйственных работников, наблюдается возможность повышения рентабельности отрасли растениеводства и животноводства, увеличиваются суммы прибыли, получаемой хозяйствами от реализации произведенной сельскохозяйственной продукции. Вот почему улучшению

использования сельскохозяйственных угодий необходимо постоянно уделять внимание. Однако особенно большое народнохозяйственное значение имеет высокоэффективное использование каждого гектара мелиорированных угодий [8].

На мелиорированных землях предлагается формировать травопольные зернонасыщенные севообороты, где будут минимальны посевы пропашных и технических культур. На минеральных землях целесообразно создавать интенсивные пропашные севообороты с относительно высокими площадями картофеля, овощей, кормовой и сахарной свеклы. Для таких севооборотов необходимо обеспечивать минимально допустимые площади полей, позволяющие формировать и эффективно использовать шлейф почвообрабатывающих и уборочных машин [5].

Заключение. Эффективность сельскохозяйственного использования мелиорированных земель в Республике Беларусь представляет собой комплексную проблему, включающую производственные, экономические и экологические аспекты. Проведенный анализ показывает, что, несмотря на высокий потенциал мелиорированных земель, их фактическая продуктивность часто оказывается ниже расчетной из-за недостаточного финансирования восстановительных работ, нарушения правил эксплуатации мелиоративных систем и неоптимального использования ресурсов.

Научные исследования указывают на необходимость внедрения экономико-математического моделирования для оптимизации распределения ресурсов, выделяемых на эксплуатацию мелиоративных систем. Применение таких подходов позволяет увеличить объем сельскохозяйственного производства в среднем на 20 % и получить более высокий экономический эффект.

Особое значение приобретают вопросы реконструкции мелиоративных систем. Как отмечается в исследованиях, посвященных особенностям хозяйственных мероприятий при реконструкции, комплексный подход к проведению этих работ позволяет повысить качество проектно-сметной документации и эффективность самой реконструкции.

Важным направлением повышения эффективности является также учет экологических факторов. Экологически безопасное природопользование на мелиорированных землях должно стать основой для их устойчивого функционирования в долгосрочной перспективе.

Таким образом, повышение эффективности использования мелиорированных земель требует комплексного подхода, включающего оп-

тимизацию финансирования, внедрение современных методов планирования и управления, реконструкцию устаревших мелиоративных систем и строгое соблюдение экологических требований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондерешко, А. А. Повышение эффективности использования мелиорированных сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / А. А. Кондерешко // Экономика агропромышленного комплекса. – 2022. – № 22. – С. 22–26.

2. Мелиорация земель как фактор интенсификации сельского хозяйства Республики Беларусь // Дом и пресса. – 2014.– № 11. – С. 12–14.

3. Нестеренко, Е. К. Экономическая эффективность мелиорированных земель / Е. К. Нестеренко // Вестник БГЭУ. – 2001. – С. 103–121.

4. Основные направления повышения эффективности использования мелиорированных земель // Аграрная экономика. – 2023. – № 8. – С. 10–15.

5. Галковский, А. И. Экономическая эффективность использования мелиорированных земель в сельскохозяйственном производстве : дисс. … канд. экон. наук : 08.00.05 / А. И. Галковский ; Полесский государственный университет. – Пинск, 2015. – 140 с.

6. Копытовских, А. А. Метод оценки эффективности работы мелиоративных систем по состоянию водного режима на мелиорированных землях / А. А. Копытовских // Мелиорация. – 2020. – № 2. – С. 12–20.

7. Повышение эффективности сельскохозяйственного использования мелиорированных земель // Вести БелНИИ мелиорации. – 2002.

8. Экономическая эффективность мелиорации / Актуальные проблемы экономики АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Пинск : ПолесГУ, 2023. – С. 45–50.

УДК 631,6

Бараченя А. Н., студентка 3-го курса

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРОВАНЫХ ЗЕМЕЛЬ ГОРЕЦКОГО РАЙОНА

*Научный руководитель – **Васильев В. В.**, канд. техн. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Мелиорированные земли занимают особое место в аграрном секторе Республики Беларусь. Существенная часть пашни и кормовых угодий была вовлечена в сельскохозяйственный оборот именно благодаря проведению мелиоративных мероприятий, прежде всего осушению избыточно увлажненных земель. При этом сама по себе мелиорация не гарантирует высокой и устойчивой продуктивности: решающее значение имеет эффективность сельскохозяйственного использования мелиорированных угодий.

На 1 января 2025 г. общая площадь мелиорированных земель в Республике Беларусь составила 3 275 тыс. га, или 74 % мелиоративного фонда переувлажненных земель, требующих проведения первоочередного осушения. Среди осушенных земель 2 828,6 тыс. га занимают сельскохозяйственные земли (из них пахотные – 1 529,7 тыс. га, луговые – 1 292,6 тыс. га) [1].

Экономическая эффективность мелиорации обуславливается ее влиянием на общий производственный уровень хозяйств, что обуславливает возрастающее значение правильного использования осушенных земель, увеличение их продуктивности. В настоящее время уровень использования осушенных земель практически невозможно определить на основе статистических данных, так как не ведется раздельный учет производства продукции на мелиорированных землях. Поэтому эффективность мелиорации определяется через удельный вес осушенных земель в общей площади сельхозугодий [2]. Эффективность использования осушенных земель в Горецком районе определялась по результатам работы хозяйств за 2024 г., которые были разделены на 3 группы по удельному весу осушенных земель в общей площади сельхозугодий. В первую группу включены хозяйства, имеющие до 20 %, во вторую от 20 до 25 % и в третью свыше 25 % осушенных земель (таблица).

Влияние степени мелиорированности почв на эффективность сельскохозяйственного производства в хозяйствах Горецкого района

Показатели	Группа хозяйств по удельному весу осушенных земель в общей площади сельхозугодий			III группа, в % к 1 группе
	до 20 %	20–25 %	свыше 25 %	
Качество хозяйств в группе	2	3	3	–
Удельный вес осушенных земель в общей площади с.-х. угодий, %	10,35	22,17	34,47	333
Выход к. ед. с 1 га с.-х. угодий ц к. ед.	30,35	35,57	32,83	108,2
Качественная оценка с.-х. угодий	31,55	30,8	30,56	96,9
Затраты труда на 1 га с.-х. угодий, чел.-дн.	15,4	14,43	14,83	96,3
Стоимость ОПФ с.-х. назначения на 1 га с.-х. угодий, млн руб.	7,9	6,8	9,8	124,1
Энергетические мощности на 1 га с.-х. угодий, л. с.	1,6	1,93	2,03	127,1
Внесено минеральных удобрений на 1 га с.-х. угодий, т	135	130	133,7	99,0
Внесено органических удобрений на 1 га с.-х. угодий, т	2,6	9,8	6,7	257,7
Урожайность зерновых, ц/га	35,25	35,6	37,03	105,1

Как видно из таблицы, в предприятиях, имеющих больший удельный вес осушенных земель, выше выход кормовых единиц с 1 га сельхозугодий на 8,2 % и качественная оценка сельхозугодий на 10,7 %, даже при меньшем количестве вносимых минеральных удобрений. Это значит, что осушение земель способствует интенсификации сельскохозяйственного производства и увеличению выхода продукции на единицу земельной площади.

Сложность экономических явлений в сельскохозяйственном производстве обуславливается тем, что его результаты складываются из большого количества взаимосвязанных факторов. Для определения их влияния на величину продуктивности сельхозугодий было решено построить корреляционную модель. Применение корреляционного анализа связано с определенными трудностями, так как не все факторы, определяющие величину продуктивности угодий, имеют количественную характеристику. Некоторые из них не поддаются количественному выражению или не предусмотрены формами учета и отчетности.

В модель были включены факторы, определяющие уровень мелиоративного состояния угодий, их качественная оценка и экономические факторы, которые в совокупном взаимодействии с указанными определяют уровень продуктивности как мелиорированных, так и всех земель:

X – удельный вес осушенных земель в общей площади сельхозугодий, %;

X_2 – качественная оценка сельхозугодий, баллы;

$X_з$ – затраты труда на 1 га сельхозугодий, чел.-ч;

X_4 – приходится на 1 га сельхозугодий основных производственных фондов, сельскохозяйственного назначения, руб.;

X_5 – энергетические мощности на 1 га сельхозугодий, л. с;

X_6 – внесено минеральных удобрений на 1 га сельхозугодий, ц д. в.;

X_7 – внесено органических удобрений на 1 га сельхозугодий, т.

В качестве результативного признака (У) принят обобщающий показатель по выходу центнеров кормовых единиц с 1 га сельхозугодий.

Совокупное действие изучаемых факторов на продуктивность, сельхозугодий выражается уравнением множественной регрессии:

$$У_x = 76{,}3 + 0{,}137X_1 + 0{,}344X_2 + 2{,}52X_3 – 0{,}216X_4 + 1{,}94X_5 – 0{,}736X_6 + 0{,}287X_7 .$$

Коэффициент множественной корреляции равен 0,84, что свидетельствует о достаточно тесной связи между рассматриваемыми показателями и продуктивностью сельхозугодий, которая предопределяет-

ся учитываемыми факторами в среднем на 70 %. Увеличение удельного веса в сельхозугодьях осушенных, земель на 1 % обеспечит прибавку продукции соответственно на 0,137 ц к. ед. с гектара. Продуктивность сельхозугодий повысится при дополнительном внесении органических удобрений, а повышение качественной оценки сельхозугодий только на 1 балл приведет к росту их продуктивности на 0,344 ц к. ед. с гектара.

Данные статистических группировок оказались довольно близкими к результатам корреляционного анализа, проведенного по рассматриваемой совокупности хозяйств. Между ними имеется логическая взаимосвязь. Это говорит о том, что при построении экономико-математической модели анализа продуктивности культур регрессионный анализ всегда должен сопровождаться предварительной оценкой взаимосвязи явлений при помощи статистических группировок. При такой схеме анализа можно достигнуть более полной и всесторонней оценки влияния факторов на продуктивность культур.

К числу неучтенных в модели факторов, но имеющих немаловажное значение для дальнейшего повышения продуктивности земель следует отнести совершенствование проводимых мелиоративных мероприятий, внедрение высокоурожайных сортов и научно обоснованных севооборотов, широкое применение прогрессивных технологий, агротехнических и химических способов борьбы с сорняками. На тяжелых мелиорированных почвах эффективность удобрений и других агромероприятий значительно повышается при выравнивании поверхности и применении глубокой обработки. Учет этих факторов в работе позволит повысить эффективность сельскохозяйственного использования мелиорированных земель [3].

ЛИТЕРАТУРА

1. Статистический сборник: сельское хозяйство Республики Беларусь / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Мн., 2025. – 36 с.

2. Кулик, Ю. В. Эффективность сельскохозяйственного использования мелиорированных земель Дрогичинского района / Ю. В. Кулик // Актуальные проблемы мелиорации и сельского строительства - 2020: материалы студенческой научной конференции, посвященной 180-летию УО БГСХА, 28–29 мая 2020 г. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 76–79.

3. Васильев, В. В. Методика определения эффективности использования мелиорированных земель / В.В. Васильев, Н. В. Васильева // Материалы международной научно-практической конференции, Горки, 11–12 апреля 2024 г. – С. 26–31.

УДК 631.6:[631.16:658.155]
Бараченя А. Н., студентка 3-го курса

ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ

*Научный руководитель – **Васильев В. В.**, канд. техн. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Основными путями повышения экономической эффективности инвестиций в мелиорацию и достижения проектного уровня урожайности являются рост плодородия земли и увеличения продукции с 1 га мелиорированных земель путем внедрения прогрессивных систем ведения сельского хозяйства. Очень важным является правильный подход к выбору объектов осушения и реконструкции, включение объектов с высоким потенциалом плодородия почвы в первоочередные. Для технико-экономического обоснования мелиоративного строительства применяется система взаимосвязанных натуральных и стоимостных показателей. Следует отметить, что эффективность мелиорации принято определять по эффекту сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях. Мелиорированные земли составляют почти половину всех сельскохозяйственных угодий. С них получают треть всей продукции земледелия, в том числе более 30 % кормов.

Общая площадь мелиорированных земель в республике составляет 3,4 млн га, из них 2,9 млн га занимают сельскохозяйственные земли, в том числе пахотные – 1,2 млн га и луговые – 1,7 млн га [1].

Экономическая эффективность мелиорации обуславливается ее влиянием на общий производственный уровень хозяйств. Эффективность использования осушенных земель в Горецком районе определялась по результатам работы хозяйств за 2024 г. Сложность экономических явлений в сельскохозяйственном производстве обуславливается тем, что его результаты складываются из большого количества взаимосвязанных факторов. Для определения их влияния на величину продуктивности сельхозугодий было решено построить корреляционную модель. В модель были включены факторы, определяющие уровень мелиоративного состояния угодий, их качественная оценка и экономические факторы, которые в совокупном взаимодействии с указанными определяют уровень продуктивности как мелиорированных, так и всех земель:

X_1 – количество осушенных земель, %;

X_2 – качественная оценка сельскохозяйственных угодий, балл;

X_3 – затраты труда на 1 га сельскохозяйственных угодий, чел.-ч;

X_4 – стоимость ОПФ сельскохозяйственного назначения 1 га сельскохозяйственных угодий, тыс. руб.;

X_5 – энергетические мощности на 1 га сельскохозяйственных угодий, л. с.;

X_6 – внесено минеральных удобрений на 1 га сельскохозяйственных угодий, кг д. в.;

X_7 – внесено органических удобрений на 1 га сельскохозяйственных угодий, т.

В качестве результативного признака $У_x$ принят обобщающий показатель по выходу центнеров кормовых единиц с 1 га сельхозугодий. Совокупное действие изучаемых факторов на продуктивность, сельхозугодий выражается уравнением множественной регрессии:

$$У_x = 76{,}3 + 0{,}137\ X_1 + 0{,}344\ X_2 + 2{,}52\ X_3 - 0{,}216\ X_4 + 1{,}94\ X_5 - 0{,}736\ X_6 + 0{,}287\ X_7.$$

Коэффициент множественной корреляции равен 0,84, что свидетельствует о достаточно тесной связи между рассматриваемыми показателями и продуктивностью сельхозугодий, которая предопределяется учитываемыми факторами в среднем на 70 %. Увеличение удельного веса в сельхозугодиях осушенных земель на 1 % дает повышение продуктивности на 0,137 ц к. ед. с гектара. Продуктивность сельскохозяйственных угодий повысится при дополнительном внесении органических удобрений, а повышение качественной оценки сельскохозяйственных угодий на 1 балл приведет к росту их продуктивности на 0,344 ц к. ед. с гектара.

Это значит, что хозяйства, имеющие больший удельный вес осушенных земель, имеют более высокую продуктивность сельскохозяйственных угодий. Обеспечивается это за счет своевременной и качественной реконструкции мелиоративных систем.

Всегда существуют много организационно-технических вариантов использования мелиорированных земель и технологических схем сельскохозяйственного производства, отличающихся конечными результатами и степенью влияния на окружающую среду. В условиях дефицита тех или иных ресурсов к тому же имеется возможность взаимозаменяемости, как получаемой продукции, так и используемых ресурсов. Поэтому в нынешних экономических условиях актуальной проблемой при производстве сельскохозяйственной продукции на мелиорированных землях, является разработка методологии выбора наиболее опти-

мальных вариантов распределения ограниченных ресурсов, и прежде всего финансовых, между субъектами хозяйствования, использующими мелиорируемые земли, с одновременным удовлетворением требований охраны окружающей среды [2].

В этих условиях важнейшее значение для развития сельскохозяйственного производства на мелиорированных землях имеет эффективное использование накопленного ресурсного потенциала субъектов хозяйствования. Для этого необходимо выявлять и использовать внутренние возможности предприятий, направленные на совершенствование структуры производства, приводя ее в соответствие с имеющимся ресурсным потенциалом. Для решения этой задачи, используя полученную корреляционную модель для каждого хозяйства, определяем расчетную продуктивность сельскохозяйственных угодий ($У_х$) с учетом их ресурсного потенциала и сравниваем ее с фактической продуктивностью (табл. 1).

Таблица 1. **Сравнение расчетной и фактической продуктивности мелиорированных земель Горецкого района**

Наименование хозяйства	Выход к. ед. с 1 га $У_i$ (фактический)	Выход к. ед. с 1 га $У_х$ (расчетный)	$У_i - У_х$
СЗАО «Горы»	38,4	34,7	3,7
ОАО «Маслаки»	35,2	35,44	–0,24
ОАО «Агрокомбинат Горки»	31,0	29,84	1,16
ОАО «Племзавод Ленино»	24,3	25,30	–1,0
РУП «Учхоз БГСХА»	43,2	43,27	–0,07
КСУП «Овсянка»	32,3	32,59	–0,29
ОАО «Коптевская Нива»	33,1	33,0	0,1
ОАО «Горецкое»	28,4	27,73	0,67

Результаты сравнения показали, что четыре хозяйства района имеют продуктивность сельхозугодий ниже их ресурсного потенциала, что говорит о неэффективном использовании этими хозяйствами имеющегося ресурсного потенциала. Затем все хозяйства разбиваются на две группы: в первую включаются хозяйства с высоким уровнем использования ресурсного потенциала ($У_i > У_х$), т. е. у которых фактическое значение результативного показателя больше расчетного, а во вторую – с низким ($У_i < У_х$) (табл. 2).

Таблица 2. **Группы хозяйств по уровню использования ресурсного потенциала**

1-я группа хозяйств ($У_i > У_х$)	2-я группа хозяйств ($У_i < У_х$)
СЗАО «Горы»	ОАО «Маслаки»
ОАО «Агрокомбинат Горки»	ОАО «Племзавод Ленино»
ОАО «Коптевская Нива»	РУП «Учхоз БГСХА»
ОАО «Горецкое»	КСУП «Овсянка»

В зависимости от уровня использования ресурсов, оценки эффективности хозяйствования и процентного содержания мелиорированных сельхозугодий производится распределение ограниченных ресурсов между хозяйствами, т. е. средства в первую очередь должны выделяться на эксплуатацию мелиоративных систем, которые принадлежат хозяйствам с высоким уровнем использования ресурсного потенциала, т. е. хозяйствам 1-й группы. Использование такого подхода позволит получить больший экономический эффект от использования средств, выделенных на эксплуатацию мелиорированных земель и увеличить объем производства на 20–30 %. При этом также возможен учет оценки эффективности хозяйствования на мелиорированных землях с точки зрения размещения производства. В этом случае полезно использовать коэффициент эффективности размещения производства ($К_р$), который определяется по формуле:

$$К_р = \frac{Ц \cdot У_н}{ПЗ_н},$$

где Ц – средняя (по району) цена реализации на 1 ц продукции, руб.;

$У_н$ – удельная норма производства при среднем по району уровне хозяйствования, ц;

$ПЗ_н$ – нормативная удельные производственные затраты, руб.

Данный показатель отражает нормативную окупаемость затрат при производстве конкретного вида продукции в анализированном хозяйстве. Сравнивая значения $К_р$ по разным культурам (отраслям животноводства) в масштабах района, можно судить о природно-экономических условиях производства конкретной культуры (вида животноводческой продукции) в отдельных хозяйствах, использующих мелиорированные земли [3].

Учитывая разные требования сельскохозяйственных культур к водному режиму в период вегетации, на мелиорированных землях необходимо проведение постоянного контроля за состоянием водного режима почвы. Получение устойчиво высоких урожаев сельскохозяй-

ственных культур на мелиорированных землях возможно только при регулировании водного режима почвы. В этой связи управление водным режимом на мелиорированных землях является одним из важнейших факторов повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Реализации этих мер позволит превратить, мелиорированные земли в гарантированный источник получения сельскохозяйственной продукции не зависимо от погодных условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 1 февр. 2021 № 59 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Мн., 2021. – 115 с.

2. Васильев, В. В. Оптимизация использования мелиорированных земель / Современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия: сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. – Тверь: ФГБНУ ВНИИМЗ, 2015. – С. 272–278.

3. Кулик, Ю. В. Оптимизация использования средств при эксплуатации мелиорированных земель / Ю. В. Кулик // Актуальные проблемы мелиорации и сельского строительства – 2020: материалы студенческой научной конференции, посвящённой 180-летию УО БГСХА, 28–29 мая 2020 г. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 79–84.

УДК 631.67

Данькова С. Б., магистр с.-х. наук

СПОСОБЫ ОРОШЕНИЯ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВОСТОЕВ: АНАЛИЗ ПРИМЕНИМОСТИ ДЛЯ УСЛОВИЙ БЕЛАРУСИ

*Научный руководитель – **Кукреш А. С.**, канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассмотрена роль орошения в стабилизации продуктивности многолетних бобово-злаковых травостоев в условиях Беларуси. Проведен анализ основных способов орошения (поверхностный, дождевание, микроорошение, подпочвенное орошение). Обосновано, что для условий пастбищ и сенокосов наиболее технологичным и экономически целесообразным является способ дождевания. Отмечены преимущества атмосферного дождевания как перспективного направления для экономии оросительной воды.

Ключевые слова: многолетние травы, бобово-злаковые травостои, продуктивность, водный режим, орошение, дождевание, атмосферное дождевание.

Введение. Продуктивность многолетних трав в условиях Беларуси по сравнению с другими кормовыми культурами отличается наибольшей стабильностью. Поэтому именно на их основе чаще всего планируется кормовая база, формируется конвейерное производство кормов, создаются пастбища и сенокосы. Одним из главных показателей, определяющих продуктивность всех земель, является водный режим почвы. Именно он находится в экстремуме, лимитируя эффективность воздействия на сельскохозяйственные культуры других урожае образующих факторов [2].

Условия влагообеспеченности и необходимость орошения.

Атмосферные осадки являются основным источником накопления запасов влаги в почве. В летнее время в нашей стране их выпадает недостаточно для создания оптимальных условий растениям в отдельные периоды не только засушливых, средних, но и более влажных лет. Основным решением такой ситуации является организация искусственного орошения, которое позволяет получать высокую продуктивность лугопастбищных травостоев, обеспечивает постоянное и обильное нарастание зеленой массы в течение всего летнего периода, повышает кормовую ценность трав.

При орошении увеличивается вегетационный период, что позволяет растениям продолжительнее и эффективнее использовать факторы роста и развития, особенно фотосинтетически активную солнечную радиацию, и создавать более высокие урожаи. Наибольшая разница между продолжительностью вегетационных периодов при орошении и естественном увлажнении наблюдается в засушливые годы, а наименьшая – во влажные [4].

Классификация способов орошения.

Вопреки распространенному мнению, не существует универсальной «лучшей» оросительной системы. Выбор системы орошения основан на типе почвы, планируемой урожайности, экономических возможностях, качестве воды и соображениях управления.

Способ орошения – это совокупность приемов, устройств и технического оборудования, применяемых для распределения воды по орошаемому полю. Техника полива включает конкретные технические средства и технологию реализации способа орошения [1].

В настоящее время выделяют следующие основные системы орошения:

1. Поверхностное орошение – вода подается самотеком по поверхности почвы путем затопления или создания небольших каналов (бассейнов, бордюров, полей, борозд, русел).

2. Дождевание – вода подается с помощью системы форсунок (разбрызгивателей) по наземным и подземным трубопроводам. Системы подразделяют на полустационарные, стационарные и передвижные (с ходовой частью, боковыми рычагами, центральной осью).

3. Микроорошение (капельное орошение) – вода подается через устройства низкого давления и малого расхода (капельные излучатели, микроопрыскиватели) по трубопроводам малого диаметра.

4. Подпочвенное орошение – вода поступает по капиллярам непосредственно в корнеобитаемый слой из системы подпочвенных увлажнителей (керамических труб, кротовых дрен).

Приемлемость систем орошения для разных культур.

Служба по сохранению природных ресурсов (ССПР) США разделила сельскохозяйственные культуры на четыре категории, определив для каждой приемлемой методы орошения. Для **категории 2** (близко рослые культуры: мелкое зерно, люцерна, пастбище, дерн) рекомендованы следующие системы (таблица).

Приемлемые системы орошения для категорий сельскохозяйственных культур (адаптировано для пастбищ)

Оросительная система	Категория 2 (пастбища, травы)
Поверхностная	
Бассейны	х
Борозды	х
Контурная дамба	х
Дождевание	
Передвижная система на колесах	х
Линейная система с разбрызгиванием	х
Система фронтального, кругового действия	х
Микроорошение	
Точечный источник (капельное)	–
Линейный источник	х
Мини-разбрызгиватели	х

На практике каждый сельскохозяйственный регион выбирает один или два основных метода орошения, которые оказались успешными. Как видно из таблицы, для пастбищ и бобово-злаковых травостоев наиболее универсальной системой является **дождевание.**

Дождевание как оптимальный способ орошения травостоев.

Впервые термин «дождевание» ввел в массовое применение в России в 1913 г. Н. А. Демчинский, который реализовал систему, разработанную немецким инженером Гартманом (патент 1909 г.) [3].

Спринклерные (дождевальные) системы имеют два ключевых преимущества перед поверхностным орошением:

1. Поле не требует сложной выравнивания или градуировки. Крутые склоны могут повысить равномерность полива при правильном подборе диаметра труб.

2. Изменчивость свойств почвы не влияет на равномерность распределения влаги (при отсутствии стока).

Недостатком дождевания, особенно в засушливых регионах, являются потери на испарение и влияние ветра до момента достижения каплями почвы [5].

Перспективное направление: атмосферное дождевание.

Современным способом орошения дождеванием является **атмосферное дождевание**, которое дешевле наземного дождевания. Это новый, хотя и эпизодический способ, который может применяться как дополнение ко всем методам орошения, позволяя повторно использовать и экономить оросительную воду. Конденсатор Зибольда можно использовать для обводнения горных пастбищ, а при достаточном количестве воды – для орошения пастбищ, садов, виноградников, ягодников и овощей, в том числе капельным методом [3].

Заключение. Таким образом, для орошения бобово-злаковых травостоев в условиях Беларуси самым подходящим способом является **дождевание**. Оно имеет ряд преимуществ перед другими методами орошения сеяных трав: не требует идеальной планировки рельефа, равномерно увлажняет почву и совместимо с большинством типов пастбищного оборудования. Перспективным направлением развития является атмосферное дождевание, обеспечивающее экономию водных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техника полива сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / под ред. А Н. Скороходова. – Мн., 2015.

2. Водный режим почв и продуктивность агроценозов / И. И. Калюта [и др.]. – Мн.: БелНИИМЛ, 2018.

3. Демчинский, Н. А. История развития дождевальной техники в России / Н. А. Демчинский // Механизация сельского хозяйства. – 1913. – № 2.

4. Козловская, И. П. Влияние орошения на продолжительность вегетации многолетних трав / И. П. Козловская // Мелиорация. – 2020. – Т. 45. – С. 33–40.

5. Справочник по орошению / USDA NRCS. – Вашингтон, 2019.

УДК 633.2:631.8
Данькова С. Б., магистр с.-х. наук

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ УДОБРЕНИЯ И РЕЖИМОВ ОРОШЕНИЯ НА СТРУКТУРУ УРОЖАЙНОСТИ БОБОВО-ЗЛАКОВОЙ ТРАВОСМЕСИ

*Научный руководитель – **Кукреш А. С.**, канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Аннотация. В статье представлены результаты изучения влияния различных марок комплексных удобрений (монокалий фосфат, NPK(S) 8:20:30(2), НВ 101) и двух режимов орошения (70 и 80 % НВ) на элементы структуры урожайности бобово-злаковой травосмеси (клевер луговой + тимофеевка луговая). Установлено, что наибольшее положительное воздействие на густоту стеблестоя, массу 100 сырых побегов и облиственность обоих компонентов травосмеси оказало внесение удобрения марки NPK(S) 8:20:30(2). Режим орошения влиял на структуру урожайности в меньшей степени, чем фактор удобрения.

Ключевые слова: бобово-злаковая травосмесь, клевер луговой, тимофеевка луговая, структура урожайности, густота стеблестоя, масса побегов, облиственность, удобрения, орошение.

Введение. Урожайность многолетних трав, как и других сельскохозяйственных культур, формируется в результате сложного взаимодействия растений с факторами внешней среды, среди которых главную роль играют свет, тепло, влага, питательные вещества, биологические особенности возделываемых растений и их взаимоотношения в травостоях.

Биологические особенности растений и их связь с окружающей средой наиболее полно выражены **структурой урожайности**. Как отмечает профессор М. С. Савицкий [1], «по элементам структуры урожая мы можем не только выяснить, из чего складывается тот или иной урожай, но и исследовать соответствующие условия внешней среды, способствующие формированию данной или необходимой структуры урожая». На основании вскрытых закономерностей формирования урожайности разрабатываются агроприемы, направленные на максимальное использование биологических возможностей растительного организма. Элементы структуры урожайности неразрывно связаны с растением и развиваются в тесном единстве с условиями среды.

Основными элементами структуры травосмесей многолетних трав, влияющими на их урожайность, являются: количество побегов на единице площади, масса 100 сырых побегов и облиственность растений. В наших исследованиях элементы структуры урожайности определяли у всех видов трав, высеваемых в травосмесях.

Условия и методика проведения исследований.

Наукой и практикой установлено, что высокие урожаи многолетних трав формируются при оптимальной густоте стеблестоя ценных в кормовом отношении видов на единице площади, которая обеспечивается соответствующей нормой высева, устойчивостью видов в травостое, а также созданием лучших условий произрастания. Большое влияние на густоту стеблестоя оказывают возраст трав и метеорологические условия.

Исследования проводились на бобово-злаковой травосмеси (клевер луговой + тимофеевка луговая) в трех блоках увлажнения:

– блок без орошения;

– блок с орошением до 70 % НВ;

– блок с орошением до 80 % НВ.

В каждом блоке изучались следующие варианты удобрений:

1. Контроль (без удобрений);
2. Монокалий фосфат;
3. Комплексное удобрение марки NPK(S) 8:20:30(2);
4. Комплексное удобрение марки НВ 101.

Результаты исследований. Результаты определения структуры урожайности представлены в таблице. Густота стеблестоя.

Из изучаемых приемов, влияющих на густоту стеблестоя многолетних трав, самым эффективным был вариант с внесением комплексного удобрения марки **NPK(S) 8:20:30(2)**. Применение данной марки обеспечило максимальную густоту стеблестоя клевера лугового – до 437 побегов на м², что выше по сравнению с остальными вариантами и существенно выше по сравнению с контрольным вариантом. Вторым по эффективности стало использование монокалий фосфата: густота стеблестоя клевера лугового достигала 415–418 шт/м². Удобрение марки НВ 101 также оказало положительное, но менее выраженное влияние на плотность стеблестоя клевера.

На формирование плотности стеблестоя **тимофеевки луговой** наиболее эффективно повлияло применение НВ 101: плотность достигала 169–173 побегов на м². Применение монокалий фосфата и

NPK(S) 8:20:30(2) также увеличивало данный показатель, однако в меньшей степени.

Структура урожайности бобово-злаковой травосмеси в зависимости от удобрения и режима орошения

Вариант	Вид трав	Кол-во побегов, шт/м²	Масса 100 сырых побегов, г	Облиственность растений, %
Блок без орошения				
Контроль	Клевер луговой	379	420,6	26,2
	Тимофеевка луговая	160	135,4	61,2
Монокалий фосфат	Клевер луговой	415	435,0	29,2
	Тимофеевка луговая	164	136,8	62,9
NPK(S) 8:20:30(2)	Клевер луговой	410	429,8	27,8
	Тимофеевка луговая	170	140,2	64,5
Блок орошение 70 % НВ				
Контроль	Клевер луговой	371	418,6	25,9
	Тимофеевка луговая	157	135,9	60,95
Монокалий фосфат	Клевер луговой	418	437,0	29,5
	Тимофеевка луговая	160	137,2	62,7
NPK(S) 8:20:30(2)	Клевер луговой	432	444,6	31,1
	Тимофеевка луговая	166	137,9	63,2
НВ 101	Клевер луговой	402	428,7	27,4
	Тимофеевка луговая	171	139,5	64,1
Блок орошение 80 % НВ				
Контроль	Клевер луговой	367	419,1	26,1
	Тимофеевка луговая	158	136,3	61,05
Монокалий фосфат	Клевер луговой	414	434,9	29,6
	Тимофеевка луговая	164	137,2	62,5
NPK(S) 8:20:30(2)	Клевер луговой	435	446,3	30,9
	Тимофеевка луговая	169	137,9	62,8
НВ 101	Клевер луговой	409	428,0	27,1
	Тимофеевка луговая	173	139,8	64,4

Масса 100 сырых побегов.

Масса 100 сырых побегов, наряду с густотой, является важнейшим элементом структуры, определяющим уровень урожая. Она зависит от мощности развития побегов, их облиственности, условий питания и произрастания.

Наивысшие результаты по массе 100 сырых побегов прослеживались в варианте с применением **NPK(S) 8:20:30(2)**. У клевера лугового данный показатель достигал 445–446 г, у тимофеевки луговой – до 137–138 г. Наиболее эффективным удобрением для повышения массы 100 сырых побегов тимофеевки луговой оказалось внесение НВ 101 (до 140,2 г).

Облиственность растений.

Применение комплексных удобрений оказало положительное влияние на облиственность изучаемых видов. Наиболее перспективным в этом отношении также было удобрение **NPK(S) 8:20:30(2)**, которое позволило увеличить облиственность клевера лугового на 5,2 % (по сравнению с контролем), а тимофеевки луговой – на 2,2 %. Остальные марки удобрений также повышали облиственность, однако в меньшей степени. Для тимофеевки луговой наиболее благоприятной по облиственности оказалась марка НВ 101, однако по сумме двух компонентов травосмеси NPK(S) 8:20:30(2) имело преимущество.

Влияние орошения.

Сравнение блоков с различными режимами орошения (без орошения, 70 % НВ, 80 % НВ) показывает, что орошение оказывало менее значимое влияние на элементы структуры урожайности, чем фактор удобрения. В контроле (без удобрений) при орошении наблюдалось незначительное снижение густоты стеблестоя клевера (с 379 до 367–371 шт/м²) и массы побегов. В вариантах с удобрениями различия между блоками орошения были минимальными, что свидетельствует о приоритетной роли минерального питания в формировании структуры урожайности бобово-злаковой травосмеси.

Заключение.

1. Наибольшее положительное влияние на структуру урожайности бобово-злаковой травосмеси (клевер луговой + тимофеевка луговая) оказало внесение комплексного удобрения марки **NPK(S) 8:20:30(2)**. Оно обеспечило максимальные показатели густоты стеблестоя (437 шт/м² у клевера), массы 100 сырых побегов (445 г у клевера) и облиственности (30,7 % у клевера).

2. Удобрение марки **НВ 101** наиболее эффективно влияло на густоту стеблестоя и массу побегов тимофеевки луговой (до 173 шт/м² и 140,2 г соответственно).

3. **Монокалий фосфат** занимал промежуточное положение, стабильно повышая все элементы структуры урожайности, но уступая лидеру (NPK(S) 8:20:30(2)).

4. Режимы орошения (70 и 80 % НВ) не оказывали решающего влияния на структуру урожайности на фоне применения удобрений; дифференциация показателей определялась преимущественно фактором питания растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савицкий, М. С. Структура урожая сельскохозяйственных культур / М. С. Савицкий. – М.: Колос, 1973. – 280 с.

УДК 633.2:631.67:631.8

Данькова С. Б., магистр с.-х. наук

УРОЖАЙНОСТЬ БОБОВО-ЗЛАКОВОЙ ТРАВОСМЕСИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ И ОРОШЕНИЯ ДОЖДЕВАНИЕМ

*Научный руководитель – **Кукреш А. С.**, канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Аннотация. В статье представлены результаты двухфакторного полевого опыта по изучению влияния различных марок комплексных удобрений (монокалий фосфат, NPK(S) 8:20:30(2), НВ 101) и режимов орошения дождеванием (70 и 80 % НВ) на урожайность бобово-злаковой травосмеси (клевер луговой + тимофеевка луговая). Установлено, что решающее влияние на продуктивность травостоев оказал фактор удобрения, тогда как орошение в условиях проведения исследований не привело к достоверному повышению урожайности. Наибольший эффект (прибавка 13,8 % к контролю) обеспечен применением комплексного удобрения марки NPK(S) 8:20:30(2).

Ключевые слова: бобово-злаковая травосмесь, урожайность, комплексные удобрения, монокалий фосфат, NPK(S) 8:20:30(2), НВ 101, орошение дождеванием, сухое вещество.

Введение. Урожайность сельскохозяйственных культур, в том числе многолетних бобовых и злаковых трав, является функцией множества переменных факторов. Главнейшими из них выступают почвенное плодородие, условия минерального питания, биологические особенности растений, а также наличие благоприятных гидротермических

условий. Последние влияют как на потенциальное плодородие почвы, так и на эффективность усвоения элементами питания из удобрений и почвенных запасов [1, 2].

В условиях Беларуси многолетние травы являются основой полевого и лугопастбищного кормопроизводства благодаря высокой стабильности продуктивности по годам. Однако реализация их биологического потенциала невозможна без оптимизации двух ключевых факторов: **водного** и **питательного режимов**. Одним из перспективных направлений интенсификации является сочетание орошения дождеванием с применением комплексных минеральных удобрений, обладающих сбалансированным составом макро- и микроэлементов.

Цель настоящего **исследования** – оценить влияние различных марок комплексных удобрений и режимов орошения дождеванием на урожайность (в сухом веществе) бобово-злаковой травосмеси.

Условия и методика проведения исследований.

Исследования проводились на бобово-злаковой травосмеси, включающей клевер луговой (*Trifolium pratense L.*) и тимофеевку луговую (*Phleum pratense L.*). Схема опыта включала два фактора:

Фактор А – орошение дождеванием:

– блок без орошения (контроль);

– блок с орошением до 70 % наименьшей влагоемкости (НВ);

– блок с орошением до 80 % НВ.

Фактор В – комплексные удобрения:

1. Контроль (без удобрений);
2. Монокалий фосфат;
3. NPK(S) 8:20:30(2) (азотно-фосфорно-калийное удобрение с серой);
4. НВ 101 (комплексное органоминеральное удобрение).

Учет урожайности проводили методом укосов с последующим пересчетом на сухое вещество. Статистическую обработку выполняли методом дисперсионного анализа ($НСР_{05}$ для факторов А и В).

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты наших исследований по изучению влияния комплексных минеральных удобрений и орошения дождеванием на урожайность бобовых и злаковых трав в травосмесях показали, что продуктивность существенно зависела от **марки используемых комплексных удобрений**. Влияние орошения дождеванием на показатели урожайности травостоев не выявлено, что, по-видимому, связано с отсутствием дефицита влаги в период проведения опыта (достаточное количество атмосферных осадков) по всем изучаемым режимам орошения (таблица).

Урожайность бобово-злаковой травосмеси в зависимости от удобрения и орошения, т/га сухого вещества

Вариант удобрения	Блок без орошения	Орошение 70 % НВ	Орошение 80 % НВ
Контроль (без удобрений)	3,84	3,80	3,83
Монокалий фосфат	4,12	4,14	4,17
NPK(S) 8:20:30(2)	4,37	4,35	4,35
НВ 101	3,94	3,99	3,98

Статистические показатели: $НСР_{05}$ для фактора А (орошение) = 0,21; $НСР_{05}$ для фактора В (удобрения) = 0,23.

Эффективность комплексных удобрений.

Наиболее эффективным мероприятием оказалось применение комплексного удобрения марки **NPK(S) 8:20:30(2)**. При внесении данного удобрения урожайность травостоев достигала 4,35–4,37 т/га сухого вещества, что выше по сравнению с контрольным вариантом (без удобрений) на **13,8 %** (прибавка 0,53 т/га). Высокая эффективность данной марки объясняется сбалансированным соотношением азота, фосфора, калия и наличием серы (S), которая играет важную роль в синтезе белков у бобовых трав и способствует лучшей азотфиксации.

Несколько меньший, но достоверный эффект был получен от использования комплексного удобрения марки **Монокалий фосфат** ($KH_{22}PO_{44}$). Урожайность при его применении составила 4,12–4,17 т/га сухого вещества, что превышает контрольный вариант на **7,29–8,87 %** (прибавка 0,30–0,34 т/га). Монокалий фосфат является высококонцентрированным фосфорно-калийным удобрением, однако отсутствие азота в его составе ограничивает рост вегетативной массы, особенно в начале вегетации.

Применение марки комплексного удобрения **НВ 101** существенной прибавки урожайности по сравнению с контрольным вариантом не обеспечило, так как прибавка находилась в пределах ошибки опыта (3,94–3,99 т/га против 3,80–3,84 т/га). Вероятно, это связано с тем, что НВ 101 в большей степени проявляет антистрессовые свойства, а не является полноценным источником макроэлементов в условиях достаточного уровня почвенного плодородия.

Влияние орошения дождеванием.

Статистический анализ (значения $НСР_{05}$ для фактора А = 0,21) показал, что различия между блоками с орошением и без него недосто-

верны во всех вариантах удобрений. Это может объясняться следующими причинами:

1. В годы проведения исследований гидротермические условия были близки к оптимальным, и сумма атмосферных осадков обеспечивала потребности травосмеси.

2. Бобово-злаковая травосмесь обладает более высокой засухоустойчивостью по сравнению с чистыми посевами бобовых, особенно во втором и третьем укосах.

3. Порог влажности (70–80 % НВ) не являлся лимитирующим фактором на фоне достаточного выпадения естественных осадков.

Таким образом, в конкретных условиях проведения опыта орошение оказалось невостребованным приемом, что не снижает его потенциальной значимости в засушливые периоды, но указывает на приоритет минерального питания в формировании урожайности.

Заключение.

1. Наиболее эффективным приемом повышения урожайности бобово-злаковой травосмеси является внесение комплексного минерального удобрения **NPK(S) 8:20:30(2)**, обеспечивающего урожайность до 4,37 т/га сухого вещества, что на 13,8 % выше контрольного варианта.

2. Применение **монокалий фосфата** также приводит к достоверному росту урожайности (прибавка 7,3–8,9 %), однако уступает по эффективности трехкомпонентному удобрению с серой.

3. Удобрение марки **НВ 101** в условиях проведенного эксперимента существенной прибавки урожайности не обеспечило.

4. Режимы орошения дождеванием (70 и 80 % НВ) в год проведения исследований не оказали статистически значимого влияния на урожайность травосмеси, что обусловлено достаточной обеспеченностью естественными осадками. Однако потенциальная эффективность орошения может проявиться в засушливые периоды и требует дальнейшего изучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водный режим почв и продуктивность агроценозов / И. И. Калюта [и др.]. – Мн.: БелНИИМЛ, 2018. – 210 с.

2. Савицкий, М. С. Структура урожая сельскохозяйственных культур / М. С. Савицкий. – М.: Колос, 1973. – 280 с.

УДК 633.2.03:631.8:631.67
Данькова С. Б., магистр с.-х. наук
Ван Чунси, аспирант

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА НА РАЗВИТИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ БОБОВО-ЗЛАКОВОЙ ТРАВОСМЕСИ ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ ОРОШЕНИЯ

*Научный руководитель – **Кукреш А. С.**, канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение.

Корневая система растения – это специализированная часть, закрепляющая его в почве и выполняющая функции поглощения, первичного усвоения, включения в метаболизм, распределения и транспорта воды и минеральных веществ. Она является органом, в котором осуществляются многочисленные биохимические процессы и выполняется ряд специальных функций. Мощность и характер развития корневой системы в значительной мере определяют способность растений к усвоению питательных веществ и могут изменяться под влиянием условий произрастания. Развитие корневой системы и её функциональная деятельность зависят от метеорологических условий, свойств почв, её обработки, наличия и распределения элементов минерального питания, биологических особенностей культуры [1].

Бобово-злаковые травосмеси являются основой кормопроизводства и важным фактором сохранения почвенного плодородия. Их корневая система, особенно бобовый компонент (клевер луговой), обогащает почву органическим веществом и симбиотическим азотом, улучшает структуру почвы [2]. Однако в условиях интенсивного использования травостоев требуется оптимизация минерального питания, способная стимулировать рост подземных органов без угнетения симбиотической азотфиксации. Комплексные удобрения, содержащие фосфор, калий и серу, а также регуляторы роста рассматриваются как перспективный приём повышения продуктивности и устойчивости трав [3; 4]. При этом действие агрохимических приёмов существенно модифицируется водным режимом, что делает актуальным изучение их эффективности при разных уровнях орошения.

Цель работы – оценить влияние комплексных удобрений (монокалийфосфат, NPK(S) 8:20:30(2)) и регулятора роста НВ 101 на массу

воздушно-сухих корней бобово-злаковой травосмеси в неорошаемых условиях и при орошении 70 % и 80 % НВ.

Методика исследований. Исследования проводились в 2022–2023 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (pH_{KCl} 5,8, содержание подвижного фосфора 120 мг/кг, обменного калия 150 мг/кг, гумус 1,8 %). Закладка полевого опыта осуществлялась на травостое второго года пользования, состоящем из клевера лугового (*Trifolium pratense* L., сорт Витебчанин) и тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L., сорт Ленинградская 204) при соотношении компонентов 1:1 по массе высеянных семян.

Схема опыта включала два фактора:

• Фактор А – агрохимический приём: 1) контроль (без удобрений); 2) монокалийфосфат (P_2O_5 – 52 %, K_2O – 34 %) в дозе 60 кг/га д. в. по фосфору; 3) NPK(S) 8:20:30(2) (N – 8 %, P_2O_5 – 20 %, K_2O – 30 %, S – 2 %) в дозе, эквивалентной 60 кг P_2O_5/га; 4) регулятор роста НВ 101 (экстракт гималайского кедра) – 2 мл/10 л воды, опрыскивание в фазу весеннего отрастания и после первого укоса.

• Фактор В – водный режим: без орошения (естественное увлажнение), орошение при снижении влажности почвы до 70 % наименьшей влагоёмкости (НВ), орошение до 80 % НВ.

Орошение осуществлялось дождеванием. Влажность почвы контролировалась тензиометрами в слое 0–40 см. Удобрения вносили вручную весной в фазу начала отрастания трав.

Учёт корневой массы проводили в конце второго года пользования травостоем (осень) методом почвенного монолита (25×25×30 см) в четырёхкратной повторности. Корни отмывали на ситах, разделяли по ботаническому составу (бобовые, злаковые), высушивали до воздушно-сухого состояния при температуре 65 °С и взвешивали. Статистическая обработка данных выполнена методом дисперсионного анализа ($НСР_{05}$).

Результаты исследований. Результаты исследования влияния изучаемых приёмов на массу воздушно-сухих корней бобово-злаковой травосмеси показали, что все агрохимические приёмы оказали существенное влияние на развитие корневой системы многолетних трав (таблица). Наиболее эффективным приёмом, способствовавшим увеличению корневой массы растений, было применение комплексного удобрения NPK(S) 8:20:30(2). В среднем по водным режимам масса корней при его использовании достигала 4,11–4,12 т/га, что существенно выше по сравнению с контрольным вариантом (3,41–3,44 т/га).

Особенно заметно возросла доля бобового компонента: масса корней клевера лугового на вариантах с NPK(S) составила 2,92–2,94 т/га, что на 26–27 % больше, чем в контроле без орошения, и на 27 % – при орошении.

Масса воздушно-сухих корней бобово-злаковой травосмеси, т/га

Вариант (А)	Водный режим (В)	Масса корней, всего	в том числе бобовые	в том числе злаковые
Контроль	Без орошения	3,44	2,32	1,12
Контроль	Без орошения	3,44	2,32	1,12
Монокалийфосфат	Без орошения	3,98	2,78	1,20
NPK(S) 8:20:30(2)	Без орошения	4,11	2,94	1,17
НВ 101	Без орошения	3,65	2,40	1,25
Контроль	Орошение 70 % НВ	3,41	2,30	1,11
Монокалийфосфат	Орошение 70 % НВ	4,01	2,81	1,20
NPK(S) 8:20:30(2)	Орошение 70 % НВ	4,09	2,92	1,17
НВ 101	Орошение 70 % НВ	3,71	2,44	1,27
Контроль	Орошение 80 % НВ	3,42	2,31	1,11
Монокалийфосфат	Орошение 80 % НВ	4,06	2,84	1,22
NPK(S) 8:20:30(2)	Орошение 80 % НВ	4,12	2,92	1,20
НВ 101	Орошение 80 % НВ	3,68	2,42	1,26
$НСР_{05}$ для фактора А		0,12	0,09	0,05
$НСР_{05}$ для фактора В		0,10	0,08	Fф < Fт

Положительный эффект был также отмечен на варианте с монокалийфосфатом. Здесь масса корневой системы в зависимости от орошения составила 3,98–4,06 т/га, прирост относительно контроля достигал 15–18 %. Прибавка формировалась прежде всего за счёт бобового компонента, масса которого увеличивалась до 2,78–2,84 т/га.

Применение регулятора роста НВ 101 также положительно сказалось на накоплении корневой массы, однако в меньшей степени, чем минеральные удобрения. Под действием НВ 101 общая масса корней составила 3,65–3,71 т/га, что на 6–9 % выше контроля. Интересно, что данный препарат наиболее заметно стимулировал развитие злакового компонента – тимофеевки луговой: масса корней злаков в вариантах с НВ 101 достигала 1,25–1,27 т/га, что превышало показатели не только контроля (1,11–1,12 т/га), но и вариантов с внесением NPK(S) (1,17–1,20 т/га). Орошение усиливало эффективность всех изучаемых приёмов, однако разность между уровнями 70 % НВ и 80 % НВ в большинстве случаев была статистически незначимой. Существенных взаимодействий факторов «удобрение × орошение» не выявлено, что говорит

об однонаправленном действии приёмов в разных условиях увлажнения.

Обсуждение. Результаты убедительно демонстрируют, что основным лимитирующим фактором для развития корневой системы бобово-злакового травостоя является уровень фосфорно-калийного питания, дополненный серой. Комплекс NPK(S) 8:20:30(2), содержащий фосфор в высокой концентрации (20 % P_2O_5) и легкоусвояемую серу (2 %), создавал оптимальные условия для формирования корней клевера, что подтверждает известные данные о высокой потребности бобовых в фосфоре и сере для симбиотической азотфиксации и синтеза белка [2; 4]. Монокалийфосфат, являясь источником только фосфора и калия, несколько уступал полному комплексу, очевидно из-за отсутствия азота, который, хотя и фиксируется клубеньками, всё же требуется злаковому компоненту.

Особого внимания заслуживает действие НВ 101. Этот регулятор роста, полученный на основе экстракта кедра, известен как активатор физиологических процессов [5]. В нашем опыте он существенно не увеличил общую массу корней в сравнении с NPK-удобрениями, но изменил соотношение компонентов травостоя в подземной сфере в пользу злаков, что может быть связано с видоспецифичной реакцией тимофеевки на биологически активные вещества. Более слабый отклик клевера на НВ 101, возможно, объясняется тем, что растения, обеспеченные симбиотическим азотом, менее чувствительны к стимуляторам роста на фоне дефицита фосфора и калия.

Орошение ожидаемо улучшало использование удобрений, но отсутствие значимой разницы между режимами 70 % и 80 % НВ свидетельствует о том, что для дерново-подзолистых почв с достаточной влагоудерживающей способностью поддержание влажности на уровне 70 % НВ уже близко к оптимальному. Избыточное увлажнение (80 % НВ) могло даже несколько снижать аэрацию, что нивелировало прибавку.

Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что применение NPK(S) 8:20:30(2) позволяет не только увеличить продуктивность травостоя, но и активизировать накопление подземной органической массы, что способствует повышению почвенного плодородия. Рекомендуемая доза (эквивалент 60 кг P_2O_5/га) может быть вписана в систему удобрения многолетних трав на дерново-подзолистых почвах как эффективный приём управления корневым питанием и структурой травостоя.

Заключение.

1. Все изученные агрохимические приёмы – монокалийфосфат, NPK(S) 8:20:30(2) и регулятор роста НВ 101 – достоверно увеличивают массу воздушно-сухих корней бобово-злаковой травосмеси по сравнению с неудобренным контролем.

2. Максимальное накопление корневой массы (4,12 т/га) и наибольшая доля бобового компонента (до 2,94 т/га) обеспечиваются применением комплексного удобрения NPK(S) 8:20:30(2) на фоне орошения 80 % НВ. Без орошения его эффективность также остаётся высокой (4,11 т/га).

3. Регулятор роста НВ 101 в наибольшей степени стимулирует развитие корней злакового компонента (тимофеевки луговой), повышая их массу до 1,25–1,27 т/га.

4. Различия между режимами орошения (70 % и 80 % НВ) по влиянию на корневую массу статистически несущественны, что позволяет считать уровень 70 % НВ достаточным для реализации потенциала удобрений.

5. Для повышения корневой массы и, как следствие, обогащения почвы органическим веществом в условиях дерново-подзолистых почв рекомендуется применение NPK(S) 8:20:30(2) в дозе, эквивалентной 60 кг P_2O_5/га, на фоне орошения, поддерживающего влажность почвы не ниже 70 % НВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, А. А. Рост и развитие корневых систем сельскохозяйственных растений / А. А. Иванов. – М.: Агропромиздат, 2019. – 312 с.

2. Шпаков, А. С. Роль бобовых трав в земледелии Нечернозёмной зоны / А. С. Шпаков, Г. В. Благовещенский // Кормопроизводство. – 2020. – № 4. – С. 3–8.

3. Kelling, K. A. Potassium and sulfur effects on alfalfa yield and root reserves / K. A. Kelling, R. F. Hensler // Agronomy Journal. – 2018. – Vol. 110, No. 2. – P. 554–563.

4. Головатюк, М. В. Влияние серосодержащих удобрений на симбиотическую активность и урожайность клевера лугового / М. В. Головатюк // Агрохимия. – 2021. – № 6. – С. 25–32.

5. Yoshida, K. Plant growth regulation by natural extracts – mode of action of HB-101 / K. Yoshida // Plant Growth Regulation. – 2017. – Vol. 82, No. 1. – P. 15–24.

УДК 635.92: 631.16
Емельянова В. А., магистрант

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАПЕЛЬНОГО ПОЛИВА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТУИ ЗАПАДНОЙ

*Научный руководитель – **Дуброва Ю. Н.,** канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Капельное орошение, несмотря на более высокие первоначальные капитальные вложения по сравнению с традиционными способами полива (дождевание, поверхностный полив), обеспечивает значительные преимущества в долгосрочной перспективе. К числу основных экономических выгод относятся: существенная экономия водных ресурсов, сокращение затрат на удобрения за счёт фертигации, снижение трудозатрат на прополку и обработку растений, повышение выхода стандартного посадочного материала, а также увеличение товарной стоимости растений благодаря улучшению их декоративных качеств.

Объектом исследования является участок открытого грунта площадью 1 гектар, предназначенный для выращивания туи западной сорта «Смарагд» в питомнике декоративных культур. Схема посадки растений: 2,0×1,5 м, что обеспечивает размещение 3 333 растений на 1 га (из расчёта 10 000 м² / (2,0×1,5)).

Возраст растений на момент закладки опыта: 3 года (контейнерная культура). Период вегетации: май – сентябрь (153 дня). Почвы участка: дерново-подзолистые легкосуглинистые с содержанием гумуса 2,4 %, pHKCl 6,2.

На основании результатов полевых исследований, проведённых в 2025 г., и литературных данных о водопотреблении хвойных культур, нетто-потребность туи западной в воде за вегетационный период определена на уровне 440 л/м² (4 400 м³/га). Эта величина включает суммарное испарение с поверхности почвы и транспирацию растений и скорректирована с учётом фактических погодных условий вегетационного периода 2025 г.

Следует отметить, что данный показатель является усреднённым и может варьировать в зависимости от возраста растений, типа субстрата и метеорологических условий конкретного года. В засушливые годы потребность в воде возрастает на 15–25 %, в дождливые – снижается. Однако для целей экономического анализа принимается расчётное

значение, обеспечивающее стандартный уровень влагообеспеченности, необходимый для получения качественного посадочного материала с высокими декоративными характеристиками.

Для выполнения экономических расчётов использованы следующие нормативные показатели и цены (по состоянию на 2026 г.):

1. Стоимость воды (тариф на водоснабжение и водоотведение для юридических лиц в Могилёвской области): 50,0 руб. за 1 м³.

2. Тариф на электроэнергию для производственных нужд: 6,0 руб. за 1 кВт·ч.

3. Удельный расход электроэнергии на перекачку 1 м³ воды: 0,5 кВт·ч (принимается для всех способов полива, так как КПД насосного оборудования одинаков для различных систем при одинаковом напоре).

4. Стоимость минеральных удобрений (комплексное водорастворимое удобрение с микроэлементами, норма внесения за сезон): базовые затраты при традиционном способе внесения (дождевание) – 120 000 руб/га за сезон. При фертигации (капельный полив) экономия удобрений составляет 50 % за счёт дозированной подачи непосредственно в корневую зону.

5. Средняя рыночная стоимость одного стандартного саженца туи западной (высота 50–60 см, контейнер 3 л) – 45,0 руб. (в ценах 2026 г.).

Следует подчеркнуть, что все ценовые показатели приняты на основании мониторинга цен производителей и поставщиков агропромышленного комплекса Республики Беларусь и могут корректироваться с учётом инфляционных процессов.

Нормативные коэффициенты эффективности различных способов полива.

Коэффициент полезного действия (КПД) различных способов полива, отражающий долю воды, фактически использованной растениями, принят на основании многолетних исследований в области мелиорации:

– дождевание: КПД = 0,65 (потери составляют 35 %: испарение в воздухе – до 15 %, снос ветром – до 10 %, сток и глубокое просачивание – до 10 %);

– капельный полив (лента и трубка): КПД = 0,90 (потери минимальны – до 10 % на испарение с поверхности почвы, поскольку вода подаётся непосредственно в прикорневую зону).

Таким образом, при одинаковой нетто-потребности растений в воде, валовая потребность в воде для капельного полива значительно ниже, что и обеспечивает основной экономический эффект.

Капельная лента представляет собой тонкостенную полиэтиленовую трубку со встроенными эмиттерами (капельницами), формируемыми в процессе экструзии. Толщина стенки капельной ленты составляет 0,15–0,30 мм, что обеспечивает её низкую стоимость, но одновременно делает ленту уязвимой к механическим повреждениям и ультрафиолетовому излучению.

Основные технические параметры капельной ленты, используемой в расчётах:

– диаметр: 16 мм;

– шаг эмиттеров: 30 см (оптимально для схемы посадки 2,0×1,5 м);

– расход воды через один эмиттер: 1,5 л/ч (при рабочем давлении 0,8 атм);

– рабочее давление: 0,5–1,0 атм (максимальное – до 1,5 атм);

– срок службы: 2–3 вегетационных сезона (в условиях открытого грунта);

– стоимость: 500 руб. за 50 м (в среднем по рынку).

Основные преимущества капельной ленты: низкая стоимость, простота монтажа, возможность быстрой замены. Основные недостатки: хрупкость, необходимость ежегодной или раз в два года замены, ограниченная устойчивость к УФ-излучению, невозможность использования на участках с высоким давлением в водопроводной сети.

Капельная трубка представляет собой толстостенную полиэтиленовую трубу со встроенными или врезными капельницами. Толщина стенки составляет 0,9–1,2 мм, что обеспечивает высокую механическую прочность, устойчивость к ультрафиолетовому излучению и длительный срок службы.

Основные технические параметры капельной трубки:

– диаметр: 16 мм;

– шаг эмиттеров: 30 см;

– расход воды через один эмиттер: 2,0 л/ч (при рабочем давлении 2,0 атм);

– рабочее давление: 1,5–4,0 атм (максимальное – до 6,0 атм);

– срок службы: 5–7 лет (в условиях открытого грунта);

– стоимость: 1500 руб. за 50 м (в среднем по рынку).

Основные преимущества капельной трубки: длительный срок службы, высокая устойчивость к механическим повреждениям, возможность работы при повышенном давлении, возможность полной автоматизации, устойчивость к УФ-излучению. Основной недостаток –

высокая первоначальная стоимость, что требует более значительных капитальных вложений на этапе создания системы.

Для наглядности технические параметры обоих типов капельных линий сведены в сравнительную таблицу.

Сравнительная техническая характеристика капельной ленты и капельной трубки

Показатель	Капельная лента	Капельная трубка
Толщина стенки, мм	0,15–0,30	0,90–1,20
Срок службы, лет	2–3	5–7
Рабочее давление, атм	0,5–1,0	1,5–4,0
Максимальное давление, атм	1,5	6,0
Расход эмиттера, л/ч	1,5	2,0
Шаг эмиттеров, см	30	30
Диаметр, мм	16	16
Устойчивость к УФ-излучению	Низкая	Высокая
Устойчивость к механическим повреждениям	Низкая	Высокая
Возможность полной автоматизации	Ограниченная	Полная
Рекомендуемый срок замены, лет	2	6
Стоимость за 50 м, руб.	500	1 500

Анализ приведённых данных показывает, что капельная трубка, несмотря на трёхкратное превышение стоимости, обеспечивает вдвое больший срок службы, что при расчёте на длительный период делает её экономически сопоставимой с капельной лентой, а с учётом снижения трудозатрат на замену и обслуживание – даже более выгодной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соловьёв, А. Г. Автоматизация систем капельного орошения / А. Г. Соловьёв. – М.: Энергоатомиздат, 2022. – 200 с.

2. Бондарева, Е. В. Болезни и вредители хвойных в городских насаждениях / Е. В. Бондарева. – СПб.: Эко-Вектор, 2021. – 192 с.

3. Балашов, А. А. Капельный полив в декоративном садоводстве / А. А. Балашов // Современные системы орошения. – 2022. – № 2. – С. 34–41.

4. Кружилин, И. П. Режимы орошения сельскохозяйственных культур / И. П. Кружилин, В. В. Мелихов. – Волгоград: ВНИИОЗ, 2019. – 312 с.

5. Дуброва, Ю. Н. Перспективы культивирования сои в условиях Республики Беларусь / Ю. Н. Дуброва, Е. А. Вчерашний // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. материалов XVI Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х кн., Барнаул, 9–10 февр. 2021 г. Т. 1. – Барнаул: Алтайский гос. аграр. ун-т, 2021. – С. 148–149.

6. Дуброва, Ю. Н. Использование природных ландшафтов в сельскохозяйственном производстве в условиях изменения климата / Ю. Н. Дуброва, Д. М. Лейко, А. А. Боровиков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 2 (78). – С. 112–117.

7. Соколов, М. С. Система мониторинга загрязнения почв атмосферы / М. С. Соколов, В. И. Терехов // Агрохимия. – № 6. – 1994. – С. 83.

8. Использование функциональных возможностей ГИС и данных дистанционного зондирования для мониторинга и картографирования мелиорированных земель Т. Н. Мыслыва, Ю. Н. Дуброва, А. С. Кукреш [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 176–183.

9. Совершенствование мелиоративных и водохозяйственных систем: учеб.-метод. пособие / Ю. Н. Дуброва [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 359 с.

УДК 351.791

Журавко В. Н., Иванова И. В., студенты 3-го курса

ЗАРЕГУЛИРОВАННОСТЬ СТОКА МАЛЫХ РЕК ГОРЕЦКОГО РАЙОНА

*Научный руководитель – **Левшунов И. А.**, ст. преподаватель*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Малые реки являются наиболее уязвимым звеном гидрографической сети. Их гидрологический режим в наибольшей степени подвержен антропогенным изменениям. Горецкий район Могилёвской области, обладающий разветвлённой сетью малых водотоков, демонстрирует характерные для Беларуси проблемы зарегулированности речного стока – совокупности изменений естественного режима водотоков, вызванных хозяйственной деятельностью человека [1].

Под зарегулированностью понимается нарушение естественного внутригодового распределения стока в результате создания водохранилищ, прудов, запруд, канализирования русел и других гидротехнических мероприятий. В отличие от естественных колебаний водности, зарегулированный сток характеризуется сглаживанием паводков, снижением максимальных расходов в половодье и, нередко, уменьшением минимальных уровней в межень [2].

Цель работы – выявить основные формы и масштабы зарегулированности стока малых рек Горецкого района, проанализировать гидрологические и экологические последствия антропогенного воздействия на водотоки, а также предложить направления оптимизации водопользования в регионе.

Результаты исследований. Основными водотоками, формирующими гидрографическую сеть Горецкого района, являются реки Быстрая (левый приток Прони), а также её притоки – Реместлянка (левый), Днепрец (правый) и река Голыша (правый приток Прони). Все они

относятся к бассейну Днепра. Каждый из этих водотоков в той или иной степени подвергся антропогенному изменению гидрологического режима.

Река Днепрец является правым притоком Быстрой, протекающим исключительно по территории Горецкого района. Её длина составляет 25 км, площадь водосбора – 71 км². Уклон реки – 2‰, что является относительно высоким показателем для равнинных водотоков и указывает на более интенсивный характер течения по сравнению с соседними реками.

Наиболее значимым объектом зарегулирования на р. Днепрец является водохранилище, расположенное у деревни Квартяны. По имеющимся данным, водохранилище имеет следующие параметры: площадь водного зеркала – 0,98 км²; максимальная глубина – 9 м; длина – 6 км; наибольшая ширина – 0,3 км; объём воды – 4,42 млн м³; площадь водосбора – 59 км²; колебания уровня в течение года – до 5 м; средний многолетний сток – 15,4 млн м³.

Создание водохранилища привело к трансформации гидрологического режима реки: выше по течению от плотины участок реки превратился в водоём с замедленным водообменом и зарегулированным стоком. Колебания уровня в течение года достигают 5 метров – значительная величина для малой реки, что свидетельствует о существенном изменении естественного режима. Ниже плотины, напротив, наблюдаются резкие суточные и сезонные колебания расходов в зависимости от режима работы водосбросных сооружений. Ширина реки на всём протяжении не превышает 10 метров, что делает её особенно чувствительной к зарегулированию.

Река Реместлянка является левым притоком Быстрой, протекающим по территории Мстиславского и Горецкого районов. Длина реки составляет 49 км, площадь водосбора – 291 км².

Основной формой зарегулирования на Реместлянке является запруда у деревни Курманово. В отличие от Днепреца, где создано крупное водохранилище, на Реместлянке запруда представляет собой менее масштабное гидротехническое сооружение, однако и оно оказывает влияние на гидрологический режим водотока.

Река Голыша является правым притоком Прони и протекает по территории Горецкого и Дрибинского районов. Длина реки составляет 37 км, площадь водосбора – 225 км², среднегодовой расход воды в устье – 1,4 м³/с [3].

Особенностью гидрологического режима Голыши является канализирование русла на 10 км от истока. Ниже канализированного участка река свободно меандрирует, русло извилистое, ширина реки в нижнем

течении в межень составляет 8–10 м. Берега крутые, обрывистые, поросли лесом. Долина чашеобразная, глубоковрезанная, шириной 0,5…1 км, пойма двухсторонняя, местами заболоченная.

Река Быстрая (длина 46 км, площадь водосбора 688 км²) является более крупным водотоком, её режим также подвержен антропогенному влиянию. На Быстрой имеется небольшое водохранилище в районе агрогородка Горы. Кроме того, режим Быстрой определяется режимом её зарегулированных притоков – Днепреца и Реместлянки, несущих трансформированный сток.

Заключение. Малые реки Горецкого района – в различной степени зарегулированы антропогенными сооружениями. Наиболее выражена зарегулированность на реке Днепрец, где создано крупное водохранилище у деревни Квартяны (объём воды 4,42 млн м³, колебания уровня до 5 м в год). Река Реместлянка зарегулирована запрудой у деревни Курманово и характеризуется пересыханием верховьев. Река Голыша канализирована на 10 км от истока, что изменило характер её течения.

Каждая из форм зарегулирования (водохранилище, запруда, канализирование, поступление мелиоративных вод) оказывает специфическое влияние на гидрологический режим: перераспределение стока во времени, изменение скоростей течения, нарушение непрерывности водотока.

Для оптимизации управления водными ресурсами региона и минимизации негативных последствий зарегулирования необходимо: проведение комплексного мониторинга гидрологического режима всех зарегулированных водотоков; оценка экологического состояния водохранилища Днепрец и обоснование режима его работы, минимизирующего негативное влияние на нижний бьеф; рассмотрение возможности восстановления канализированного участка Голыши; регулирование режима работы запруды на Реместлянке для обеспечения минимального экологического стока в нижнем течении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волчек, А. А. Водные ресурсы Беларуси: современное состояние и перспективы использования: учеб. пособие / А. А. Волчек, Е. Е. Шепелевич. – 2-е изд. – Мн.: БГУ, 2010.

2. Республика Беларусь: энциклопедия: [в 7 т.]. Т. 2. – Мн.: Беларуская Энцыклапедыя, 2006.

3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. Ч. 1–2. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966–1971.

УДК 347.265.6
Журавко В. Н., Иванова И. В., студенты 3-го курса

ФАЗЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ПРИ ВЕСЕННЕМ СНЕГОТАЯНИИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРЕЦКОГО РАЙОНА МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Научный руководитель – **Левшунов И. А.**, ст. преподаватель*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Территория Горецкого района, расположенного в северо-восточной части Могилевской области, характеризуется развитой гидрографической сетью. Весеннее снеготаяние является ключевым гидрологическим событием года, формирующим до 50–60 % годового стока рек региона. Понимание фаз формирования поверхностного стока при таянии снега имеет важное значение для прогнозирования паводков, оценки эрозионных процессов и планирования водохозяйственных мероприятий. Процесс формирования поверхностного стока при снеготаянии включает несколько последовательных фаз, каждая из которых характеризуется специфическими гидрологическими процессами и факторами влияния [1]. Знание этих фаз в привязке к местным условиям Горецкого района позволяет более точно оценивать риски подтоплений и эффективно управлять водными ресурсами.

Цель работы – выявить и охарактеризовать основные фазы формирования поверхностного стока при весеннем снеготаянии на территории Горецкого района Могилевской области, определить ключевые факторы, влияющие на продолжительность и интенсивность каждой фазы, а также оценить региональные особенности процесса.

Результаты исследований. Горецкий район расположен в пределах Горецко-Мстиславской равнины, характеризующейся волнистым рельефом с перепадами высот и уклонами поверхности до 0,024–0,075. Почвенный покров представлен преимущественно дерново-подзолистыми легкосуглинистыми почвами, которые обладают определёнными фильтрационными свойствами. Пахотный слой на большей части территории района в зимний период промерзает на глубину от 30 до 60 см в зависимости от снежности зимы и температуры воздуха.

Климатические условия района характеризуются средне январскими температурами около –7…–9 °С и устойчивым снежным покровом, который формируется в среднем в первой декаде декабря и сохраняется до конца марта. Средняя высота снежного покрова составляет 25–35 см, однако в отдельные многоснежные зимы может достигать 50–60 см [2].

На основе обобщения гидрологических исследований процесс формирования поверхностного стока при таянии снега в условиях Горецкого района можно разделить на четыре основные фазы [3].

Первая фаза охватывает период от установления устойчивого снежного покрова (обычно декабрь) до начала интенсивного снеготаяния (конец марта – начало апреля). В течение этой фазы происходит накопление снега, определяющее водный эквивалент будущего половодья. В условиях Горецкого района запасы воды в снежном покрове к началу снеготаяния составляют в среднем 70–100 мм водного эквивалента.

Начало снеготаяния приходится на период, когда среднесуточная температура воздуха устойчиво переходит через 0 °C в сторону повышения. Первые признаки таяния проявляются на открытых участках, южных склонах и возвышенностях, где снег прогревается быстрее.

Вторая фаза – это период, когда начавшееся таяние ещё не приводит к образованию стока за пределы водосбора. Вся талая вода на этом этапе задерживается в толще снежный покров, заполняет неровности рельефа и микропонижения, а также впитывается в верхние горизонты почвы, если они не промерзли.

Для Горецкого района продолжительность бессточной фазы составляет от 2 до 10 дней в зависимости от интенсивности снеготаяния и состояния почвы. В холодные весны с медленным снеготаянием эта фаза может затягиваться. Важно отметить, что наличие промёрзшего слоя грунта или ледяной корки на поверхности значительно сокращает инфильтрацию и ускоряет переход к следующей фазе.

Характерной особенностью этой фазы является неравномерность таяния по территории района. Снег сначала исчезает на южных склонах и возвышенных элементах рельефа, в то время как в понижениях, лесных массивах и зарослях кустарника снежный покров сохраняется дольше. Это приводит к формированию очагов стока, которые развиваются независимо друг от друга.

Третья фаза наступает, когда количество талой воды превышает ёмкость снежного покрова и впитывающую способность почвы. По поверхности склонов начинают формироваться временные водотоки – «ручейки» талой воды, которые движутся вниз по склону в соответствии с уклоном местности.

Для Горецкого района, где преобладают склоновые земли с уклонами 0,024–0,075, эта фаза развивается достаточно интенсивно. Вода, не успевшая впитаться в промёрзшую почву, аккумулируется в микропонижениях, а затем, заполнив их, начинает движение вниз по склону.

Характер склонового стока в этот период крайне неравномерен как во времени, так и по территории. В часы максимальной интенсивности снеготаяния (обычно во второй половине дня) сток может усиливаться, а в ночное и утреннее время (при заморозках) практически прекращаться. Также сток значительно выше на пахотных землях, где отсутствует растительность, задерживающая талые воды.

Четвёртая, заключительная фаза – поступление склонового стока в гидрографическую сеть и формирование руслового стока. Талые воды собираются в балки, овраги, временные водотоки и, в конечном счёте, поступают в малые реки района.

Именно на этой фазе формируется весеннее половодье – наиболее значимый гидрологический эпизод в году. Подъем уровней воды на малых реках Горецкого района начинается обычно в конце марта – первой декаде апреля и достигает максимума через 5–10 дней после начала активного снеготаяния.

Продолжительность и высота половодья зависят от дружности весны. При резком потеплении снеготаяние проходит интенсивно, что приводит к быстрому и высокому подъёму воды (иногда критическому для пойменных территорий). При затяжной весне с чередованием оттепелей и заморозков половодье растягивается, а его пик оказывается менее выраженным [4].

Заключение. Понимание фаз формирования стока при снеготаянии имеет важное практическое значение для Горецкого района. Зная фазы развития стока, можно оценивать временные интервалы между началом интенсивного снеготаяния и наступлением пика половодья. В период бессточной фазы возможно временное задержание воды в прудах и водохранилищах для последующего регулируемого сброса.

Интенсивность смыва почв на склоновых землях напрямую зависит от того, насколько быстро сток переходит от бессточной фазы к склоновому стоку. Знание фаз стока позволяет оптимизировать режим работы мелиоративных систем в весенний период.

ЛИТЕРАТУРА

1. Региональные тенденции экстремумов стока рек Беларуси / И. С. Данилович, И. В. Тарасевич, Е. Г. Квач, Ю. А. Гледко // Материалы I Белорусского географического конгресса (Минск, 8–13 апр. 2024 г.). Ч. 1. Современные проблемы гидрометеорологии. – Мн.: БГУ, 2024. – С. 173–177.

2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 5. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. Ч. 1–2. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966–1971.

3. Лебедев, А. П. Методика гидрологических расчётов при снеготаянии / А. П. Лебедев. – Л.: Гидрометеоиздат, 1964.

4. Логинов, В. Ф. Современные изменения климата и водных ресурсов Беларуси / В. Ф. Логинов. – Мн.: Бел. навука, 2015.

УДК 631.6
Журавко В. Н., Иванова И. В., студенты 3-го курса

НЕТКАНЫЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В МЕЛИОРАТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: ФУНКЦИИ, ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

*Научный руководитель – **Левшунов И. А.**, ст. преподаватель*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Современное мелиоративное строительство сталкивается с необходимостью повышения надёжности и долговечности осушительных и оросительных систем при одновременном снижении материальных и трудовых затрат. Традиционные фильтрующие материалы (песчано-гравийные смеси) не всегда обеспечивают требуемую эффективность работы дренажа, особенно на слабоводопроницаемых почвогрунтах. Кроме того, их применение связано со значительными транспортными расходами и объёмами горных работ.

Альтернативой классическим решениям выступают геосинтетические материалы, среди которых наибольшее распространение в мелиорации получил нетканый иглопробивной геотекстиль. Данный материал активно применяется в дорожном, гражданском и гидротехническом строительстве и зарекомендовал себя как надёжное и экономически оправданное техническое решение. В Республике Беларусь, где значительные площади сельскохозяйственных земель требуют регулирования водного режима, внедрение современных геосинтетических материалов является актуальной задачей [1].

Цель работы – обобщить и систематизировать сведения о свойствах и функциях нетканого геотекстиля в мелиоративных системах, определить оптимальные параметры материала в зависимости от целевого назначения конструкции, а также обосновать техническую и экономическую целесообразность применения геотекстиля при строительстве и реконструкции мелиоративных систем в условиях Республики Беларусь.

Результаты исследований. Геотекстиль представляет собой рулонный материал на основе синтетических волокон. В зависимости от способа изготовления различают тканый и нетканый геотекстиль. В мелиоративном и водохозяйственном строительстве преимущественно используется нетканый геотекстиль, который изготавливается путём механического (иглопробивного) или термического скрепления полиэфирных или полипропиленовых волокон.

Иглопробивной геотекстиль получают из коротких или непрерывных нитей с помощью специального пресса с иглами. При многократном прокалывании волокна проникают из одного слоя в другой, образуя плотный войлокоподобный материал. Такая структура обеспечивает высокую фильтрующую способность: материал пропускает воду как в поперечном, так и в продольном направлении, что особенно важно для дренажных систем.

По типу сырья выделяют полиэфирный геотекстиль (устойчив к химическим воздействиям, имеет хорошие прочностные характеристики) и полипропиленовый геотекстиль (более устойчив к ультрафиолету и агрессивным средам, обладает повышенной прочностью).

В мелиоративном строительстве геотекстиль выполняет четыре ключевые функции.

Фильтрующая функция. Основное назначение геотекстиля в дренажных системах – предотвращение выноса частиц грунта в дренажные трубы. Материал действует как стабильный фильтр, пропуская воду и задерживая твёрдые частицы. В отличие от песчано-гравийных обсыпок, геотекстиль не разрушается со временем и сохраняет свои фильтрационные свойства в течение всего срока службы при условии правильного выбора параметров [2].

Разделительная функция. Геотекстиль предотвращает смешивание разнородных грунтовых слоёв. При устройстве дренажа он разделяет грунт основания и дренирующую засыпку, не позволяя частицам грунта проникать в поровое пространство гравийного слоя, что сохраняет водопроницаемость дренажной системы на проектных значениях.

Защитная функция. При создании искусственных водоёмов и облицованных каналов геотекстиль защищает гидроизоляционные мембраны от механических повреждений острыми камнями, корнями деревьев и другими включениями в грунте. Защитный слой из геотекстиля укладывается как под гидроизоляцию, так и поверх неё.

Армирующая (укрепляющая) функция. Геотекстиль повышает несущую способность грунтовых оснований, перераспределяя нагрузки и уменьшая деформации. Это свойство используется при укреплении откосов каналов и насыпей, а также при строительстве мелиоративных систем на слабых грунтах.

Использование нетканого геотекстиля в мелиорации обеспечивает ряд существенных преимуществ. Техническая надёжность – стабильность фильтрационных и прочностных характеристик в течение всего срока эксплуатации системы.

Снижение материалоёмкости – замена песчано-гравийных фильтрующих слоёв (толщиной 15–30 см) тонким (3–5 мм) слоем геотекстиля позволяет сократить объёмы привозных материалов в 10–20 раз [3].

Экономическая эффективность – снижение транспортных расходов, уменьшение объёмов горных работ и сокращение сроков строительства.

Долговечность – срок службы качественного геотекстиля (из полипропиленовых волокон) составляет не менее 30–50 лет, что сопоставимо с проектным сроком эксплуатации мелиоративных систем.

Экологическая безопасность – геотекстиль не выделяет токсичных веществ в процессе эксплуатации и химически инертен к компонентам почвы и грунтовых вод.

Устойчивость к биологическим и химическим воздействиям – синтетические волокна не подвержены гниению, устойчивы к кислотам, щелочам и солям.

Простота монтажа – укладка геотекстиля не требует специальной техники и высокой квалификации персонала.

Несмотря на универсальность, геотекстиль имеет ряд недостатков, которые необходимо учитывать при проектировании:

Чувствительность к ультрафиолетовому излучению. Большинство типов геотекстиля разрушаются под воздействием прямых солнечных лучей, поэтому после укладки материал должен быть засыпан грунтом в течение 7–14 дней.

Кольматация (заиливание) пор. При неправильном выборе плотности материала или при работе на сильно запылённых грунтах поры геотекстиля могут постепенно заполняться мелкими частицами, что снижает фильтрующую способность [4].

Высокая стоимость специализированных марок. Однако экономия на транспортных расходах и объёмах работ часто компенсирует эту разницу.

Замена традиционного песчано-гравийного фильтра геотекстильной обёрткой позволяет: сократить объём привозного фильтрующего материала на 80–95 %; снизить транспортные расходы на доставку материалов; уменьшить глубину траншей; ускорить производство работ в 2–3 раза.

По оценкам специалистов, применение геотекстиля в дренажных системах позволяет снизить стоимость устройства дренажа на 15–30 % при одновременном повышении надёжности и долговечности.

Заключение. Нетканый иглопробивной геотекстиль является эффективным и экономически оправданным материалом для использования в мелиоративном строительстве. Он выполняет четыре основные функции: фильтрующую, разделительную, защитную и армирующую. Замена традиционных песчано-гравийных фильтров геотекстильными позволяет существенно снизить материалоёмкость и трудоёмкость строительства, повысить надёжность дренажных систем и сократить сроки производства работ.

При проектировании мелиоративных систем с применением геотекстиля необходимо: учитывать гранулометрический состав грунта и гидравлические условия; правильно выбирать тип и плотность материала в зависимости от целевого назначения (100–200 г/м² для дренажа, 250–350 г/м² для защиты мембран); предусматривать защиту материала от ультрафиолетового излучения на период монтажа.

Дальнейшие исследования в области геосинтетических материалов должны быть направлены на разработку региональных рекомендаций по выбору геотекстиля для различных почвенно-гидрологических условий Беларуси, а также на оценку долговременной стабильности фильтрационных свойств материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка технического состояния геотекстильных защитно-фильтрующих материалов с различным сроком эксплуатации дренажа / Э. Н. Шкутов, А. И. Митрахович, В. П. Иванов [и др.] // Мелиорация. – 2014. – № 1 (71). – С. 22–30.

2. Влияние структурных параметров геотекстилей на их фильтрующую способность / И. Ч. Казьмирук, А. И. Митрахович, В. Т. Климков, О. Н. Опанасенко // Мелиорация. – 2016. – № 1 (75). – С. 11–20.

3. Макоед, В. М. Исследование работоспособности дренажных фильтров из геотекстиля на слабоводопроницаемых почвогрунтах / В. М. Макоед, А. И. Митрахович, И. Ч. Казьмирук // Мелиорация. – 2017. – № 3 (81). – С. 16–28.

4. Справочник. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение / Б. С. Маслов, Е. П. Панов, Е. И. Кормыш [и др.]. – М.: Издательство «Ассоциация Экост», 2001. – 606 с.

УДК 621.01(476)
Зимич И. В., студент 2-го курса

СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ МАШИННОГО ВОДОПОДЪЕМА И НАСОСОСТРОЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Научный руководитель – **Яланский Д. В.**, канд. техн. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Для Беларуси развитие машинного водоподъема и насосостроения имеет важное стратегическое значение. Она влияет на технологический суверенитет, экономику и базовые потребности общества. Белорусские насосы – критически важный компонент для флагманской промышленности. Погружные и магистральные насосы отечественного производства обеспечивают бесперебойную подачу воды в городах и селах, работу систем водоотведения и очистных сооружений. Данная отрасль имеет значимы экспортоориентированный сектор. Более 90 % продукции (например, Пинского ОМЗ) уходит на экспорт в Россию и страны СНГ. Вокруг предприятий создаются рабочие места развиваются смежные отрасли, формируются целые городские экономики.

Насосостроение в Беларуси основывается на нескольких крупных заводах, продукция этих заводов пользуется большим спросом не только на нашей территории, но и за рубежом.

ОАО «Пинский опытно-механический завод» – одно из старейших предприятий города. Сегодня эта компания входит в число ключевых производителей промышленных насосов и насосного оборудования на рынке СНГ. Продукция международного качества, ассортимент которой состоит из более чем 150 наименований. Пинский ОМЗ имеет свое конструкторское бюро, сотрудники которого обладают большим опытом в области проектирования насосов и насосных станций.

Основное направление предприятия – конструирование и производство промышленных насосов и насосных станций, также изготавливаются станки и поставляются электродвигатели для промышленных предприятий и других покупателей.

В Беларуси основными потребителями продукции являются предприятия промышленные и системы ЖКХ, водоканалы, энергетика. Имеются и нестандартные проекты, например, для ООО «Рогачевский молочноконсервный комбинат» разработали изготовили и поставили объемные пищевые винтовые насосы [1].

ОАО «Бобруйский машиностроительный завод» – производитель центробежных насосов для нефтеперерабатывающей, горнодобывающей, металлургической, энергетической, горной промышленности, а также для перекачивания сточных жидкостей на предприятиях городского, сельского и промышленного водоснабжения. С 1963 г. предприятие является действенным членом Белоруской торгово-промышленной палаты (ТПП). Предприятие сбывает свою продукцию в страны СНГ, Европу, Ближний Восток и Африку. ОАО обладает товарным знаком, прошедшим международную регистрацию. Качество насосов подтверждено *сертификатом соответствия Российской Федерации* на соответствии технического регламента о безопасности машин и оборудования. Все типы насосов и запчастей к ним сертифицированы на соответствие экологическому стандарту [2].

ОАО «Завод Промбурвод» (г. Минск, Республика Беларусь) производит погружные центробежные насосы типа ЭЦВ для предприятий водного и жилищно-коммунального хозяйства. На заводе также производят бустерные насосы для повышения напора при горячем и холодном водоснабжении, бытовые насосы, станции защиты и управления электронасосных агрегатов. За все время работы завод заработал имидж производителя надежного оборудования. Продукция не раз занимала призовые места или становилась лауреатом международных и республиканских конкурсов, отраслевых выставок [3].

В 2024–2025 гг. отрасль сделала качественный скачок в области гидравлики. 22 сентября 2025 г. в Пинске открылось совместное предприятие ООО «Гидравлическая объединённая компания», созданная при участии ОАО «БЕЛАЗ» – управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» и АО «ПНЕВМОСТРОЙМАШИНА». Новое предприятие будет специализироваться на производстве аксиально-поршневых гидравлических насосов с регулируемой производительностью, а также на их обслуживании и ремонте [4].

Для нужд сельского хозяйства предприятия выпускают широкую линейку оборудования: погружные насосы – для добычи воды из скважин (Промбурвод, Бобруйский МСЗ» [2, 3]; Центробежные секционные – для обеспечения высокого напора в системах водоснабжения; Насосы двухстороннего хода – для магистральных водоканалов; Повысительные станции: полный цикл инжиниринга под ключ для ЖКХ и промышленности [1].

Подводя итог можно сделать вывод о том, что белорусское насосостроения – это не просто импортозамещение, а успешная экспортно-

ориентированная индустрия. Отрасль находится в фазе активного технологического развития. Беларусь обладает полным циклом производства насосов – от литья и проектирования до финальной сборки и сервиса. Помимо промышленного значения, предприятия отрасли решают важнейшую социальную задачу, обеспечивая надежную работу систем водоснабжения и водоотведения по всей стране. Данная отрасль является критически важной для обеспечения технологического суверенитета страны. Она успешно решает задачи импортозамещения в критическом секторе гидравлики для тяжелого машиностроения и продолжает активно наращивать экспорт традиционного насосного оборудования на рынке СНГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пинский ОМЗ: продукция международного качества. – URL: SB.by. (дата обращения: 15.04.2026).

2. ГМС группа. Бобруйский машиностроительный завод. – URL: hms-bmbpump.ru. – (дата обращения: 16.04.2026).

3. Гидромаш. – URL: gidromash-pumps.ru. (дата обращения: 17.04.2026).

4. В Пинске стартовало совместное Белорусско-Российское производство аксиально-поршневых гидравлических насосов. – URL: m. belaz.by. (дата обращения: 17.04.2026).

УДК 631.582:631.559:633.14«324»

Золотухин Е. В., магистрант

ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ПЛОТНОСТЬ, ПОРИСТОСТЬ ПАХОТНОГО СЛОЯ ПОЧВЫ, ЗАСОРЕННОСТЬ ПОСЕВОВ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ РЖИ

*Научный руководитель – **Трапков С. И.**, канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Выбор приемов основной обработки почвы является важнейшим элементом соблюдения технологических регламентов при возделывании сельскохозяйственных культур. При неправильно выбранном приеме основной обработки почвы ухудшается фитосанитарное состояние полей, уменьшается пористость и увеличивается плотность сложения пахотного слоя почвы. На плотных почвах резко ухудшается водный режим и газообмен, снижается биологическая активность почв что способствует недобору урожая и снижению его качества [1, 2].

В связи с этим целью наших исследований являлось изучение влияния различных приемов основной обработки почвы на пористость, плотность пахотного слоя почвы, засоренность посевов сорными растениями, и в конечном итоге на урожайность озимой ржи.

Исследования проводились в 2024–2025 гг. в условиях ОАО «Новая Друть» Белыничского района. Почва опытного участка дерново-подзолистая, слабооподзоленная, легкосуглинистая по агрохимическим показателям пригодная для возделывания озимой ржи.

Схема опыта включала три варианта проведения основной обработки почвы: 1. Вспашка 22–24 см; 2. Чизелевание 16–18 см; 3. Дискование 10–12 см. Площадь учетных делянок составляла 1 га. Повторность трехкратная. Объектом изучения был сорт «Лота». Предшественник – горох. Технология возделывания озимой ржи – рекомендуемая регламентами для условий Могилевской области.

Плотность пахотного слоя почвы в зависимости от приемов основной обработки почвы определяли: в фазу кущения весной, в фазу выхода в трубку и перед уборкой. Общую пористость и пористость аэрации определяли расчетным путем согласно существующей методике. Влажность почвы определяли перед возобновлением вегетации весной, в фазу выхода в трубку и перед уборкой весовым методом. Анализы проводились на кафедре земледелия УО БГСХА и в полевых условиях. Учет сорных растений проводился количественным методом.

Результаты исследований показали, что наиболее оптимальные показатели плотности были в вариантах проведения вспашки – 1,25 г/см^3 и чизелевание – 1,30 г/см^3. Наиболее интенсивное уплотнение пахотного слоя почвы наблюдалась в варианте с дискованием и составила к моменту уборки 1,39 г/см^3, что на 0,14–0,9 г/см^3 выше по сравнению со вспашкой и чизелеванием. Это довольно существенная разница по уплотнению почвы, которой нельзя пренебрегать.

В зависимости от приемов основной обработки почвы были различные и показатели общей пористости и пористости аэрации. Лучшие показатели по изучаемым приемам были достигнуты в варианте со вспашкой и чизелеванием. К уборке общая пористость в варианте со вспашкой составила 50,4 %, а в варианте с чизелеванием 48,3 % (табл. 1).

Таблица 1. **Динамика пористости и пористости аэрации пахотного слоя в зависимости от приемов основной обработки почвы (%)**

Прием обработки		Перед посевом	Через 30 дней после посева	Перед уборкой
Вспашка	Общая пористость	54,4	52,7	50,4
	Пористость аэрации	18,1	17,0	14,2
Чизелевание	Общая пористость	52,3	50,5	48,3
	Пористость аэрации	16,3	14,8	13,0
Дискование	Общая пористость	51,2	50,0	46,3
	Пористость аэрации	14,7	13,5	12,5

В варианте с дискованием общая пористость была ниже и составила 46,3 %. В вариантах со вспашкой и чизелеванием получены и лучшие показатели пористости аэрации пахотного слоя почвы.

В первую половину вегетационного периода влажность почвы была несколько выше в вариантах с более мелкой обработкой почвы, чем при вспашке. Во вторую половину вегетационного периода более низкая влажность наблюдалась в варианте с дискованием (табл. 2)

Таблица 2. **Влияние приемов основной обработки на влажность почвы (%)**

Вариант	Глубина взятия образца, см	Влажность почвы по фазам развития, %			
		Фаза кущения весной	Фаза выхода в трубку	Фаза колошения	Перед уборкой
Вспашка	0–10	16,0	15,405	20,5	19,9
	10–20	17,3	17,4	20,4	19,9
Чизелевание	0–10	17,1	15,3	19,9	18,7
	10–20	17,1	16,6	19,8	18,9
Дискование	0–10	17,2	14,7	19,6	18,4
	10–20	17,0	15,6	18,9	18,8

Однако к моменту уборки озимой ржи влажность была примерно одинаковая во всех вариантах исследований и изменялась в слое почвы 0–10 см от 18,4 % в варианте с дискованием до 19,9 % в варианте со вспашкой. Такая динамика изменения влажности почвы обусловлена динамикой выпадения осадков.

Различные приемы проведения основной обработки почвы по-разному оказывали влияние и на засоренность посевов озимой ржи.

В варианте с проведением вспашки засоренность посевов составила 61,4 шт/м^2. Наибольшая засоренность посевов озимой ржи наблюдалась при проведении дискование и составила 95,6 шт/м^2. Чизелевание, как прием основной обработки почвы, обеспечило промежуточный уровень засоренности посевов озимой ржи – 78,2 шт/м^2

Приемы основной обработки почвы оказали существенное влияние и на формирование урожая озимой ржи.

Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод о том, что в варианте с проведением дискования урожайность озимой ржи была несколько ниже и составила 28,5 ц/га, что на 3,9 ц/га меньше, чем по вспашке и на 2,3 ц/га ниже, чем по чизелеванию.

Таблица 3. **Урожайность озимой ржи в зависимости от приемов основной обработки почвы**

Приемы основной обработки почвы	Урожайность, ц/га
Вспашка 22–24 см	32,4
Чизелевание 18–20 см	30,8
Дискование 10–12 см	28,5
$НСР_{05}$	2,2

Исходя из проведенных исследований, установлено, что лучшие условия для формирования урожая озимой ржи создавались в вариантах со вспашкой и чизелеванием, где были получены самые лучшие результаты по агрофизическим показателям почвы, фитосанитарному состоянию и урожайности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Эффективность систем основной обработки почвы / В. М. Новиков [и др.] // Земледелие – 2005. – № 2. – С. 329–331.

2. Кислов, А. В. Эффективность ресурсосберегающих систем обработки почвы / А. В. Кислов, Ф. Г. Бакиров // Земледелие. – 2003. – № 5. – С. 5–8.

3. Захаренко, А. В. Воздействие систем обработки почвы и гербицидов на сорняки и урожайность полевых культур / А. В. Захаренко // Защита и карантин растений. – 2000. – № 6. – С. 34–35.

УДК 632.9546635.21(476.7)
Корнейчук И. П., студент 4-го курса

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ В ПОСЕВАХ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ОАО «ПОЛЕСЬЕ ОБМ» СТОЛИНСКОГО РАЙОНА

Научные руководители – ***Шершнева Е. И.,*** *канд. с.-х. наук, доцент;* ***Шершнев А. В.,*** *канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Засоренность полей является одной из основных причин, препятствующих росту урожайности сельскохозяйственных культур. Установлено, что при средней засоренности посевов урожай культур, возделываемых в республике, снижается на 20–25 %, а при сильной он может погибнуть полностью [1].

В связи с этим целью наших исследований было изучение эффективности применения гербицидов в посевах яровой пшеницы в условиях ОАО «Полесье ОБМ» Столинского района в 2025 г. В задачи исследований входило определение видового состава сорной растительности в посевах яровой пшеницы, установление влияния гербицидов на засоренность культуры, определение хозяйственной эффективности изучаемых гербицидов.

Объект исследований – яровая пшеница сорта Мадонна. Предмет исследований – гербициды: диален супер, ВР, секатор турбо, МД.

Определение количественного состава сорной растительности, а также сырой массы сорняков проводили через 30 дней после применения гербицидов и перед уборкой путем накладывания учетных рамок. Эффективность действия гербицидов определяли по степени снижения засорённости посевов и снижению массы сорняков [2].

Учет засоренности посевов яровой пшеницы показал, что основными видами были малолетние двудольные и однодольные. Численность сорных растений перед применением гербицидов составила 112,3 шт/м^2 (табл. 1).

Таблица 1. **Видовой состав сорняков в посевах ярового ячменя (перед применением гербицидов) (2025 г.)**

Виды сорняков	шт/м^2	%
1	2	3
Двудольные малолетние		
Горец птичий – Polygonum aviculare	12,2	10,9
Щирица запрокинутая – Amaranthus retroflecsus	9,1	8,1

Окончание табл. 1

1	2	3
Сурепица обыкновенная – Barbarea vulgaris	7,2	6,4
Подмаренник цепкий – Galium aparine	13,8	12,3
Ромашка непахучая – Matricaria inodora	8,1	7,1
Звездчатка средняя – Stellaria media	16,8	14,9
Марь белая – Chenopodium album	19,2	17,3
Яснотка пурпурная – Lamium purpureum	4,1	3,7
Пастушья сумка – Capsella bursa-pastoris	7,1	6,3
Фиалка полевая – Viola arvensis	6,2	5,5
Двудольные многолетние		
Бодяк полевой – Cirsium arvense	2,0	1,8
Подорожник большой – Plantago major	1,2	1,1
Одуванчик лекарственный – Taraxacum officinale	0,8	0,7
Однодольные малолетние		
Мятлик однолетний – Poa annua	2,1	1,9
Метлица обыкновенная – Apera spica venti	2,4	2,2
Всего	112,3	100

Наиболее многочисленной группой сорных растений в посевах яровой пшеницы являлись малолетние двудольные. Из них наибольшее распространение получили марь белая (19,2 шт/м^2), звездчатка средняя (16,8 шт/м^2) и подмаренник цепкий (13,8 шт/м^2). Многолетние двудольные сорняки были представлены такими видами как бодяк полевой (2,0 шт/м^2), подорожник большой (1,2 шт/м^2), одуванчик лекарственный (0,8 шт/м^2). Из однодольных малолетних сорняков в посевах пшеницы встречались мятлик однолетний (2,1 шт/м^2) и метлица обыкновенная (2,4 шт/м^2).

Менее распространенными видами однолетних сорных растений, зафиксированными при проведении учетов, являлись пастушья сумка, фиалка полевая, подмаренник цепкий и другие.

При рассмотрении опытных данных, необходимо отметить, что применение гербицидов оказывало влияние на сохраняемость и выживаемость растений яровой пшеницы. Наименьшая сохраняемость была получена в контроле – 74,2 %. Количество растений к уборке при этом составило 303,9 шт/м^2. Наибольшая сохраняемость получена в варианте с применением секатор турбо – 89,1 % при количестве растений к уборке 365,9 шт/м^2. Сохраняемость в варианте с применением диален супер составила 86,8 % (326,0 шт/м^2).

Наивысший показатель выживаемости отмечен в варианте с применением гербицида секатор турбо – 78,8 %. Наименьший показатель выживаемости наблюдается в контроле – 67,5 %.

Применение препаратов приводит к значительному снижению численности сорняков как при первом учете, так и при втором учете, а также массы сорняков при втором учете.

Эффективность гербицидов в снижении численности сорных растений была следующая: применение препарата диален супер снижало количество сорняков на 89,8 % при первом учете и на 88,1 % при втором учете, препарата секатор турбо на 93,6 и 90,9 % соответственно. Масса сорных растений снижалась на 88,4 % при применении диален супер и на 89,8 % при применении препарата секатор турбо.

Итоговым показателем правильности и эффективности технологии возделывания различных культур является урожайность. Получение высоких и стабильных урожаев возделываемых культур является главной задачей сельскохозяйственного производства.

Анализируя данные таблицы, можно отметить, что применение гербицидов позволило получить стабильную и достоверную прибавку урожайности на уровне 8,3–12,2 ц/га (табл. 2).

Таблица 2. **Урожайность яровой пшеницы в зависимости от применения гербицидов в условиях ОАО «Полесье ОБМ» (2025 г.)**

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка к контролю, ц/га
Контроль (без гербицидов)	23,9	–
Диален супер, ВР – 0,5 л/га	32,2	8,3
Секатор турбо, МД – 0,15 л/га	36,1	12,2
$НСР_{0,5}$		

Максимальная урожайность была отмечена при применении гербицида секатор в дозе 0,15 л/га – 36,1 ц/га, что выше варианта контроля на 12,2 ц/га и варианта с применением гербицида диален супер на 3,9 ц/га.

Таким образом, в результате проведенных нами исследований было установлено, что применение средств защиты с сорняками – гербицидов оказывает значительное влияние на урожайность яровой пшеницы. Выявлено, что наибольшую прибавку урожайности дает применение гербицида секатор турбо в дозе 0,15 л/га в фазу кущения – 12,2 ц/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур: учебно-методическое пособие / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; под ред. И. Р. Вильдфлуша, П. А. Саскевича. – Горки: БГСХА, 2016. – 85 с.

2. Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков / под ред. С. В. Сороки. – Мн.: Бел. наука, 2005. – 463 с.

УДК 691.328:678:537.311
Кочан Д. В.[1], аспирант

ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИЕ ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ПО БЕТОНУ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРООБОГРЕВА: СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

*Научный руководитель – **Леонович С. Н.**[2], д-р техн. наук, профессор*
[1]Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь
[2]Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

Аннотация. В статье обобщены данные о покрытиях по бетону, которые наряду с защитной функцией могут выполнять функцию локального электрообогрева. Анализ выполнен по нескольким группам работ: surface protection systems for concrete, электропроводящие полимерные композиты, проводящие цементные материалы для self-heating/deicing, а также русскоязычные исследования углероднаполненных полиуретановых резистивных покрытий. Показано, что прямой перенос результатов, полученных для массивных цементных композитов, свободных пленок или металлических оснований, методически ограничен. Для покрытия на бетоне определяющими становятся не только состав и концентрация проводящего наполнителя, но также состояние поверхностной зоны бетона, межфазная адгезия, толщина слоя, влажность, циклы замораживания-оттаивания и стабильность сопротивления при повторном нагреве. Обосновано, что электропроводящее покрытие следует рассматривать как элемент комплексной системы защиты и электрообогрева бетонной поверхности.

Ключевые слова: бетон; защитное покрытие; электропроводящее покрытие; резистивный материал; электрообогрев; удельное электрическое сопротивление; терморасширенный графит; графеновые нанопластинки; полиуретан; адгезия; долговечность.

Введение. Поверхностная зона бетонных конструкций первой воспринимает действие влаги, солевых растворов, углекислого газа, температурных циклов, ультрафиолетового излучения и механического износа. Поэтому покрытия, пропитки и гидрофобизирующие обработки остаются одним из наиболее технологичных способов повышения долговечности бетона без изменения несущей схемы конструкции [1–4]. Для открытых бетонных поверхностей, работающих в холодный период, интерес представляет не только барьерная защита, но и возмож-

ность локального электрообогрева, позволяющего уменьшить риск обледенения.

При такой постановке задача не сводится к подбору электропроводящего наполнителя для полимерной матрицы. Рассматривать необходимо систему «бетон – межфазная зона – тонкослойное покрытие», поскольку итоговое сопротивление и тепловыделение зависят не только от состава покрытия, но и от состояния поверхности бетона, влажности, толщины слоя, качества нанесения и контакта с токовыми шинами.

Цель статьи – обобщить основные группы исследований, относящиеся к электропроводящим защитным покрытиям по бетону, и уточнить круг вопросов, которые должны быть решены при переходе от лабораторного проводящего слоя к инженерно проверяемой системе электрообогрева бетонной поверхности.

1. Защитные покрытия по бетону и ограниченность традиционного подхода.

В международной практике поверхностная защита бетона включает гидрофобную пропитку, пропитку с закупориванием пор и пленкообразующие покрытия [4]. В российской и межгосударственной нормативной базе защита бетонных и железобетонных конструкций рассматривается через условия эксплуатации, степень агрессивности среды, прогнозируемый срок службы и требования к защитным материалам [5, 6]. Отдельно регламентируется оценка адгезии покрытия к бетонной поверхности, поскольку потеря сцепления фактически означает отказ защитного слоя [7].

Для традиционных защитных покрытий основными показателями служат сплошность, сцепление с основанием, стойкость к воде, солевым растворам, карбонизации, химическим воздействиям, истиранию и климатическим циклам. Наномодифицирующие добавки, включая графен-оксид и неорганические наночастицы, могут улучшать барьерные свойства и снижать проникновение хлоридов [8–10]. Однако в этих работах графеновые материалы чаще используются как барьерный или упрочняющий компонент, а не как фаза, формирующая электронно-проводящую сеть.

Именно здесь возникает материаловедческое ограничение традиционного подхода. Барьерно эффективное покрытие может оказаться электрически изолирующим, а повышение содержания проводящего наполнителя, наоборот, способно ухудшить растекание, повысить вязкость, увеличить дефектность и ослабить адгезию. Поэтому для рас-

сматриваемой системы требуется не максимальное наполнение, а баланс между защитной, технологической и электротепловой функциями.

2. Электропроводящие полимерные композиты: перколяция и электронагрев.

Электропроводность полимерных композитов обычно связывают с перколяционным переходом. Пока частицы проводящего наполнителя разобщены диэлектрической матрицей, сопротивление остается высоким. При достижении критической концентрации формируется связанная сеть токопроводящих путей, и сопротивление резко снижается [11, 12]. Для покрытия по бетону этого условия недостаточно: необходимо учитывать равномерность толщины, устойчивость структуры, контактное сопротивление, технологичность нанесения и изменение свойств после эксплуатационных воздействий.

Для тонкого покрытия удобно связывать объемное и листовое сопротивление. При условно равномерной толщине слоя удельное электрическое сопротивление можно представить, как

$$\rho = Rs \cdot t,$$

где ρ – удельное сопротивление, Ом·см;

Rs – листовое сопротивление, Ом/кв.;

t – толщина слоя, см.

Для участка между токовыми шинами приближенно справедливо

$$R = \rho \cdot L / (b \cdot t),$$

где L – расстояние между шинами;

b – рабочая ширина покрытия.

Тепловая мощность при джоулевом нагреве определяется выражениями

$$P = I \cdot I \cdot R = U \cdot U / R.$$

Следовательно, практически значимым является не минимальное сопротивление как таковое, а рабочий диапазон R. При слишком малом сопротивлении возрастают токи, требования к источнику питания и риск локального перегрева; при слишком большом сопротивлении затрудняется получение требуемой мощности при безопасном напряжении. Поэтому оценка покрытия должна включать не только начальное значение сопротивления, но и повторяемость температурного поля при циклическом включении.

3. Углеродные наполнители графитового типа.

В электропроводящих полимерных и цементных системах применяются технический углерод, графит, углеродные волокна, углеродные нанотрубки, графен-оксид, восстановленный графен-оксид, терморасширенный графит и графеновые нанопластинки. Для тонкого покрытия по бетону особый интерес представляют пластинчатые графитовые наполнители, поскольку их морфология повышает вероятность контакта частиц в ограниченной толщине слоя и способствует формированию протяженных проводящих путей [13–15].

Перспективность терморасширенного графита и графеновых нанопластинок связана с сочетанием пластинчатой формы, электрической проводимости, сравнительной технологической доступности и совместимости с двухкомпонентными полимерными связующими. По сравнению с углеродными нанотрубками такой вариант может быть более оправдан для строительного покрытия; по сравнению с компактным графитом он потенциально обеспечивает более раннее формирование проводящей сетки в тонком слое.

Применимость основных массивов литературы к задаче электропроводящего защитного покрытия по бетону

Массив исследований	Основной объект	Что дает для темы	Предел прямого переноса
Защитные покрытия по бетону	Бетонная поверхность, барьерный слой	Требования к адгезии, водостойкости, подготовке основания	Обычно не рассматривают токораспределение и электронагрев
Электропроводящие полимерные композиты	Полимерная матрица с углеродным наполнителем	Перколяция, роль морфологии, контактное сопротивление	Часто изучаются как свободные пленки или на инертных подложках
Self-heating цементные композиты	Проводящий цементный материал в объеме	Данные по влаге, деайсингу и электропроводности	Механизм отличается от тонкого полимерного слоя
Русскоязычные резистивные материалы	Углероднаполненные полиуретановые покрытия	Инженерная база по тепловыделяющим слоям	Преимущественно металлические основания, а не бетон

При этом пластинчатые наполнители чувствительны к агрегации, рестэкингу и качеству диспергирования. Недостаточно равномерное распределение приводит к тому, что проводимость задается отдельными агрегатами, а не устойчивой сетевой структурой. В результате возрастает разброс сопротивления по площади и появляется риск локальных перегревов. Поэтому режим диспергирования, реология и контроль толщины должны рассматриваться как самостоятельные факторы формирования свойств.

4. Бетонное основание, влажность и долговечность системы.

Бетон не является инертной подложкой. Его поверхность пориста, шероховата, неоднородна и чувствительна к влажности; она может содержать открытые поры, микротрещины, цементное молочко, продукты гидратации, карбонизированную зону и остаточную влагу. Все это влияет на смачивание, проникновение связующего в поры, механическое зацепление и межмолекулярное взаимодействие покрытия с основанием [16, 17].

Для электропроводящего покрытия состояние межфазной зоны особенно существенно. Локальное отслоение или дефект ухудшает не только барьерную защиту, но и распределение тока, поскольку в таких местах возможно повышение плотности мощности и локальный перегрев. Кроме того, на реальной бетонной поверхности фактическая толщина токопроводящего слоя меняется из-за шероховатости и частичного впитывания связующего. Поэтому измеряемое листовое сопротивление отражает не только состав покрытия, но и качество подготовки основания и нанесения.

Влажность остается одним из наиболее неоднозначных факторов. В проводящих цементных композитах она может снижать измеряемое сопротивление за счет ионной проводимости, однако такое снижение не всегда означает повышение работоспособности [15]. Для тонкого полимерного покрытия необходимо разделять электронную проводимость углеродной сетки и вклад влажной бетонной подложки. Циклы замораживания-оттаивания также воздействуют сразу на несколько элементов системы: бетон, межфазную зону, проводящую сетку и контактные участки подключения шин. Поэтому испытания должны оценивать не только начальное сопротивление и максимальную температуру, но и стабильность после увлажнения, высушивания, freeze-thaw циклов и повторного электрообогрева.

5. Существующие решения электрообогрева бетонных поверхностей.

Работы по conductive concrete overlay и electrically conductive cement concrete pavement подтвердили возможность удаления снега и льда за счет джоулева нагрева проводящего цементного слоя [18–20]. Эти исследования важны как доказательство практической востребованности электрообогрева бетонных поверхностей. В то же время они относятся преимущественно к массивным цементным материалам, где проводящая фаза формируется в объеме, а не в тонком полимерном покрытии на поверхности бетона.

Наиболее близким к рассматриваемой задаче является направление полимерных электропроводящих покрытий для нагрева бетонных поверхностей, в том числе полиуретан-углеродные микроволоконные композиции [21]. Такие работы подтверждают реализуемость схемы, при которой проводящий полимерный слой наносится на бетон и используется как поверхностный нагреватель. Однако остаются недостаточно раскрытыми вопросы выбора пластинчатых графитовых наполнителей, стабильности удельного сопротивления, адгезионной долговечности, влияния влажности и циклических температурно-влажностных воздействий.

Русскоязычные исследования углероднаполненных полиуретановых резистивных материалов важны как близкая инженерная база: в них рассматриваются структура, условия получения и эксплуатационная стабильность полимерного тепловыделяющего слоя [22]. Вместе с тем их основная область связана прежде всего с металлическими элементами технологического оборудования, термоактивной опалубкой и обогревом конструктивных узлов. Поэтому эти результаты подтверждают работоспособность класса материалов, но не заменяют исследования бетонной подложки как активного фактора системы.

Заключение. Обзор показывает, что электропроводящее защитное покрытие по бетону следует рассматривать как самостоятельный объект строительного материаловедения, находящийся на стыке технологии защитных покрытий, физики проводящих композитов и инженерных систем электрообогрева. Наиболее существенная нерешенная задача состоит в установлении связи между составом и структурой тонкого покрытия, с одной стороны, и удельным сопротивлением, листовым сопротивлением, тепловым откликом, адгезией и защитной стойкостью на бетонном основании – с другой.

Перспективным является исследование системы, в которой двухкомпонентное полимерное связующее, терморасширенный графит или графеновые нанопластинки, режим диспергирования, толщина слоя, влажностное состояние бетона и эксплуатационные воздействия рассматриваются совместно. Новизна такой работы должна заключаться не в самом факте джоулева нагрева, а в выявлении условий, при которых покрытие сохраняет совокупность электрических, тепловых, адгезионных и защитных свойств.

Для инженерного применения необходима система критериев: рациональный диапазон сопротивления, стабильность $R(t)$ и $T(t)$, равномерность температурного поля, адгезия до и после воздействий, стойкость к влаге и циклам замораживания-оттаивания, а также воспроизводимость свойств при технологически реализуемом способе нанесения. Такая постановка позволяет рассматривать покрытие не как отдельный проводящий материал, а как функциональный слой, повышающий эксплуатационную надежность бетонных поверхностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Thissen, P. Surface treatments on concrete: an overview on organic, inorganic and nano-based coatings and an outlook about surface modification by rare-earth oxides / P. Thissen, A. Bogner, F. Dehn // RSC Sustainability. – 2024. – Vol. 2. – P. 2092–2124.

2. Development, Challenges, and Applications of Concrete Coating Technology: Exploring Paths to Enhance Durability and Standardization / Zhao H., Wang [et al.] // Coatings. – 2025. – Vol. 15, No. 4. – Art. 409.

3. Chloride Penetration of Surface-Coated Concrete: Review and Outlook / J. Liao, Y. Wang, X. Sun, Y. Wang // Materials. – 2024. – Vol. 17, No. 16. – Art. 4121.

4. EN 1504-2:2004. Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Part 2: Surface protection systems for concrete.

5. ГОСТ 31384-2017. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования.

6. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85.

7. ГОСТ 28574-2014. Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий.

8. Enhancing chloride ion penetration resistance into concrete by using graphene oxide reinforced waterborne epoxy coating / W. Zheng, W. G. Chen, T. Feng [et al.] // Progress in Organic Coatings. – 2020. – Vol. 138. – Art. 105389.

9. Statistical Study of the Effectiveness of Surface Application of Graphene Oxide as a Coating for Concrete Protection / A. Antolín-Rodríguez [et al.] // Coatings. – 2023. – Vol. 13, No. 1. – Art. 213.

10. An experimental characterization of the properties of graphene oxide-waterborne epoxy resin coating of concrete after chloride erosion / B. Shen, Y. Sheng, A. Abdulakeem [et al.] // Construction and Building Materials. – 2024. – Vol. 428. – Art. 136207.

11. A review on the mechanical and electrical properties of graphite and modified graphite reinforced polymer composites / R. Sengupta, M. Bhattacharya, S. Bandyopadhyay, A. K. Bhowmick // Progress in Polymer Science. – 2011. – Vol. 36, No. 5. – P. 638–670.

12. A New Insight in Determining the Percolation Threshold of Electrical Conductivity for Extrinsically Conducting Polymer Composites through Different Sigmoidal Models / M. Rahaman [et al.] // Polymers. – 2017. – Vol. 9, – No. 10. – Art. 527.

13. Pichór, W. Determination of percolation threshold in cement composites with expanded graphite by impedance spectroscopy / W. Pichór, M. Frąc, M. Radecka // Cement and Concrete Composites. – 2022. – Vol. 125. – Art. 104328.

14. Frąc, M. Cement composites with expanded graphite as resistance heating elements / M. Frąc, W. Pichór, P. Szołdra // Journal of Composite Materials. – 2020. – Vol. 54, No. 25. – P. 3821–3831.

15. Effect of internal moisture on the electric conductivity of cement composites with expanded graphite determined by impedance spectroscopy / M. Frąc, P. Szołdra, E. Teomete, W. Pichór // Cement and Concrete Composites. – 2024. – Vol. 151. – Art. 105610.

16. Interfacial adhesion mechanism between organic polymer coating and hydrating cement paste / N. K. Ilango, P. Gujar, M. Joseph [et al.] // Cement and Concrete Composites. – 2021. – Vol. 115. – Art. 103856.

17. A nanoscale adhesion mechanism of cement-epoxy interface under varying moisture conditions: A molecular dynamics study / A. A. Bahraq, I. B. Obot, N. H. Alharthi [et al.] // Surfaces and Interfaces. – 2022. – Vol. 35. – Art. 102446.

18. Yehia, S. A. Conductive Concrete Overlay for Bridge Deck Deicing / S. A. Yehia, C. Y. Tuan // ACI Materials Journal. – 1999. – Vol. 96, No. 3. – P. 382–390.

19. Conductive Concrete Overlay for Bridge Deck Deicing: Mixture Proportioning, Optimization, and Properties / S. Yehia, C. Y. Tuan, D. Ferdon, B. Chen // ACI Materials Journal. – 2000. – Vol. 97, No. 2. – P. 172–181.

20. Review on self-heating electrically conductive cementitious composites: Focus on deicing and electrical curing / A. Oumer, C. Lee, E. Ahn, S. Gwon // Construction and Building Materials. – 2024. – Vol. 439. – Art. 137232.

21. Polyurethane-carbon microfiber composite coating for electrical heating of concrete pavement surfaces / A. Sassani, A. Arabzadeh, H. Ceylan [et al.] // Heliyon. – 2019. – Vol. 5, No. 8. – Art. e02359.

22. Мелентьев, С. В. Резистивный материал на основе углероднаполненного полиуретана: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.09 / С. В. Мелентьев. – Томск, 2014. – 159 с.

УДК 628.29:728.37

Лой Н. Э., студент 3-го курса

СТАНЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМОВ

*Научный руководитель – **Васильева Н. В.**, канд. техн. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Частные дома, не подключённые к городским коммуникациям, нуждаются в автономной системе сбора сточных вод, поэтому каждый владелец со временем приходит к вопросу, какую систему сбора отходов выбрать. На рынке оборудования для автономной очистки представлен широкий выбор очистных сооружений, которые отличаются не только с конструктивной точки зрения, но и имеют разные способы очистки и утилизации стоков. Благодаря качественной переработке

сточных вод впоследствии их можно использовать для собственных нужд (полива и прочих потребностей).

Производительность выбирается в зависимости от количества проживающих из расчета 200 литров в сутки на 1 жильца. Например, если в доме проживает 5 человек, то выбирают станцию производительностью 1 000 л/сутки.

Залповый сброс – это объем стоков, который может единовременно поступить в очистную установку. Он должен быть больше или таким же, как залповый сброс всей установленной в доме сантехники. Для станций с самотечными переливами превышение залпового сброса грозит вымыванием микрофлоры и снижением качества очистки.

Для определения залпового сброса сантехники можно пользоваться таблицей.

Залповый сброс от сантехнических приборов

Приборы	Залповый сброс, л	Приборы	Залповый сброс, л
Унитаз	10	Стандартная ванна	200
Раковина	10	Ванна джакузи	400
Биде	5	Угловая ванна джакузи	440
Кухонная мойка	30	Стиральная машина	50
Душевая кабина	90	Посудомоечная машина	20

Корпуса станций могут быть цилиндрическими или в форме параллелепипеда. Цилиндрический корпус испытывает равномерную нагрузку изнутри и снаружи, он более устойчив к сдавливанию. Что касается материала, то самые прочные корпуса делают из полипропилена. Есть примеры станций из стеклопластика (БиоПурит, Кристалл), корпуса из него достаточно жесткие. Протечки в них могут возникать в местах присоединения горловин, боковин и патрубков.

Качество очистки зависит не только от конструкции станции, но и от других факторов: от режима использования (постоянно или сезонно); от времени года (зимой процессы очистки замедляются); от интенсивности использования (объем стоков, сливаемых в систему); от состава стоков (использования моющих и чистящих средств).

Многолетний опыт производства позволил разработать модели станции биологической очистки сточных вод, которые являются востребованными на белорусском рынке (очистные сооружения биологической очистки в двух вариантах):

1. Очистные сооружения бытовых стоков (СБО) для водоотведения. На стадии очистки загрязненная вода проходит этап аэрации. Микроорганизмы, что формируют хлопья, активно размножаются, вследствие

чего формируются целые группы, к которым в дальнейшем подключаются живые формы. Станция очистки сточных вод выполняет в процессе работы функцию подачи предварительно растворенного кислорода для обеспечения связи биогенных и других активных веществ, а также для отделения активного ила. В системе используется биозагрузка с закрепленными к ней организмами.

2. Станция глубокой биологической очистки СБО-N (рис. 1). Эффективно очищает загрязненные воды как от органики, так и от соединений азота. Станция имеет аноксионную камеру, отстойник и аэротенк. Аноксионная камера отвечает за поддержание нужных условий аэробной аноксионной очистки. Здесь стоки смешиваются с активным илом, что подается с аэрационной камеры. Далее воды перенаправляются в отдел более комплексной аэрации, где выполняется их очистка и оксидация азота. Из отстойника ил вновь направляется в аноксионную зону. Лишнее его количество время от времени удаляется, когда его объем превышает установленный нормами уровень.

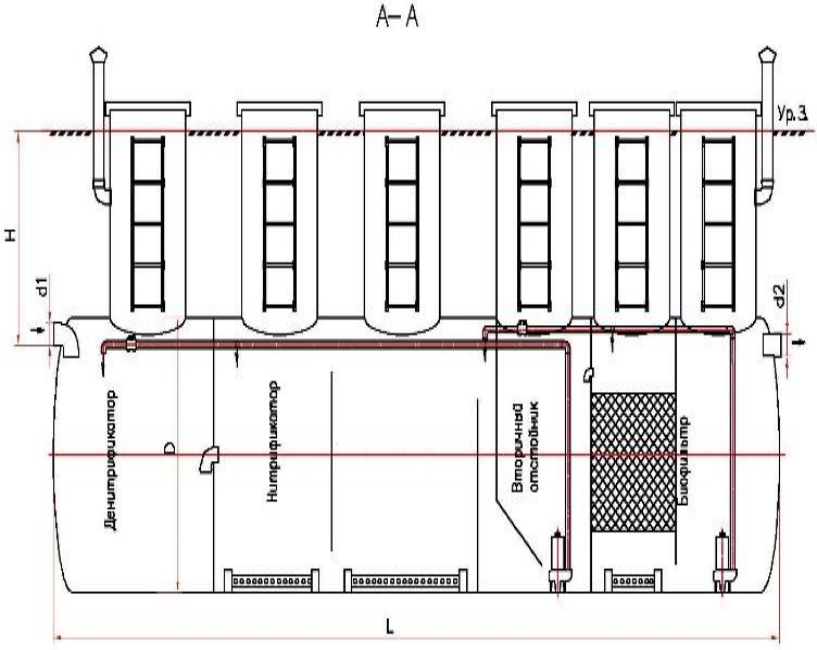


Рис. 1. Станция глубокой биологической очистки СБО-N

СБО-N дает возможность выполнять более эффективную очистку, чем СБО. При этом они остаются крайне нетребовательными к эксплуатационным условиям, в ходе работы не провоцируют образования зеленого ила и не вызывают анаэробных процессов. Ил извлекается и не появляется неприятный запах. Количество его существенно меньше, чем у станций биологической очистки воды (СБО), что обосновано поддержкой минимальной загрузки.

Функционально установка состоит из нескольких отсеков, каждый из которых отвечает за определенное действие: прием сточных вод, переработку и очистку, отстаивание очищенной воды и ее откачка в резервуар либо грунт. Такая станция глубокой биологической очистки – выгодное приобретение, так как это уникальная отечественная разработка; очевидная экономия (доставка и монтаж на порядок дешевле, за счет местного производства); использование в изделиях прочного и износостойкого стеклопластика.

Последующее обслуживание комплекса не будет вызывать затруднений, потому что работа установки автоматизирована. Основной задачей обслуживания установки является периодическое устранение накопившегося ила и замена фильтров. При должном уходе система будет бесперебойно служить на протяжении долгих лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водоотведение: учебник / Ю. В. Воронов, Е. В. Алексеев, В. П. Саломеев, Е. А. Пугачев. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 415 с.

2. Водоснабжение и водоотведение: учебник для вузов / В. И. Калицун [и др.]. – М.: Стройиздательство, 2006. – 480 с.

3. ТКП 4 1 202 10 45- .0 - -20 (02250) Очистные сооружения сточных вод Строительные нормы проектирования.

УДК 504.5(476)

Лукашков В. А., студент 3-го курса

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Научный руководитель – **Ткачёва Т. Н.**, ст. преподаватель*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Радиоактивное загрязнение является одним из наиболее тяжелых и долговременных экологических вызовов для Республики Беларусь (РБ). Территория страны оказалась в эпицентре крупнейшей

в истории техногенной радиационной катастрофы – аварии на Чернобыльской АЭС (1986 г.). Это событие кардинально изменило экологическую и социально-экономическую ситуацию, превратив проблему радиационной безопасности в общенациональный приоритет. Последствия загрязнения продолжают влиять на природные комплексы, здоровье населения и хозяйственную деятельность.

Цель работы – выявить влияние радиоактивного загрязнения природной среды Республики Беларусь.

Материалы и методика исследований. Изучение литературных источников методических исследований.

Результаты исследования и их обсуждение.

Источники и масштабы загрязнения.

Чернобыльская катастрофа (основной источник). В результате аварии около 70 % выброшенных радиоактивных веществ (преимущественно изотопы йода-131, цезия-137, стронция-90 и плутония) выпало на территории Беларуси [4].

Загрязненная территория. Под загрязнение цезием-137 с плотностью более 1 Ки/км² попало более 46 тыс. км², или 23 % от общей площади страны. Из них около 10 % (4,8 тыс. км²) – зоны с плотностью загрязнения более 15 Ки/км²м [2, 3].

Пострадавшие регионы. Наибольший урон понесли Гомельская (юг и юго-восток) и Могилевская (восток) области. Частично загрязнены Брестская, Минская и Гродненская области [4].

Другие источники:

Глобальные выпадения от испытаний ядерного оружия в атмосфере.

Естественные радионуклиды (уран, торий, радон) в породах.

Медицинские и промышленные источники. Однако их вклад несоизмеримо мал по сравнению с чернобыльским следом.

Основные загрязняющие радионуклиды и их особенности

Цезий-137 (период полураспада ~30 лет): является основным дозообразующим радионуклидом на большей части загрязненной территории. Хорошо накапливается в почве, растениях, грибах, ягодах и мясе диких животных. Его миграция зависит от типа почв (хуже закрепляется в песчаных и торфяных) [4, 5].

Стронций-90 (период полураспада ~29 лет): концентрируется в костных тканях живых организмов. Имеет более локализованные, но не менее опасные ареалы загрязнения.

Изотопы плутония (период полураспада тысячи лет): создают локальные пятна вблизи Чернобыльской АЭС. Представляют долговре-

менную угрозу, но из-за низкой подвижности в окружающей среде их воздействие ограничено.

Воздействие на природную среду.

Лесные экосистемы: Леса стали главным барьером и аккумулятором радионуклидов («Рыжий лес» в зоне отчуждения – символ катастрофы). Грибы, ягоды, дичь и древесина в загрязненных лесах часто имеют повышенную удельную активность. Лесные пожары в этих зонах несут риск вторичного переноса радионуклидов с дымом [4, 5].

Водные экосистемы: Реки Припять, Днепр и их притоки подверглись значительному загрязнению. Со временем активность воды снизилась, но донные отложения и пойменные почвы остаются долговременными источниками.

Сельскохозяйственные земли: около 20 % сельхозугодий (1,6 млн га) были изъяты из оборота сразу после аварии. Основная проблема – биоаккумуляция радионуклидов в растениях. Применяется комплекс защитных мер: известкование почв, внесение калийных удобрений, глубокая вспашка, переход на чистые культуры.

Биологическое разнообразие: в зонах с высоким загрязнением наблюдались острые радиационные эффекты у растений и животных. В отдаленном периоде в условиях отсутствия человека (Полесский государственный радиационно-экологический заповедник) природа демонстрирует удивительное восстановление и биоразнообразие, хотя генетические последствия и аномалии продолжают изучаться.

Социально-экономические последствия [1, 4, 5].

Переселение: отселено около 138 тыс. человек из 470 населенных пунктов. **Ограничение хозяйственной деятельности:** введены жесткие регламенты на ведение лесного и сельского хозяйства, охоты, рыболовства сбор дикоросов. **Медицинские последствия:** рост заболеваемости раком щитовидной железы (особенно у детей на момент аварии), возможное увеличение других соматических и генетических заболеваний. Создана Государственная система радиационного мониторинга и медицинского учета [1].

Психологический стресс и «радиофобия».

Современное состояние и система управления. Беларусь создала одну из самых развитых в мире Государственных систем радиационного контроля и мониторинга. Она включает: 1) радиационный мониторинг почвы, воздуха, воды, продуктов питания [1, 4, 2]; 2) ведомственный контроль Минсельхозпрода, Минздрава, Минлесхоза; 3) агрометеорологический мониторинг.

Информирование населения через ежегодные справочники (например, «Радиационная обстановка на территории Беларуси») и онлайн-карты.

С 2021 г. действует новая редакция Критериев оценки радиационной обстановки, ужесточающая допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в пищевой продукции (в 2–4 раза по сравнению со старыми нормами), что приближает их к стандартам ЕС [1, 2].

Пути реабилитации и перспективы. Стихийное снижение за счет физического распада (цезий-137 и стронций-90 сократили свою активность примерно в 2 раза с 1986 года) [1, 4].

Целенаправленные меры. Агротехнические и мелиоративные мероприятия на сельхозземлях.

Ведение лесного хозяйства с особым режимом (запрет на сбор некоторых видов продукции, контроль за лесными пожарами).

Постоянный мониторинг и научные исследования (Институт радиобиологии НАН РБ, Полесский заповедник) [4, 5].

Социальная поддержка пострадавшего населения.

Перспективы: Проблема радиоактивного загрязнения останется актуальной на протяжении жизни нескольких поколений. Ключевыми задачами являются поддержание эффективной системы контроля, внедрение новых технологий реабилитации земель, развитие «чистого» производства в пострадавших регионах и объективное информирование населения [1, 4].

Заключение. Радиоактивное загрязнение природной среды Беларуси – это трагический след Чернобыльской катастрофы, с которым стране приходится жить и справляться. Благодаря масштабной и системной работе государственных органов и научного сообщества удалось минимизировать дальнейшее воздействие радиации на население и создать эффективную систему контроля. Однако долгосрочность последствий требует неослабевающего внимания, постоянного финансирования защитных мер и глубокого понимания того, что реабилитация загрязненных территорий – это путь, измеряемый десятилетиями и направленный на обеспечение безопасности будущих поколений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Департамент по ликвидации последствий катастрофы на ЧАЭС МЧС Республики Беларусь. Официальный сайт. – URL: https://www.chernobyl.gov.by (дата обращения: 04.03.2026).

2. Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды (Белгидромет). Ежегодные аналитические

обзоры и бюллетени «Радиационная обстановка на территории Республики Беларусь». – URL: http://www.rad.org.by (дата обращения: 04.03.2026).

3. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Статистические сборники «Окружающая среда Республики Беларусь» (ежегодно). – URL: https://www.belstat.gov.by (дата обращения: 04.03.2026).

4. Чернобыльская катастрофа: последствия и их преодоление: национальный доклад / под общ. ред. В. Ф. Логинова, В. Л. Гураковского. – Мн.: Бел. навука, 2016. – (Фундаментальный многотомный труд, обобщающий 30-летний опыт).

5. Полесский государственный радиационно-экологический заповедник. Научные труды и сборники. – URL: https://zapovednik.by/ru/ (Сайт содержит уникальные данные по миграции радионуклидов в естественных экосистемах) (дата обращения: 04.03.2026).

УДК 556.388(476)

Лукашков В. А., студент 3-го курса

ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Научный руководитель – **Ткачёва Т. Н.**, ст. преподаватель*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Республика Беларусь по праву считается «синеокой» страной, обладающей значительными водными ресурсами: более 20 тыс. рек, 10 тыс. озер и обширными запасами подземных вод. Вода является не только природным богатством, но и основой хозяйственной деятельности, источником питьевого водоснабжения для большинства населения. Однако в последние десятилетия эти ресурсы испытывают возрастающую антропогенную нагрузку, ведущую к их количественному и качественному истощению. Проблема загрязнения поверхностных и подземных вод остается одной из наиболее острых экологических испытаний для страны.

Цель работы – выявить проблемы и решения загрязнения поверхностных и подземных вод в Республике Беларусь.

Материалы и методика исследований. Изучение литературных источников метод исследований.

Результаты исследований и их обсуждение.

1. Загрязнение поверхностных вод: основные источники и тенденции.

Поверхностные водные объекты (реки, озера, водохранилища) наиболее уязвимы, так как являются конечным пунктом стока для загрязняющих веществ с обширных территорий [3, 4].

Ключевые источники загрязнения:

Диффузное (поверхностное) загрязнение с сельскохозяйственных угодий. Это главная проблема для рек Беларуси. С талыми, дождевыми и поливными водами в водоемы попадают:

Биогенные элементы (азот и фосфор): из-за чрезмерного применения минеральных и органических удобрений. Это приводит к эвтрофикации – «цветению» воды, бурному развитию сине-зеленых водорослей, гибели aquatic ecosystems и деградации озер (наиболее яркие примеры – озера Нарочь, Свитязь) [4, 5].

Пестициды и агрохимикаты: несмотря на сокращение их применения, остаточные количества и накопленные в почве запасы продолжают мигрировать в воду [3, 4].

Точечные источники от промышленности и коммунального хозяйства.

Недостаточно очищенные или вовсе неочищенные сточные воды от предприятий пищевой, химической, машиностроительной промышленности.

Стоки с городских территорий, несущие нефтепродукты, тяжелые металлы (свинец, цинк, медь), соли, бытовой мусор.

Изношенные системы ливневой канализации, которые часто являются прямым каналом сброса загрязнений в реки.

Трансграничный перенос. Многие крупные реки (Западная Двина, Днепр, Неман, Припять) являются трансграничными. Загрязняющие вещества поступают с территорий соседних государств (Россия, Украина, Польша, Литва), и наоборот, что требует сложной международной координации [2, 3, 5].

2. Загрязнение подземных вод: скрытая, но серьезная опасность.

Подземные воды, являющиеся основным источником централизованного питьевого водоснабжения (около 60 %), долгое время считались надежно защищенными. Однако и здесь ситуация вызывает тревогу [5].

Основные причины ухудшения качества подземных вод.

Проникновение загрязнений с поверхности. Через негерметичные или неправильно ликвидированные скважины, карстовые воронки, а также в результате фильтрации загрязненных поверхностных вод в районе водозаборов [3, 4].

Влияние сельского хозяйства. Нитратное загрязнение – самая распространенная проблема. Избыток нитратов с полей инфильтруется в грунтовые воды, делая их непригодными для питья без дорогостоящей очистки. Это особенно характерно для районов с интенсивным животноводством [4].

Промышленные и коммунальные объекты. Утечки с нефтебаз, складов ГСМ, хранилищ отходов, фильтрация с полигонов твердых

коммунальных отходов (ТКО) и промышленных шламохранилищ. Загрязнителями выступают тяжелые металлы, хлориды, сульфаты, нефтепродукты, органические соединения [3, 5].

Естественное загрязнение. В некоторых регионах (например, Полесье) в подземных водах наблюдается повышенное содержание железа, марганца и фтора, что требует обязательной дополнительной очистки [2].

3. Последствия для экосистем и человека.

Экологические. Деградация водных и околоводных экосистем, потеря биологических видов, нарушение естественного самоочищения водоемов [4, 5].

Социально-экономические. Рост затрат на водоподготовку, риски для здоровья населения (потребление воды с высоким содержанием нитратов, тяжелых металлов или патогенов может привести к острым и хроническим заболеваниям), ограничение развития туризма и рекреации [2, 3].

Водный дефицит. Качественное истощение водных ресурсов ведет к их количественному дефициту, особенно в засушливые периоды.

4. Пути решения и меры, принимаемые в РБ.

Государство осознает остроту проблемы и предпринимает шаги по ее решению.

Правовое регулирование. Действует Водный кодекс РБ, разрабатываются нормативы ПДК, устанавливаются водоохранные зоны и прибрежные полосы [1].

Технологические меры. Модернизация и строительство новых очистных сооружений как для промышленных, так и для коммунальных стоков. Внедрение систем оборотного и повторного водоснабжения на предприятиях [3, 5].

Агроэкологические подходы. Пропаганда и внедрение точного земледелия, сокращение применения химических удобрений и пестицидов, создание буферных растительных зон вдоль водоемов, обустройство систем отвода и очистки стоков с животноводческих комплексов [4].

Мониторинг. Функционирует государственная система мониторинга поверхностных и подземных вод, которая отслеживает изменения их состояния.

Международное сотрудничество. Участие в конвенциях и программах (например, по бассейнам рек Днепра, Западной Двины), совместные проекты с соседними странами [2, 3].

Заключение. Проблема загрязнения водных ресурсов в Беларуси носит комплексный характер, коренясь в структуре экономики (агропромышленный комплекс) и исторически сложившейся инфраструктуре. Несмотря на принимаемые меры, положительная динамика наблюдается медленно, а новые вызовы (микропластик, фармацевтические загрязнения, стареющие полигоны отходов) добавляют сложности. Успех в сохранении «синеокого» богатства страны зависит от последовательной государственной политики, внедрения наилучших доступных технологий, экологического просвещения населения и реального перехода к принципам «зеленой» экономики. Инвестиции в чистую воду сегодня – это инвестиции в здоровье нации и устойчивое развитие Беларуси в будущем [2, 3, 5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Водный Кодекс Республики Беларусь. – Основополагающий законодательный акт, регулирующий охрану и использование вод.

2. Национальная стратегия по устойчивому социально-экономическому развитию Республики Беларусь на период до 2030 года. – Включает разделы, касающиеся экологии и водных ресурсов.

3. Логиновский, С. В., Жукова, О. В. [и др.] «Водные ресурсы Беларуси: оценка состояния, прогноз, управление». – Фундаментальная работа, обобщающая знания о количестве и качестве водных ресурсов, антропогенном воздействии и методах управления.

4. Пашкевич, В. И., Яцухно, В. М. «Гидроэкология: учебник» (или более ранние работы Пашкевича по гидроэкологии Беларуси). – Рассматриваются экологические проблемы водных объектов Беларуси, в том числе процессы эвтрофикации, химического и биологического загрязнения.

5. Курко, С. М. (ред.) «Природная среда Беларуси». – В коллективной монографии есть подробные главы, посвященные водным ресурсам, их использованию и экологическим проблемам.

УДК 614.76(476)

Лукашков В. А., студент 3-го курса

ДЕГРАДАЦИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Научный руководитель – **Ткачёва Т.Н.**, ст. преподаватель*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Торфяно-болотные почвы Полесья представляют собой уникальные экосистемы, выполняющие ключевые биосферные функции: депонирование огромных запасов органического углерода, регуляция гидрологического режима и поддержание биологического раз-

нообразия. Историческое масштабное осушение этих территорий для сельскохозяйственного и лесного использования инициировало процессы аэробной деградации торфа. В современных условиях на эти процессы накладывается мощный климатический фактор — рост температуры воздуха, увеличение частоты, продолжительности и интенсивности засух, что приводит к дополнительному критическому снижению УГВ. Совокупность этих факторов резко ускоряет трансформацию почвенного покрова, создавая серьезные экологические и экономические риски, включая потерю почвенного ресурса, усиление выбросов CO_2 и риски торфяных пожаров.

Цель работы – влияние деградации и загрязнения на почвы в РБ.

Материалы и методика исследований. Изучение литературных источников метод исследований.

Результаты исследования и их обсуждение.

1. Механизмы и темпы деградации торфяных почв в изменяющихся условиях.

1.1. Минерализация органического вещества и «сработка» торфяной залежи.

В естественных гидроморфных условиях торфонакопление превышает минерализацию. Осушение и падение УГВ ниже критической отметки (обычно 40–50 см от поверхности) переводят торфяную залежь в аэробное состояние, активизируя деятельность аэробных микроорганизмов. В условиях Полесья, где наблюдается тренд на потепление и увеличение испаряемости, этот процесс интенсифицируется [4].

Темпы минерализации: в мелиорированных торфяниках при глубоком осушении потери углерода за счет дыхания почвы (гетеротрофная респирация) могут достигать 5–15 т CO_2-экв. /га в год. В засушливые периоды эти показатели могут возрастать в 1,5–2 раза. Минерализация приводит не только к эмиссии CO_2, но и к вымыванию растворенных органических веществ и азота, вызывая эвтрофикацию водотоков [4].

«Сработка» торфяного слоя: Процесс выражается в прогрессирующем уменьшении мощности торфяной залежи. Средняя скорость сработки на осушенных сельскохозяйственных землях Полесья оценивается в 0,5–2,5 см/год, в зависимости от типа торфа, глубины осушения и характера использования. Наиболее интенсивно деградируют верховые и переходные торфа. В результате на месте мощных торфяников формируются маломощные торфянистые, перегнойно-глеевые, а впоследствии – минеральные почвы (часто песчаные подстилающие породы), полностью теряющие свои первоначальные функции [1, 4].

1.2. Влияние засух и снижения УГВ на ускорение деградации.

Учащение засух выступает как триггерный и усиливающий фактор [3, 4]:

Глубокое иссушение профиля: Длительные периоды без осадков приводят к опусканию УГВ на глубину более 1 метра, вовлекая в активную аэробную зону ранее стабильные слои торфа [4].

Нарушение капиллярного подъема: при иссушении верхнего горизонта исчезает капиллярная кайма, питающая корни растений, что приводит к гибели растительности, разрушению дернины и усилению эрозии торфа ветром [4].

Пирогенный фактор: высушенный торф становится высокогорючим материалом. Торфяные пожары, характерные для засушливых периодов, приводят к мгновенной и масштабной потере органического вещества, выбросу огромного количества углерода и токсичных веществ [2, 4].

2. Практическая значимость: стратегии адаптивного управления.

2.1 Рекультивация для устойчивого сельскохозяйственного использования.

Применяется на почвах с сохранившейся мощностью торфа и потенциалом для рентабельного использования. Направлена на замедление деградации.

Контроль УГВ: Установка регулируемых водорегулирующих сооружений (шахтно-шлюзовых систем) для поддержания УГВ на оптимальном уровне (не ниже 60–70 см в вегетационный период) [1, 4].

Агротехнические приемы: Введение многолетних трав (бобово-злаковые смеси), минимальная обработка почвы, внесение органоминеральных удобрений для поддержания положительного баланса ОВ [1].

Влагоудерживающие технологии: Применение геотубин, полимерных гидрогелей для локального сохранения влаги в корнеобитаемом слое [4].

2.2. Повторное заболачивание (Ревайлдинг) как приоритетная экологическая стратегия.

Для сильно деградированных, маломощных, нерентабельных в сельском хозяйстве торфяников, а также для территорий, важных для биоразнообразия и углеродного баланса, наиболее эффективной стратегией является восстановление близкого к естественному гидрологическому режиму.

Техническая реализация: подъем УГВ путем перекрытия мелиоративных каналов системами плотин, создания каскада подпорных сооружений, заполнения канав.

Ожидаемые эффекты: немедленное снижение эмиссии CO_2: Переход в обводненное состояние подавляет аэробную минерализацию.

Восстановление функции стока углерода: возобновляется процесс торфонакопления.

Снижение риска пожаров.

Восстановление биоразнообразия: возвращение типичной болотной флоры и фауны.

Улучшение гидрологического режима территории: аккумулирование паводковых вод, замедление стока [2, 4].

Заключение. Торфяно-болотные почвы Полесья переживают период катастрофически быстрой трансформации, движимой синергией антропогенного осушения и климатических изменений. Доминирующим процессом становится ускоренная минерализация органического вещества с высокой потерей углерода в атмосферу. Для предотвращения полной деградации этих уникальных экосистем и смягчения климатических последствий необходим срочный переход к адаптивному, дифференцированному управлению.

Наиболее перспективным и экологически целесообразным направлением для значительных площадей является стратегия ревайлдинга – целенаправленного повторного заболачивания, которое позволяет не только консервировать оставшиеся запасы углерода, но и восстановить нарушенные экосистемные услуги. Данный подход должен стать основой для разработки региональных программ адаптации к изменению климата и сохранения природного наследия Полесья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бамбалов, Н. Н. Изменение свойств торфяных почв Белорусского Полесья в процессе осушения и сельскохозяйственного использования / Н. Н. Бамбалов, Н. Ф. Ловчий. – Мн.: Бел. наука, 2009. – 220 с.

2. Торфяно-болотные экосистемы: функционирование, динамика, охрана / под ред. М. С. Боч, В. А. Смагина. – СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2017. – 296 с.

3. Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона: Оценочный отчет / под ред. А. О. Кокорина. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2011. – 144 с. (Содержит методологические подходы, применимые к Полесью).

4. Козулин, А. В. Деградация осушенных торфяных почв Белорусского Полесья и эмиссия парниковых газов / А. В. Козулин, В. М. Яцухно // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 2 (63). – С. 120–135.

УДК 504(476)
Лукашков В. А., студент 3-го курса

ДЕГРАДАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Научный руководитель – ***Ткачёва Т. Н.****, ст. преподаватель*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Промышленный комплекс Беларуси, являясь основой экономики, одновременно выступает мощным фактором антропогенного воздействия на окружающую среду. Деградация природных компонентов в зонах влияния крупных предприятий (импактных зонах) представляет собой сложный многофакторный процесс, затрагивающий атмосферу, почвенный покров, поверхностные и подземные воды, а также биологическое разнообразие. В соответствии с Национальной стратегией устойчивого развития, экологическая составляющая является ключевым индикатором рационального природопользования, однако локальные геоэкологические проблемы в промышленных узлах сохраняют свою остроту.

Цель работы – выявить деградацию природной среды в зоне внешних крупных промышленных предприятий Республики Беларусь.

Материалы и методика исследований. Изучение литературных источников методических исследований.

Результаты исследования и их обсуждение.

Методология оценки импактного воздействия.

Для объективной оценки деградации среды в зоне влияния промпредприятий применяется система импактного мониторинга. Согласно данным Полесского аграрно-экологического института НАН Беларуси, такие наблюдения включают сеть пунктов отбора проб (до 80 точек на площади порядка 1 900 га), где исследуются объекты растительности, почвенный покров, лесная подстилка и мортмасса на предмет накопления загрязнителей. Государственная экологическая экспертиза, регулируемая Законом «О государственной экологической экспертизе...», является обязательным барьером, призванным не допустить реализации проектов, ведущих к необратимой деградации ландшафтов. Однако, как показывает практика, даже прошедшие экспертизу объекты могут становиться источниками хронического загрязнения [1, 8].

Основные компоненты деградации природной среды.

Атмосферный воздух. Загрязнение атмосферы стационарными источниками остается одной из наиболее динамичных проблем. В 2024 г. суммарные выбросы составили 865 тыс. т, что является историческим минимумом, однако это не отменяет локальных превышений. В разрезе отраслей наибольший вклад вносят предприятия энергетики, химии и нефтехимии, а также производства минеральных удобрений. В 2025 г. в большинстве промышленных городов (26 городов под наблюдением) обстановка оценивалась как благополучная, однако в Гомеле, Бресте и Витебске доля дней с превышением нормативов по пыли достигала 10–12 %, что носит сезонный характер и усугубляется дефицитом осадков. Особую тревогу вызывает ситуация в Жлобине, где на протяжении многих лет фиксируются повышенные концентрации мелкодисперсной пыли (ТЧ2,5), а также эпизодические превышения диоксида азота в Могилеве и Жлобине. Фотохимическое загрязнение формальдегидом в 2025 г. затронуло восемь городов, а сезонное увеличение приземного озона отмечалось в Бресте, Гродно, Новополоцке, Полоцке и Могилеве [2, 8, 10].

Почвенный покров. Деградация почв в зоне влияния промпредприятий проявляется в трех основных формах: химическое загрязнение, механическое нарушение и эрозия. Наиболее остро проблема стоит в Солигорском горнопромышленном районе. Разработка Старобинского месторождения калийных солей привела к образованию техногенного рельефа: солеотвалы высотой до 120–140 м и шламохранилища занимают около 1,4 тыс. га земель. Объем твердых солевых отходов превысил 700 млн т, жидких шламов – 65 млн т, что вызывает засоление почв и грунтовых вод на площади более 200 км². В районах добычи нефти и крупных промцентров также фиксируется ухудшение качества подземных вод [9].

Вдоль автомагистралей и в промзонах городов отмечается накопление тяжелых металлов, хотя в последние годы их количество снизилось. Важным фактором деградации являются промышленные и бытовые отходы: ежегодно в стране образуется более 40 млн т отходов, значительная часть которых складируется на поверхности, занимая земли и загрязняя сопредельные среды [9].

Растительность и водные объекты. Зеленые насаждения выполняют важнейшие средообразующие функции, однако в промышленных зонах они испытывают угнетение. Исследования в Гродно с применением геоинформационных технологий показали, что объем депонирова-

ния углерода зелеными массивами варьирует от менее 100 т/год в промзонах до 3 500–5 500 т/год в долинах рек, что подтверждает необходимость учета структуры ландшафтов при оценке их экологических функций. Деградация растительности в импактных зонах снижает способность экосистем к самоочищению и регуляции микроклимата [4].

Загрязнение поверхностных вод промышленными стоками, хотя и сократилось благодаря очистным сооружениям, остается актуальным. Наиболее загрязнена река Свислочь ниже Минска, фиксируются разовые превышения ПДК вредных веществ на всех реках страны. В районах калийного производства происходит засоление водных объектов, а обвалы в выработанных шахтах приводят к техногенному заболачиванию земель [9].

Региональные очаги деградации.

Солигорский горнопромышленный район является классическим примером глубокой трансформации природной среды. Здесь сформировался техногенный ландшафт с провальными воронками, подтопленными территориями и засоленными почвами. Государством проводятся мероприятия по снижению негативного воздействия, но масштаб накопленного ущерба требует долгосрочных решений [9].

Светлогорск. Ввод в эксплуатацию целлюлозно-картонного комбината (2018 г.) сопровождался системными экологическими проблемами. Жители неоднократно жаловались на неприятный запах, а в 2023 г. государство через суд взыскало с предприятия более 1 млн долл. за вред окружающей среде. В январе 2026 г. жалобы населения возобновились, что свидетельствует о хроническом характере загрязнения. Кроме того, в июне 2023 г. на комбинате произошел взрыв с гибелью людей, что добавляет техногенный риск к экологическим проблемам [6].

Новополоцк и Могилев. Новополоцк традиционно лидирует по объемам выбросов (более 56 тыс. т в год) благодаря нефтеперерабатывающей промышленности [9]. В Могилеве сохраняются повышенные концентрации диоксида азота и формальдегида, что связано с работой комплекса промышленных предприятий [2].

Проблема накопленного ущерба и деградации территорий.

Помимо текущего воздействия, в Беларуси существует проблема «экологического наследия» прошлых лет. Крупнейшей из них остается радиоактивное загрязнение в результате аварии на ЧАЭС, затронувшее Гомельскую и Могилевскую области. Хотя за 30 лет содержание радионуклидов снизилось, на площади свыше 2 млн га лесов запрещен сбор грибов и ягод, создан Полесский государственный радиационно-экологический заповедник [9].

Другой масштабной проблемой является деградация ландшафтов Полесья вследствие осушительной мелиорации. Почти половина сельхозугодий региона (2 млн га) – мелиорированные земли, где мощность торфа ежегодно уменьшается на 1–2 см, а на месте торфяников образуются малоплодородные песчаные почвы. Хотя эта проблема имеет более давнее происхождение, она усугубляется современным сельскохозяйственным использованием и изменением климата [9].

Заключение. Деградация природной среды в зоне влияния крупных промышленных предприятий Беларуси проявляется в комплексе взаимосвязанных процессов: загрязнения атмосферы (пыль, диоксид азота, формальдегид, озон), химической и механической деградации почв (засоление, отчуждение земель под отходы), угнетения растительности и ухудшения качества вод. Наиболее проблемными регионами остаются Солигорский горнопромышленный район с его колоссальными объемами солевых отходов, Светлогорск с хроническими выбросами ЦКК, а также крупные индустриальные центры – Новополоцк, Могилев, Жлобин. Несмотря на общую тенденцию к снижению выбросов и наличие государственных программ, локальные очаги деградации требуют усиленного мониторинга, модернизации производств и реализации мер по рекультивации нарушенных земель.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственное научное учреждение «Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси». Экологический мониторинг объектов окружающей среды в 2025 году // Свободная экономическая зона «Брест». – 2025. – URL: https://fezbrest.com/33648201-ekologicheskij-monitoring-obektov-okruzhayushhej-sredyi-v-2025-godu. – Описание системы импактного мониторинга на промплощадке «Аэропорт» с данными 2025 года об отсутствии превышений ПДК.

2. Мельник, Е. Какие промышленные города Беларуси оказались в лидерах по чистоте воздуха по итогам 2025 года / Е. Мельник // Витебские вести. – 15.10.2025. — URL: https://vitvesti.by/index.php/ekologiia.html. – Сводные данные Белгидромета по загрязнению воздуха в 26 промышленных городах, включая превышения по пыли, диоксиду азота, формальдегиду и озону.

3. Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Republic of Belarus. Pollutant emissions decreasing in Belarus // Official website. – 25.08.2025. – URL: https://minpriroda.gov.by/printv/en/news-en/view/pollutant-emissions-decreasing-in-belarus-6418/. – Официальные данные о снижении выбросов до исторического минимума, выполнении международных обязательств и благоприятной обстановке в 23 промгородах.

4. Shchasnaya, I. Assessment of the environment-forming functions of green spaces of urban landscapes in industrial centers of Belarus using geoinformation technologies / I. Shchasnaya, D. Varabyou // AIP Conference Proceedings. – 2024. – Vol. 3184, № 1. – 020044. – Научное исследование средообразующих функций зеленых насаждений в Гродно, включая депонирование углерода и связь с тепловым загрязнением.

5. Марцуль, И. Н. Проблемы природопользования Республики Беларусь, связанные с использованием природных ресурсов / И. Н. Марцуль // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы: сб. трудов XVI междунар. науч.-практ. конф. (Пинск, 29 апреля 2022 г.). – Пинск: ПолесГУ, 2022. – Ч. 1. – С. 160–162. – Обзор проблем деградации и загрязнения почв, утилизации отходов, воздействия добычи полезных ископаемых.

6. Как деградируют белорусские города, которые недавно были локальными драйверами // Наша Ніва. – 26.01.2026. – URL: https://nashaniva.com/ru/386632. – Информация о демографической деградации промгородов, экологических проблемах Светлогорского ЦКК (взрыв, взыскание ущерба, жалобы жителей).

7. ClimateChangeTracker.org. Belarus' Sources of N2O Emissions. – 2025. – URL: https://climatechangetracker.org/ nations/greenhouse-gas-emissions/ belarus/sources-of-n2o-nitrous-oxide-emissions. – Данные о доминировании сельского хозяйства в выбросах закиси азота (85 %), не относящиеся напрямую к промышленности.

8. Republican Center for State Environmental Expertise. FAQs/Clarifications. – 2024. – URL: https://www.oos.by/en/faqs-clarifications/. – Разъяснения по законодательству о государственной экологической экспертизе и оценке воздействия.

9. Геоэкологические проблемы Республики Беларусь: презентация // Инфоурок. — 2019. – URL: https://infourok.ru/prezentaciya-geoekologicheskie-problemi-respubliki-belarus-3940759.html. — Систематизированный обзор геоэкологических проблем: Чернобыль, мелиорация Полесья, Солигорская проблема (солеотвалы, шламохранилища, засоление), загрязнение воздуха и вод.

10. Гавриленко, И. А. Оценка загрязнения атмосферы стационарными источниками по основным отраслям хозяйства Республики Беларусь / И. А. Гавриленко, Т. А. Тимофеева // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды: сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 6–7 июня 2024 г.). – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2024. – С. 48–51. – Количественная оценка выбросов от стационарных источников по областям и отраслям производства.

УДК 502.3(476)

Лукашков В. А., студент 3-го курса

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Научный руководитель – **Ткачёва Т. Н.**, ст. преподаватель*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Вопросы качества атмосферного воздуха остаются в центре внимания природоохранных ведомств Беларуси. По данным мониторинга, в 2024 г. суммарные выбросы загрязняющих веществ достигли 865 тыс. т, что стало историческим минимумом за последние пять лет. Однако, несмотря на общую положительную динамику и преобладание «хорошего» и «умеренного» уровня загрязнения в большинстве промышленных центров, в 2025 г. сохранился ряд системных проблем, требующих пристального внимания.

Анализ данных Белгидромета и Министерства природных ресурсов позволяет выделить три ключевые группы проблем, формирующих картину загрязнения воздуха в стране: запыленность, химическое загрязнение (диоксид азота и формальдегид) и воздействие автотранспорта.

Цель работы – выявить основные проблемы загрязнения атмосферы Рempублики Беларусь.

Материалы и методика исследований. Изучение литературных источников метод исследований.

Результаты исследования и их обсуждение.

1. Проблема твердых частиц (пыли): от крупной до мелкодисперсной.

Наиболее острой и распространенной проблемой последних лет является загрязнение воздуха твердыми частицами (пылью). Весной 2025 г. Министерство природных ресурсов фиксировало многочисленные превышения нормативов по пыли во многих городах страны. Основной причиной назывался комплекс неблагоприятных метеорологических условий: сухая и безветренная погода, установление температурной инверсии (когда теплый воздух «запирает» холодный у земли), а также отсутствие осадков, которые естественным образом очищают атмосферу [1].

По итогам 2025 г. наибольшие проблемы с пылью зафиксированы в Витебске, Гомеле и Бресте, где пиковые значения по крупным частицам в Витебске достигали 3,5 предельно допустимой концентрации (ПДК) [2, 3].

Особую тревогу вызывает ситуация в Жлобине, который стал антилидером по содержанию мелкодисперсной пыли. Эти невидимые глазу частицы способны проникать в кровоток, нанося серьезный вред сердечно-сосудистой системе. В Жлобине превышения норматива фиксировались в 19 % случаев, а в отдельные периоды доля дней с высоким содержанием этих частиц достигала 28 % [1, 3].

2. Химическое загрязнение: диоксид азота и формальдегид.

Второй по значимости проблемой остается загрязнение воздуха продуктами сгорания и фотохимических реакций.

Диоксид азота – газ, образующийся при работе двигателей внутреннего сгорания и работе ТЭЦ. По итогам 2025 г. превышения среднегодовой концентрации диоксида азота зафиксированы в Могилеве и Жлобине [1]. В Могилеве ситуация традиционно сложная: в 2024 г. в районе улицы Первомайской концентрация превышала норматив в 1,8 раза [1].

Формальдегид – бесцветный газ, канцероген, который часто образуется в результате фотохимических реакций в летний период. В 2025 г. превышения по формальдегиду регистрировались в восьми городах. Хотя их количество сократилось по сравнению с предыдущими годами (что связывают с прохладным летом), проблема сохраняется. В 2024 г. наибольший средний уровень формальдегида отмечался в Пинске и Бобруйске, а всего превышения фиксировались в 11 городах [1].

3. Автотранспорт как главный источник загрязнения мегаполисов.

Если в промышленных центрах ключевую роль играют выбросы предприятий, то для столицы и крупных городов доминирующим источником является автотранспорт. По словам министра природных ресурсов Сергея Масляка, в Минске на долю автомобилей приходится порядка 82 % всех выбросов загрязняющих веществ. Именно выхлопные газы вносят основной вклад в загрязнение приземного слоя атмосферы диоксидом азота и углеродом [2].

Заключение. Таким образом, основными проблемами загрязнения атмосферы Беларуси являются:

- высокий уровень запыленности, особенно мелкодисперсными частицами в Жлобине, а также в Витебске, Гомеле и Бресте, усугубляемый погодными условиями;
- химическое загрязнение диоксидом азота в крупных промышленных узлах (Могилев, Жлобин) и сохраняющиеся риски повышения концентраций формальдегида в теплое время года;
- доминирующий вклад автотранспорта в загрязнение воздуха крупных городов, таких как Минск.

Позитивным моментом является тенденция к снижению общего объема выбросов (на 31 тыс. т за 10 лет) и стабильно низкий уровень содержания тяжелых металлов (свинец, кадмий) и бензапирена. Тем не менее, локальные проблемы в Витебске, Жлобине и Могилеве требуют продолжения работы по озеленению, поливу дорог, модернизации транспорта и контролю за промышленными выбросами [1, 2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» (Белгидромет). О качестве атмосферного воздуха в Минске. – 20.01.2026. – URL: https://belgidromet.nsmos.by/special/en/news-en/view/about-the-air-quality-in-minsk-11669-2026/.

2. Департамент по энергоэффективности Республики Беларусь. Выбросы в атмосферу в Беларуси достигли исторического минимума. – 25.11.2025. – URL: https://energoeffect.gov.by/en/news/news_2025/20251125_news1.

3. Какарека, С. В. Ретроспективная оценка выбросов диоксида серы и оксидов азота в атмосферный воздух от стационарных источников на территории Беларуси / С. В. Какарека, О. Ю. Круковская // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2024. – Т. 68, № 5. – С. 420–428.

4. Акимов, А. Н. Твердые частицы в воздухе городов Беларуси / А. Н. Акимов, А. М. Людчик, Е. М. Мельник, П. Н. Павленко // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2024. – № 1. – С. 70–81.

5. Круковская, О. Ю. Факторы среднесрочной динамики первичного поступления тонкодисперсных твердых частиц в атмосферный воздух в Беларуси / О. Ю. Круковская, С. В. Какарека // Актуальные проблемы наук о Земле: устойчивое развитие городов и регионов: сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф. (Брест, 15–17 мая 2025 г.). – Брест: БрГУ, 2025. – Ч. 1. – С. 154–157.

УДК 338.2:502(476)

Лукашков В. А., студент 3-го курса

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПОЛИТИКА И МЕХАНИЗМЫ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Научный руководитель – ***Ткачёва Т. Н.****, ст. преподаватель*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. В современном мире охрана окружающей среды перестала быть узконаправленной задачей профильных ведомств, превратившись в один из ключевых факторов национальной безопасности и устойчивого экономического роста. Республика Беларусь рассматривает сохранение природных ресурсов и минимизацию антропогенного воздействия как стратегические задачи, от которых зависит благополучие будущих поколений. Экологическая политика государства носит комплексный характер, интегрируя цели по защите природы в экономику, здравоохранение, науку и образование.

За последние десятилетия подходы Беларуси к экологизации экономики эволюционировали от преимущественно природоохранной модели к стратегии устойчивого низкоуглеродного развития. Сегодня в стране сформирована гибридная модель управления, в которой государственное регулирование эффективно сочетается с рыночными инструментами.

Цель работы – изучение экономической политики и механизмов осуществления природоохранной деятельности Республики Беларусь.

Материалы и методика исследований. Изучение литературных источников метод исследований.

Результаты исследований и их обсуждение.

1. Институциональная и нормативно-правовая основа.

Правовой фундамент природоохранной деятельности в Беларуси динамично развивается. Ключевым событием в этой сфере стала подготовка проекта Экологического кодекса Республики Беларусь, который призван консолидировать разрозненные законодательные акты (законы об охране окружающей среды, об обращении с отходами, об охране атмосферного воздуха и др.) в единый систематизированный документ. Ожидается, что кодекс не только устранит правовые коллизии, но и введет современные механизмы, такие как порядок ликвидации накопленного вреда окружающей среде, углеродное квотирование и регулирование торговли углеродными единицами [1, 4].

Стратегическое планирование осуществляется на долгосрочную перспективу. Основополагающими документами выступают Национальная стратегия устойчивого развития до 2040 года (НСУР-2040), где впервые на столь высоком уровне закреплены количественные индикаторы циркулярной экономики, а также Концепция национальной безопасности, которая признает высокий уровень образования отходов внутренним источником угроз [3, 4].

2. Экономические механизмы стимулирования природоохранной деятельности.

Финансово-экономический блок является одним из самых действенных инструментов реализации экологической политики. В Беларуси создана система, которая не только взимает плату за негативное воздействие, но и активно стимулирует природопользователей к модернизации [1].

Ключевым элементом выступает механизм уменьшения экологического налога. Согласно Налоговому кодексу, предприятия имеют право снижать исчисленную сумму экологического налога за выбросы, сбросы и размещение отходов на сумму фактически произведенных капитальных затрат на природоохранные мероприятия. Это означает, что средства, которые могли бы уйти в бюджет в виде налога, можно направить на:

– строительство или реконструкцию газоочистных установок и автоматизированных систем контроля выбросов;

– возведение сооружений по очистке сточных вод;

– создание объектов по использованию и обезвреживанию отходов.

Размер уменьшения не может превышать сумму налога, но сам подход «налоговые льготы в обмен на инвестиции в экологию» доказал свою эффективность. Кроме того, законодательством предусмотрена ускоренная амортизация оборудования природоохранного назначения [1, 2].

В программных документах, таких как Государственная программа «Экология» на 2026–2030 годы, заложено более 1,6 млрд руб. на реализацию мероприятий по защите окружающей среды, развитию заповедников, гидрометеорологии и обращению с отходами [3, 4].

3. Контрольно-надзорные и административные механизмы.

Реализация государственной политики была бы невозможна без эффективной системы контроля. Особая роль здесь отведена Государственной инспекции охраны животного и растительного мира при Президенте Республики Беларусь. Созданная для борьбы с системным браконьерством в начале 2000-х, инспекция сегодня демонстрирует впечатляющие результаты: количество выявляемых нарушений снизилось с 25,4 тысячи в 2003 г. до 5,3 тысячи в 2024-м, что говорит о высокой эффективности профилактической работы [3, 4].

Современный контроль базируется на передовых технологиях. На вооружении инспекторов стоят квадрокоптеры, фотоловушки, приборы ночного видения и тепловизоры. Только в 2024 г. с помощью этих технических средств было выявлено 962 правонарушения. Особое внимание уделяется нерестовым периодам и профилактике, включая акции по добровольной сдаче незаконных орудий лова (за прошлый год граждане сдали около 40 км браконьерских сетей) [4].

4. Цифровизация и мониторинг как основа принятия решений.

Важнейшим механизмом современной природоохранной деятельности в Беларуси становится цифровая трансформация. Развивается Республиканская информационная система автоматизированного мониторинга окружающей среды (РИСАМОС). В режиме онлайн система собирает данные о состоянии атмосферного воздуха в 27 населенных пунктах и от 144 источников выбросов крупнейших промпредприятий, что позволяет оперативно реагировать на превышения нормативов [3].

Всего в стране функционирует более 8,5 тысячи пунктов наблюдений, ежемесячно анализирующих свыше 8 тысяч показателей состояния воды, воздуха, земли и радиационной обстановки. Планируется дальнейшее расширение сети с использованием технологий интернета вещей, беспилотников и спутниковых данных, а также внедрение искусственного интеллекта для прогнозирования чрезвычайных ситуаций и лесных пожаров [3, 4].

5. Приоритетные направления и достижения.

Реализуемая политика приносит ощутимые результаты. Беларусь занимает 32-е место в мировом рейтинге индекса экологической эффективности (из 180 стран), лидируя среди государств ЕАЭС [3].

Управление отходами. Страна планомерно движется к экономике замкнутого цикла. Уровень использования производственных отходов (без учета крупнотоннажных) достиг 90 %, твердых коммунальных отходов – около 40 %. Новая Стратегия обращения с отходами до 2040 г. ставит амбициозную цель – довести уровень использования всех отходов до 90 % к 2040 г. В законодательство введены современные понятия сортировки и заготовки отходов, смещая фокус с простого захоронения на вовлечение ресурсов в оборот [1, 2].

Водные ресурсы. Благодаря модернизации очистных сооружений сброс недостаточно очищенных сточных вод за 20 лет сократился в 7,8 раза и сегодня составляет менее 0,2 % от общего объема стоков. При этом экономический рост в стране сопровождается снижением водопотребления (на 24 % по сравнению с 2000 г.) [3, 4].

Климат и энергетика. Беларусь перевыполнила свои обязательства по Парижскому соглашению: сокращение выбросов парниковых газов уже превысило целевой показатель в 35–40 % к 2030 г. Растет доля возобновляемой энергетики и активно развивается электротранспорт (количество электромобилей выросло в 3,4 раза за 2024 г.) [3].

Биоразнообразие. Площадь особо охраняемых природных территорий достигла 1,9 млн га, что составляет 9,2 % территории страны. Это обеспечивает сохранение природного каркаса Беларуси для будущих поколений [4].

Заключение. Экономическая политика Республики Беларусь в области охраны окружающей среды представляет собой сбалансированную систему, где директивные методы управления (запреты, разрешения, экспертизы) подкрепляются мощными экономическими стимулами и современными цифровыми технологиями контроля. Созданная институциональная среда позволяет не только эффективно реагировать на текущие экологические вызовы, но и формировать долгосрочную модель устойчивого развития, интегрируя экологические приоритеты во все сферы социально-экономической жизни страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балашенко, С. А. Экологическое право: учебник / С. А. Балашенко, Т. И. Макарова, В. Е. Лизгаро. – 2-е изд., перераб. – Мн.: Выш. шк., 2021. – 398 с.

2. Вавилов, А. В. Безотходная технология и технические средства для сбора, переработки и использования отходов: монография / А. В. Вавилов. – Мн.: Жилкомиздат, 2024. – 119 с.

3. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь, 2025 [Environmental protection in the Republic of Belarus, 2025]: стат. сб. / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. – Минск, 2025. – Текст: электронный. – URL: https://belstat.gov.by/en/ofitsialnaya-statistika/macroeconomy- and-environment/okruzhayuschaya-sreda/publications_2/index_151590 (дата обращения: 21.02.2026).

4. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень за 2024 год / Е. И. Громадская [и др.]; под общ. ред. Д. В. Цубленок. – Мн.: РУП «ЦНИИКИВР», 2025. – 198 с. – URL: https://minpriroda.gov.by/ru/Bjulleten-Sostojanie-prirodnoj-sredy-Belarusi-2024 (дата обращения: 21.02.2026).

УДК 638.3

Масанина О. Д., студентка 3-го курса

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ В МИРЕ ТЕХНОЛОГИЙ

*Научный руководитель – **Боровиков А. А.**, канд. техн. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Гидротехнические сооружения (плотины, дамбы, каналы, шлюзы, насосные станции, системы берегозащиты) относятся к категории объектов повышенной ответственности, аварии на которых могут привести к человеческим жертвам, значительному экономическому ущербу и необратимым изменениям окружающей среды [1, 2]. По данным Международной комиссии по большим плотинам (ICOLD), средний возраст крупных плотин в мире превышает 45 лет, при этом проектный срок службы большинства из них составляет 50–100 лет [3].

Одновременно с процессом старения основных фондов наблюдается два встречных тренда. С одной стороны, изменение климата приводит к увеличению частоты и интенсивности экстремальных гидрологических событий, что повышает нагрузку на сооружения [4]. С другой стороны, стремительное развитие цифровых технологий – промышленного интернета вещей (IIoT), технологий искусственного интеллекта, систем распределенного сбора и обработки данных – создает принципиально новые возможности для управления состоянием ГТС.

В этих условиях актуальной становится задача научного обоснования перехода от традиционной модели эксплуатации ГТС, основанной на периодических осмотрах и планово-предупредительных ремонтах, к парадигме киберфизических систем (КФС), в которой физические процессы в сооружении и цифровая среда управления образуют единое целое [5].

Для большинства стран с развитой гидротехнической инфраструктурой характерна ситуация, при которой пик строительства ГТС пришелся на 1950–1970-е гг.

Физический износ проявляется в: развитии фильтрационных процессов в теле плотин и основаниях; снижении прочностных характеристик бетона вследствие процессов выщелачивания и коррозии; усталости металлических конструкций затворов и гидромеханического оборудования; деградации контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), большая часть которой имеет срок службы 20–30 лет.

Традиционная система контроля состояния ГТС базируется на: визуальных и инструментальных осмотрах с периодичностью, установленной нормативными документами; геодезических наблюдениях за деформациями; измерениях фильтрационных расходов и давлений; лабораторных испытаниях материалов.

Основные недостатки такого подхода:

– дискретность измерений. Данные собираются с интервалами от нескольких дней до нескольких месяцев, что не позволяет фиксировать динамику быстропротекающих процессов;

– субъективность. Качество оценки зависит от квалификации персонала;

– запаздывание принятия решений. От момента возникновения аномалии до ее обнаружения и принятия мер может проходить значительное время.

Переход к киберфизической системе управления создает новые векторы уязвимостей. ГТС относятся к объектам критической информационной инфраструктуры (КИИ), и требования к их защите регулируются как отраслевыми, так и межотраслевыми нормативными актами.

Каковы же перспективы развития? Приведем анализ современных тенденций.

Интеграция искусственного интеллекта в системы мониторинга. Переход от детекции аномалий к предиктивной диагностике с определением вероятного типа дефекта, его локализации и рекомендаций по устранению.

Развитие беспроводных сенсорных сетей. Внедрение автономных датчиков с энергопотреблением от микрогенераторов (вибрационных, термоэлектрических) для труднодоступных зон сооружений.

Использование цифровых двойников ГТС, базирующихся на математических моделях напряженно-деформированного состояния и

фильтрации, интегрированных с данными непрерывного мониторинга, обеспечивает переход от реактивного управления к предиктивному прогнозированию аварийных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малик, Л. К. Безопасность гидротехнических сооружений: проблемы и решения / Л. К. Малик // Гидротехническое строительство. – 2020. – № 3. – С. 2–9.

2. Боровиков, А. А. О необходимости мероприятий инженерной защиты водоподпорных и водопроводящих сооружений / А. А. Боровиков // Вестник мелиоративной науки. – 2021. – № 1. – С. 4–8.

3. International Commission on Large Dams (ICOLD). Ageing of Dams and Appurtenant Works. – Bulletin 180. – Paris: ICOLD, 2021. – 156 p.

4. Шабанов, С. В. Влияние изменений климата на безопасность гидротехнических сооружений / С. В. Шабанов, А. А. Исаев // Известия РАН. Энергетика. – 2022. – № 4. – С. 45–58.

5. Lee, J. A Cyber-Physical Systems architecture for industry 4.0-based manufacturing systems / J. Lee, B. Bagheri, H. A. Kao // Manufacturing Letters. – 2015. – Vol. 3. – P. 18–23.

УДК 632.954:633.853.494«324»

Масляков М. Д., студент 4-го курса

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОГО РАПСА

*Научный руководитель – **Хизанейшвили Н. Э.**, канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Для агропромышленного комплекса Республики Беларусь рапс представляет собой культуру с высоким производственным потенциалом. Увеличение объемов производства семян рапса имеет стратегическое значение для обеспечения продовольственной безопасности (растительное масло), развития животноводства (растительный белок) и энергетической независимости (возобновляемое сырье для биодизеля). Одной из лимитирующих причин низкой урожайности озимого рапса в республике является высокая степень засоренности посевов, в том числе многолетними видами, такими как пырей ползучий и осот полевой. Часто наблюдается многократное превышение фитосанитарных порогов вредоносности сорных растений. Следовательно, применение гербицидов является одним из ключевых агротехнических мероприятий, направленных на минимизацию конкуренции со стороны сорняков и максимальное раскрытие генетического потенциала культуры [1].

Целью проводимых **исследований** было определение эффективности гербицидов на урожайность маслосемян озимого рапса сорта Буян в производственных условиях.

Закладка полевых опытов проводилась в условиях КУП «Захарничи» Полоцкого района в 2024 г. Методика проведения исследований – общепринятая, технология возделывания озимого рапса соответствовала отраслевому регламенту [2].

Почва поля в условиях КУП «Захарничи», на котором осуществлялась закладка опыта – дерново-подзолистая среднесуглинистая, подстилаемая моренным суглинком. Пахотный горизонт характеризовался следующими агрохимическими показателями: слабокислой реакцией среды (pH 5,81), недостаточным содержанием гумуса (по Тюрину) (1,77 %), повышенной обеспеченностью подвижными соединениями фосфора (по Кирсанову) (166 мг/кг P_2O_5 почвы) и калия (по Кирсанову) (211 мг/кг K_2O почвы).

Посев озимого рапса проводился комбинированным почвообрабатывающе-посевным агрегатом АПП-6 на глубину 1,5–2 см 15 августа.

Фосфорные и калийные удобрения вносили под основную обработку почвы. В опытах применяли аммонизированный суперфосфат (30 % P_2O_5, 9 % N) в дозе 2 ц/га – 60 кг д. в., хлористый калий (60 % K_2O) в дозе 2 ц/га – 120 кг д. в. Азотные удобрения вносили в подкормки. Первую подкормку проводили весной при возобновлении вегетации растений озимого рапса: применяли мочевину (46 % N) в дозе 1,5 ц/га – 70 кг д. в., во вторую подкормку в фазу стеблевания озимого рапса (примерно через 2–3 недели после первой подкормки) вносили 1 ц/га мочевины – 46 кг д. в. Таким образом, общая норма удобрений составила $N_{115}P_{60}K_{120}$. В период вегетации проводились обработки посевов инсектицидами и фунгицидами для защиты растений озимого рапса от вредителей и болезней.

Схема опыта состояла из трех вариантов: 1. Контроль (без применения гербицидов); 2. Транш супер, СК (1,5 л/га); 3. Эмбарго, КС (1,5 л/га). Гербициды вносили путем опрыскивания почвы после посева до всходов озимого рапса.

Наименьшая урожайность озимого рапса была получена в варианте без химпрополки (контроль) – 12,8 ц/га. Применение гербицида Эмбарго, КС в дозе 1,5 л/га повышало урожайность семян озимого рапса на 6,4 ц/га с 12,8 до 19,2 ц/га. Наибольшая урожайность семян озимого рапса была получена в варианте, где проводилась химпрополка гербицидом Транш супер, СК в дозе 1,5 л/га – 21,5 ц/га (+8,7 ц/га к контролю).

Сравнивая варианты опытов по дополнительным затратам, можно определить, что наибольший показатель по сумме всех затрат отмечен вариант Транш супер, СК, 1,5 л/га составил 335,01 руб., а наименьший – Эмбарго, КС 1,5 л/га и он составил 266,91 руб. (таблица).

Экономическая эффективность применения азотных удобрений в посевах озимого рапса

Вариант опыта	Стоимость дополнительной продукции, руб/га	Всего дополнительных затрат, руб/га	Себестоимость 1 ц дополнительной продукции, руб.	Дополнительный условный чистый доход, руб/га	Окупаемость дополнительных затрат, руб/руб.
Транш Супер, СК (1,5 л/га)	943,57	335,01	38,51	608,56	2,82
Эмбарго, КС (1,5 л/га)	694,12	266,91	41,70	427,21	2,60

На основании анализа полученных результатов можно отметить, что в условиях КУП «Захарничи» применение всех рассматриваемых вариантов системы защиты посевов озимого рапса от сорняков является экономически целесообразным.

Однако, наиболее эффективным с экономической точки зрения, является применение гербицида Транш супер, СК в дозе 1,5 л/га. Возможная прибавка урожая по расчетам составляет 8,7 ц/га или 943,57 руб. в стоимостном выражении. Условный чистый доход может составить 608,56 руб/ц при окупаемости дополнительных затрат 2,82 руб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хизанейшвили, Н. Э. Гербицидная защита посевов озимого рапса в КУП «Захарничи» Полоцкого района / Н. Э. Хизанейшвили, А. А. Дытко // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сб. ст. по материалам XXVI Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию кафедры защиты растений, 105-летию кафедр земледелия и плодоовощеводства, Горки, 26–27 июня 2025 г. / БГСХА; редкол. А. С. Мастеров [и др.]. – Горки, 2025. – С. 69–71.

2. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разраб. : Ф. И. Привалов [и др.]. – 2-е изд. – Мн.: Бел. навука, 2013. – 288 с.

УДК 631.674.6:631.432.23
Микулович А. Г., магистрант

НОРМЫ ПОЛИВА ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ

*Научный руководитель – **Лукашевич В. М.**, канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Для условий Беларуси оптимальным является поливной режим, устанавливаемый на основании водобалансовых расчетов, которые позволяют наиболее рационально использовать воду, добиться устойчивого водообеспечения сельскохозяйственных культур [1].

При расчете поливных норм при капельном способе полива необходимо учитывать тип почвогрунта, расход капельниц и минимально допустимое снижение запасов влаги в зоне увлажнения. Поливные нормы, при этом устанавливают, исходя из условия промачивания почвы на расчетную глубину. В свою очередь поливная норма зависит от скорости движения фронта увлажнения по вертикали под капельницей, которая определяется водно-физическими свойствами почвы и исходной ее влажностью. Поливную норму можно рассчитать в такой последовательности.

$$Q = q\ t\ n, \tag{1}$$

где Q – норма водоподачи на одно растение, л;

q – расход капельницы, л/ч;

t – продолжительность полива, ч;

n – количество капельниц на одно растение.

Продолжительность полива устанавливают при условии достижения фронтом увлажнения расчетной глубины промачивания. Последняя принимается равной глубине расчетного активного слоя почвы, где размещена основная масса всасывающих корней. Время, за которое фронт увлажнения достигнет расчетной глубины, определяют по формуле

$$h = \mathrm{A}t^{b} + \mathrm{B}t, \tag{2}$$

где h – глубина промачивания почвы, см;

t –время достижения глубины промачивания, ч;

b – показатель степени, равный $^{1}/_{3}$;

А и В – коэффициенты, зависящие от исходной влажности почвы.

Коэффициенты А и В устанавливают по графикам, или расчетным методом.

Величина нормы водоподачи определяется в зависимости от расхода капельницы. Установлено, что для достижения увлажнения слоя почвы в один метр при расходе капельницы 4 л/ч следует подавать 90 л, а при расходе 10 л/ч — 130 л. Увеличение нормы водоподачи с повышением расхода капельницы является следствием роста диаметра зоны увлажнения. Таким образом, для достижения необходимой глубины увлажнения при различных расходах капельниц требуется подавать равные объемы воды. Наиболее точным критерием определения сроков полива при капельном орошении служит наличие запасов влаги в зоне активного водопотребления, т. е. контура увлажнения. Минимально допустимые запасы влаги в зоне увлажнения соответствуют 80–85 % НВ. В производственных условиях сроки полива можно ориентировочно определять расчетным путем по предлагаемой ниже схеме в такой последовательности. Как было установлено, очередной полив следует проводить при образовании в зоне увлажнения дефицита влаги, соответствующего величине водоподачи на одно растение:

$$Q = \Sigma m_c, \tag{3}$$

где Q – норма водоподачи на одно растение, л;

m_c – величина суточного водопотребления растением, л.

Суточный расход влаги или дефицит водного баланса в зоне капельного увлажнения можно рассчитать по формуле:

$$m_e = k_1 \, A \, E_0, \tag{4}$$

где k_1 – коэффициент, отражающий интенсивность расхода влаги растением, выраженный через индекс листовой поверхности. Индекс листовой поверхности представляет собой отношение площади листового полога растения к его площади питания или суммарное отношение площади листьев к единице площади всех растений. Установлено, что наибольшей фотосинтетической производительности растения достигают при значении индекса листовой поверхности в пределах 2,5–4,0. При этом фотосинтез определяется не только абсолютным значением площади листовой поверхности, но и ее пространственным расположением;

А – усредненный переводной коэффициент, выведенный экспериментальным путем;

E_0 – величина суточного испарения с водной поверхности, определяемая по испарителю, мм. Кроме того, величину испаряемости можно определить по графику или рассчитать также по формуле

$$E_0 = c\ 0{,}0054(t + 21)^2(1 - a)^{2/3}, \quad (5)$$

где c – продолжительность периода, для которого определяется испарение, сутки;

t – среднесуточная температура за тот же период, °С;

a – среднесуточная относительная влажность воздуха.

Согласно исследованиям, в расчетах суточного водопотребления могут быть введены следующие поправочные коэффициенты: $К_2$ – коэффициент, отражающий отношение проекции листовой поверхности к его площади питания, который изменяется от 0,7 до 1,2; $К_3$ – коэффициент, отражающей транспирационную активность общей листовой поверхности в течение периода вегетации.

Поливную норму ($м^3$/га) определяют по такой формуле:

$$m = m_c\, n\ 10^{-3}. \quad (6)$$

Продолжительность полива одного блока в часах рассчитывают по формуле

$$t = \frac{m \cdot 10^3}{n_1 \cdot q}, \quad (7)$$

где n_1 – количество капельниц на 1 га, шт.;

q – средний расход капельниц, л/ч.

Таким образом, определяя величину суточной водоподачи на одно растение, можно установить общую водоподачу на 1 га системой в целом. Оросительную норму рассчитывают по формуле

$$М_{ор} = \Sigma m. \quad (8)$$

На современном этапе существует много способов расчета водопотребления. Наиболее точными являются методики, учитывающие климатические и биологические характеристики. Высокой точностью обладает метод лизиметров, но требует полевых наблюдений и специальных устройств. Практический интерес представляют теоретические методы расчета. Таким является биоклиматический метод расчета, обоснованный С. М. Алпатьевым, который наиболее часто используется.

При определении элементов водного баланса трудность составляет вычисление величины транспирации растением, так как она зависит от множества факторов: возраста, морфологических особенностей, сорта. Водопотребность растений зависит от вида содержания междурядий, влажности почвы по горизонтам. Все это необходимо учитывать при расчетах.

Для условий Беларуси оптимальным является поливной режим, устанавливаемый по гибкой схеме на основании водобалансовых расчетов, которые позволяют наиболее рационально использовать воду, добиться устойчивого водообеспечения плодовых культур и в результате повысить эффективность орошаемого плодоводства [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Константинов, А. А. Экономическая эффективность возделывания овощных культур при капельном поливе в северо-восточной зоне Беларуси / А. А. Константинов, В. М. Лукашевич // Мелиорация. – 2025. – № 2 (112). – С. 32–38.

2. Лукашевич, В. М. Формирование контура увлажнения при капельном поливе и способ его корректирования / В. М. Лукашевич, А. А. Константинов // Вестник БГСХА. – 2025. – № 2. – С. 162–168.

УДК 631.674.5:631.51

Микулович А. Г., магистрант

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДПОЛИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ОРОШЕНИИ

*Научный руководитель – **Лукашевич В. М.**, канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. В зоне неустойчивого естественного увлажнения орошение является одним из важнейших факторов создания оптимальных условий жизнедеятельности растений. В комплексе с другими агротехническими мероприятиями, способствует более ранним всходам растений, повышает урожайность.

В Республике Беларусь основным способом орошения является дождевание, так как наиболее полно отвечает почвенно-климатическим условиям. Однако, в связи с развитием интенсивного плодоводства, в последние годы в хозяйствах для полива часто применяют капельное орошение. Применение данного способа позволяет экономить и рационально использовать водные ресурсы, поскольку вода подается дозированно к каждому растению.

Как при дождевании, так и при капельном орошении увлажнение происходит в результате инфильтрации воды с поверхности почвы.

Поэтому почвы должна быть рыхлой, обеспечивающей полное впитывание поливной воды.

При поливе зачастую возникают трудности с необходимостью обеспечения равномерного впитывания требуемой поливной нормы в почву. Одной из причин этого является уплотнение пахотного и подпахотного горизонтов почвы.

Если рассматривать дождевание, то в качестве мероприятия по обеспечению бесточного полива авторами работ [1, 2, 3] предложено подбирать дождевальную технику с интенсивностью, соответствующей впитывающей способности почвы, либо устанавливать продолжительность дождевания по формуле, полученной на основании специальных исследований и опубликованной в работе [4]. Однако, даже при соблюдении требований, определяющих качественное дождевание, неизбежно образуется поверхностный сток, способствующий эрозии почвы.

Цель работы – установление факторов, влияющих на потери воды при дождевании и обеспечение полива без образования поверхностного стока.

Материалы и методика исследований. Наблюдения за плотностью почвы, занятой многолетними травами, были проведены на оросительной системе УОК «Тушково-1» В табл. 1 приведены экспериментальные данные, показывающие изменение плотности почвы в зависимости от продолжительности использования травостоя.

Таблица 1. **Плотность почвы на оросительной системе УОК «Тушково-1», г/см^3**

Слой почвы, см	Годы после залужения	
	1-й	2-й
0–10	1,28	1,35
10–20	1,30	1,36
20–30	1,45	1,49
30–40	1,42	1,42
40–60	1,56	1,59

Результаты исследований и их обсуждение. Из данных, приведенных в табл. 1, следует, что плотность почвы изменяется в значительных пределах. Наибольшее ее увеличение происходит в слое 0–20 см в первые 2 года после залужения. Так, если в год залужения средняя плотность в слое 0–20 см составила 1,29 г/см^3, то ко второму

году она достигла 1,35 г/см^3. Наиболее уплотненным оказывается подпахотный горизонт (30–60 см), в котором значение плотности достигает 1,49–1,59 г/см^3 и более.

Это можно объяснить несколькими причинами. Основными из них, как показали производственные наблюдения, являются:

– вымывание илистых частиц почвы в подстилающие слои в результате инфильтрации поливной жидкости и атмосферных осадков;

– уплотнение почвы сельскохозяйственными машинами при уходе за посевами.

Поэтому при дождевании приходится решать сложную задачу – для проведения бессточного полива требуется назначать поливные нормы меньшие по абсолютному значению. Это обуславливает необходимость проведения специальной предполивной обработки почвы, повышающей ее впитывающую способность.

Распространенные в настоящее время щелевание, рыхление и другие приемы значительно увеличивают водопроницаемость почвы. Об этом свидетельствуют результаты исследований многих авторов.

Изменение водопроницаемости почвы при обработке приводит, в первую очередь, к уменьшению плотности почвы, которая меняется в значительных пределах – в среднем на 16 % в слое 0–60 см (табл. 2).

Таблица 2. **Изменение плотности почвы в результате обработки, г/см^3**

Слой почвы, см	До обработки,	После обработки
0–10	1,51	1,34
10–20	1,51	1,31
20–30	1,57	1,44
30–40	1,52	1,48
40–60	1,64	1,44

Однако с течением времени в результате эксплуатации угодий плотность возрастает. Так, за первый год плотность увеличилась в среднем на 3–5, а к концу второго – на 7–8 %. Наиболее существенно увеличение плотности отмечено за весенне-летний период по сравнению с вневегетационным (осень – весна).

На эффективность рыхления почв оказывает влияние уровень влажности почвы накануне обработки (табл. 3). Анализ полученных данных показывает, что с увеличением влажности почвы эффективность рыхления снижается как в зоне прохода ножа рыхлителя, так и на середине между зонами активного его влияния.

Таблица 3. **Влияние влажности почвы при обработке на ее плотность (средние данные для слоя 0…60 см)**

Влажность почвы, %	Плотность почвы, г/см^3	
	в зоне активного влияния ножа щелевателя-рыхлителя	на середине между зонами активного влияния ножа щелевателя-рыхлителя
21,2 (100 % НВ)	1,43	1,46
15,3 (72 % НВ)	1,33	1,40
11,7 (55 % НВ)	1,31	1,37

Нами было установлено, что мелиоративная обработка почвы оказала благоприятное влияние на водный режим почвы (табл. 4).

Таблица 4. **Влияние обработки на водный режим орошаемой почвы**

Слой почвы, см	Влажность почвы, % массы сухой почвы							
	Обработанная				Необработанная			
	послойно	средняя по слоям			послойно	средняя по слоям		
		0–30	0–60	0–100		0–30	0–60	0–100
0–10	17,6	18,7	19,6	20,1	20,6	19,5	19,5	18,9
10–20	19,4				19,6			
20–30	19,1				18,4			
30–40	20,9				20,4			
40–60	21,0				19,0			
60–80	21,5				18,2			
80–100	20,7				16,4			

Приведенные в табл. 4 данные получены через сутки после полива нормой 250 м^3/га. Они свидетельствуют об увеличении запасов влаги в метровом слое почвы, хотя в верхних горизонтах 0–30 см влажность ниже. Связано это с тем, что обработка почвы способствует увеличению водопроницаемости в слое 0–60 см и накоплению влаги и питательных веществ в более глубоких горизонтах.

Заключение. Таким образом, следует отметить, что в результате сельскохозяйственного использования имеет место увеличение плотности почвы. В большей степени она возрастает в верхнем 0–60-сантиметровом слое, что приводит к ухудшению впитывающей способности почвы. Поэтому для повышения качества полива необходимо применять рыхление и другие специальные приемы обработки дерниины, повышающие впитывающую способность на 15–20 % и более [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукашевич, В. М. Потери воды при дождевании / В. М. Лукашевич // Эффективное использование мелиорированных земель: проблемы и решения: материалы Междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ ВНИИМЗ, г. Тверь, 28 сент. 2018 г. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2018. – С. 293–297.

2. Лихацевич, А. П. Дождевание сельскохозяйственных культур: Основы режима при неустойчивой естественной влагообеспеченности / А. П. Лихацевич. – Мн.: Бел. наука, 2005. – 278 с.

3. Григоров, М. С. Противоэрозионная технология полива люцерны на сено дождевальной машиной «Фрегат» / М. С. Григоров, С. М. Григоров // Известия. – Волгоград: Волгоградский ГАУ. – 2010. – № 1 (17). – С. 28–34.

4. Лукашевич, В. М. Полив передвижной дождевальной машиной типа УД-2500 / В. М. Лукашевич, А. А. Горелик // Органическое сельское хозяйство – дело молодых: материалы Междунар. конф. молодых ученых, посвящ. 90-летию со дня рождения д-ра с.-х. наук Довбана Корнея Ивановича / А. С. Чечёткин (гл. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2018. – С. 14–17.

5. Лукашевич, В. М. Скорость впитывания воды дерново-подзолистой суглинистой почвой / В. М. Лукашевич // Вестник БГСХА. – 2013. – № 4. – С. 104–108.

УДК 628.171

Мороз И. И., студент 3-го курса

БЕСТРАНШЕЙНЫЕ МЕТОДЫ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОДООТВОДЯЩИХ СЕТЕЙ

*Научный руководитель – **Васильева Н. В.**, канд. техн. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Из-за неудовлетворительного состояния водоотводящих коммуникаций резко увеличилась потребность в модернизации и ремонте водоотводящих труб с акцентом на использование экономичных и оперативных бестраншейных технологий, а в условиях плотной городской застройки и заторов на дорогах экономически целесообразно применение бестраншейных методов ремонта и восстановления.

Последствиями негативных явлений на водоотводящих сетях является просачивание сточных вод в подземные горизонты, что приводит к загрязнению грунтовых вод, вымывание почв в затрубном пространстве и, как следствие, к провалам трубопроводов и других сооружений в образующиеся пустоты. В то же время, через имеющиеся дефекты в теле трубопровода могут проникать подземные воды, что отражается на увеличении общего расхода сточных вод, поступающих на очистные сооружения, и серьёзном нарушении режима их работы, что в конечном итоге ведёт к снижению эффективности очистки сточной жидкости.

Современные технология местного ремонта трубопроводов с использованием бестраншейных технологий, позволяют производить оперативный и эффективный ремонт трубопроводов в единичных и множественных местах нарушения стыков по трассе трубопровода, резко снижая потери транспортируемой жидкости.

На сегодняшний день применяются самые современные методы, в их числе:

– нанесение цементно-песчаного покрытия на внутреннюю поверхность трубопровода,

– протяжка сплошных полимерных рукавов, полиэтиленовых труб в существующий трубопровод,

– метод ремонта трубопроводов большого диаметра «труба-в-трубе».

Каждый из перечисленных методов восстановления отличается специфическими особенностями и имеет свои преимущества, определяющие область его применения. Целесообразность использования того или иного метода уточняется после детальных диагностических обследований и заключения технической экспертизы. В каждом конкретном случае рассмотрению подлежат состояние трубопровода, его размеры, вид транспортируемой среды, окружающая подземная инфраструктура, тип грунтов, наличие подземных вод и ряд других факторов, способных повлиять на выбор метода восстановления.

В качестве методов бестраншейного восстановления водоотводящих сетей в настоящее время используют следующие: набрызговые, нанесение цементно-песчаного покрытия, протаскивание нового трубопровода в поврежденный старый.

Применение метода ремонта трубопроводов с нанесением цементно-песчаных покрытий не всегда возможно или неэффективно при разветвленной сети, включающей трубопроводы разного диаметра. В этих случаях при нанесении цементно-песчаных покрытий может произойти закупорка ответвлений (перемычек) с меньшими проходными сечениями.

Набрызговые методы восстановления водоотводящих трубопроводов имеют определенное преимущество, которое проявилось лишь в последние годы при решении вопросов совмещения обновления водоотводящих коллекторов с прокладкой в них оптиковолоконных кабелей. Отверждаемая на месте обделка любого вида способствует надежному креплению в верхней части внутренней поверхности трубопровода специальных модулей с кабелями различного назначения.

Таким образом, достигается двойной эффект: проводится экономичный бестраншейный ремонт трубопроводной сети и коммерциализация пустого пространства в верхней части трубопроводов.

Протаскивание нового трубопровода в поврежденный старый (с его разрушением и без разрушения) имеет определенное достоинство. Основным достоинством данного метода является возможность восстановления сильно разрушенных трубопроводов путем прокладки нового, например, полиэтиленового низкого давления (ПНД), на месте старого. Протаскивание нового трубопровода в старый является наиболее перспективным в тех случаях, когда необходима полная замена ветхого трубопровода с увеличением диаметра сети.

После разрушения старых трубопроводов их место занимают новые из различных материалов, как правило, несколько большего диаметра, чем вышедшие из строя. Бестраншейный метод замены труб путем разрушения и протягивания новых имеет некоторые преимущества по сравнению с другими: увеличение диаметра трубы ведет к повышению ее пропускной способности; при реализации метода может использоваться трубопровод из полимерных материалов, который не имеет стыковых соединений и выдерживает большие нагрузки при сроке эксплуатации 50–100 лет. Кроме того, метод можно использовать в нестабильных грунтах при их минимальной разработке в период реконструкции.

В настоящее время способы разрушения старых труб из асбестоцемента, чугуна, керамики и пластика широко применяются в ряде стран. На некоторых отечественных и зарубежных объектах реновации для разрушения стальных трубопроводов использовался разрушающий наконечник, действующий как консервный нож и разрезающий трубопровод на две половины. Средняя скорость передвижения установки с разрушающим наконечником около 80 м/ч. Некоторое снижение скорости наблюдается лишь при прохождении наконечника через резьбовые соединения труб.

Бестраншейная замена старых трубопроводов на новые может производиться и без их разрушения. В данном случае используется новый полимерный трубопровод, сматываемый с бобины (бухты, барабана) и протягиваемый с помощью пневмолебедки и троса через футляр и колодец в ветхий участок водопроводной сети. Учитывая предрасположенность полиэтиленовых труб к порезам случайными твердыми включениями в канале при протягивании, для снижения до минимума возможности повреждения наружной поверхности трубопровода могут

применяться специальные короткие пластмассовые сегменты и рейки, которые надеваются на протягиваемый трубопровод через определенные интервалы.

Для предотвращения порезов наружной поверхности полиэтиленовых труб применяются следующие способы: нанесение в заводских условиях утолщенной внешней оболочки, чтобы возможные повреждения затронули только ее; использование полиэтиленовых труб со стойкой к механическим повреждениям наружной полипропиленовой оболочкой.

При восстановлении водоотводящей сети без разрушения и с разрушением широко применяют короткие трубные полимерные модули. При этом особое внимание при их использовании для бестраншейного восстановления уделяется конструкциям соединительных узлов. Например, соединение труб из поливинилхлорида (ПВХ) выполняется на раструбах с уплотнением резиновыми кольцами, а также склеиванием. Клеевые соединения имеют продолжительную по времени технологическую паузу (время между окончанием процесса и допустимостью приложения монтажных нагрузок для обеспечения соответствующей прочности): от 0,5 часа (при искусственном прогреве клеевого стыка) до суток (при формировании клеевого шва в естественных условиях, без подогрева).

В качестве материалов для местного ремонта рекомендуется использовать отходы производства, в частности, вышедшие из употребления изделия из полиэтилена, полипропилена, других полимеров, а также старые автомобильные покрышки. Отходы подвергаются мелкому размолу и обработке связующими составами.

Эти технологии позволяют вернуть в активную эксплуатацию потерявшие работоспособность коммуникации, увеличить их срок службы минимум на 50 лет, увеличить пропускную способность, а для водопроводных сетей, что особенно важно, сохранить высокое качество транспортируемой воды, снизить количество аварий, минимизировать непроизводительные потери воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водоотведение: учебник / Ю. В. Воронов, Е. В. Алексеев, В. П. Саломеев, Е. А. Пугачёв. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 415 с.

2. Калицун, В. И. Водоотводящие системы и сооружения / В. И. Калицун. – М.: Стройиздат, 1987. – 336 с.

3. Ромейко, В. С. Проектирование пластмассовых трубопроводов. Справочные материалы / В. С. Ромейко. – М.: ТОО «Изд-во ВНИИМП», 2001. – 134 с.

4. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: справочник проектировщика / под общ. ред. В. Н. Самохина. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
5. Храменков, С. В. Бестраншейные методы восстановления трубопроводов: учеб.пособ. для вузов / С. В. Хроменков, О. Г. Примин, В. А. Орлов. – М.: Прима-Пресс-М, 2002. – 284 с.

УДК 631.347

Охотенко И. Л., студент 3-го курса

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПОРШНЕВЫХ И ОСЕВЫХ НАСОСОВ

*Научный руководитель – **Яланский Д. В.**, канд. техн. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

В данной работе рассматриваются устройства и принцип действия поршневых и осевых насосов, широко применяющихся в сфере водохозяйственного строительства, промышленности.

Целью данной работы является анализ устройства и принципа действия поршневых и осевых насосов на основе отечественных и зарубежных источников, а также выявление особенностей проектирования и эксплуатации этих насосов. Рассмотрение этих вопросов позволяет комплексно оценить эффективность поршневых и осевых насосов и предложить подходы к их оптимизации в современных гидравлических системах.

Поршневые насосы занимают одно из ключевых мест среди объемных насосов и находят широкое применение в гидравлических системах, промышленном производстве, энергетике и транспорте. Их основное преимущество заключается в возможности создания высокого давления и точной дозировки жидкости, что делает их незаменимыми в технике, где требуется высокая надежность и эффективность перекачки. В отечественной литературе изучению поршневых насосов уделяется внимание конструктивным особенностям, классификации, расчету производительности и долговечности, а также влиянию параметров поршня и цилиндра на рабочие характеристики [1]. Зарубежные исследования делают акцент на гидродинамических процессах, снижении потерь энергии, уменьшении вибраций и шума, применении современных материалов для повышения износостойкости и надежности оборудования [2, 3].

Поршневой насос относится к объемным насосам и обеспечивает перекачку жидкости за счет возвратно-поступательного движения поршня в цилиндре. Он состоит из цилиндра с поршнем, клапанной системы и корпуса с приводным механизмом. Работа насоса основана на циклическом изменении объема рабочей камеры: при движении поршня создается разрежение, жидкость поступает в цилиндр, а при обратном ходе – вытесняется под давлением. Конструктивные решения направлены на надежность, долговечность и эффективность работы, а правильный подбор уплотнений и материалов обеспечивает стабильность работы насоса.

Осевые насосы типов О и Оп характеризуются крутой напорно-расходной характеристикой и узкой областью устойчивой работы. Основное отличие заключается в наличии у насосов типа Оп поворотных лопастей, что обеспечивает более гибкое регулирование и высокий КПД при переменных режимах. В целом, насосы типа Оп являются более эффективными и универсальными по сравнению с насосами типа О [2].

Осевые насосы представляют собой гидравлические машины, в которых жидкость перемещается вдоль оси рабочего колеса. В отличие от центробежных насосов, они обеспечивают большие расходы при относительно малых напорах, что делает их незаменимыми в ряде отраслей промышленности и сельского хозяйства. Особенностью осевых насосов является крутая характеристика зависимости напора от подачи, а также высокая чувствительность к изменению режима работы. Это приводит к необходимости точного регулирования и контроля, особенно в насосах типа Оп, где рабочие параметры находятся в более узком диапазоне устойчивой работы.

Особое внимание при проектировании данных насосов уделяется анализу зависимости подачи, напора, потребляемой мощности и коэффициента полезного действия от изменения угла установки лопастей рабочего колеса, частоты вращения и условий на входе в насос [4].

В процессе эксплуатации рассматриваются конструктивные особенности насосов данных типов, которые обуславливают характер протекания потока и формирование их рабочих характеристик. Для насосов типа О, имеющих неподвижные лопасти, изучаются возможности регулирования режимов работы за счёт внешних факторов, тогда как для насосов типа ОП основное внимание уделяется влиянию

поворота лопастей на изменение параметров потока и расширение диапазона эффективной работы.

Анализ изменения характеристик позволяет определить оптимальные режимы эксплуатации насосов, при которых достигается наибольший коэффициент полезного действия и обеспечивается устойчивая работа без возникновения кавитации и срыва потока. Кроме того, результаты исследований и испытаний направлены на обоснование рациональных способов регулирования работы насосов, повышение их энергетической эффективности, снижение эксплуатационных затрат и увеличение срока службы оборудования [5].

Таким образом, поршневой насос является надежным и эффективным устройством для перекачки жидкостей за счет изменения объема рабочей камеры. Его конструкция, включающая цилиндр с поршнем, клапанную систему и приводной механизм, обеспечивает стабильную подачу жидкости и возможность работы под различными условиями. Теоретический анализ показывает, что правильное проектирование и использование качественных материалов повышают долговечность и эффективность насоса, а знание принципа его работы позволяет оптимально применять поршневые насосы в гидравлических системах. При этом установлено, что изменение угла установки лопастей и частоты вращения осевых насосов оказывает решающее влияние на их подачу, напор и коэффициент полезного действия. При этом соблюдение оптимальных режимов работы обеспечивает устойчивость потока, предотвращает возникновение кавитации и снижает износ оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев, А. Н. Гидравлические машины и насосы / А. Н. Григорьев. – М.: Машиностроение, 2015. – 176 с.

2. White, F. M. Fluid Mechanics / F. M. White. – New York: McGraw-Hill, 2016.

3. Pump Handbook / I. J. Karassik, J. P. Messina, P. Cooper, C. C. Heald. – New York: McGraw-Hill, 2008.

4. Михайлов, С. С. Теория гидравлических машин / С. С. Михайлов. – М.: Высш. шк., 2016. – 400 с.

5. Белоглазов, И. П. Регулирование и эксплуатация осевых насосов / И. П. Белоглазов, В. В. Смирнов. – СПб.: Питер, 2019. – 312 с.

УДК 621.227:631.67
Пахомов А. В., студент 2-го курса

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ТАРАН: ФИЗИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП РАБОТЫ И ПРИМЕНЕНИЕ В ОРОШЕНИИ ПОЛЕЙ

*Научный руководитель – **Цвыр А. В.**, ст. преподаватель*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Гидравлический таран представляет собой устройство, использующее физические принципы гидравлики для перекачки воды из более низкого уровня, на более высокий. Он находит применение в сельском хозяйстве, особенно в системах орошения полей. В данной статье рассматриваются физические основы его работы, а также современные применения гидравлического тарана в агрономии.

Физические принципы работы.

Основой работы гидравлического тарана являются основные законы гидравлики, сформулированные такими учеными, как Паскаль и Бернулли. По сути, гидравлический таран использует принцип преобразования кинетической энергии потока воды в потенциальную, что позволяет поднимать воду на высоту.

1. *Закон Паскаля* гласит, что изменение давления в одном месте жидкости приводит к равномерному изменению давления по всей жидкости. Это свойство используется в конструкции тарана, который передает давление потока воды на поршень внутри устройства.

2. *Уравнение Бернулли* описывает связь между скоростью потока, давлением и высотой. В контексте гидравлического тарана, этот закон объясняет, как изменение сечения трубопровода влияет на скорость потока и, соответственно, на давление.

Устройство гидравлического тарана.

Гидравлический таран состоит из следующих основных элементов: разгонная труба – труба, по которой вода проходит от источника к устройству; ударный клапан – клапан создающий гидроудар; напорный клапан – служит для выталкивания воды в нужном направлении; воздушный колпак – накапливает воду под давлением и сглаживает пульсации потока нагнетаемой воды.

Работа гидравлического тарана начинается с того, что поток воды из источника (например, реки или канала) поступает в разгонную трубу (рис. 1). При этом создается разница давлений, которая заставляет

ударный клапан двигаться. Как только клапан достигает своего крайнего предела, он закрывается, и вода под давлением начинает собираться. Когда давление превышает определенное значение, напорный клапан открывается, и вода выбрасывается вверх через выходной шланг. Этот процесс повторяется циклически, позволяя поднимать воду на значительную высоту без использования электричества или другого источника энергии.

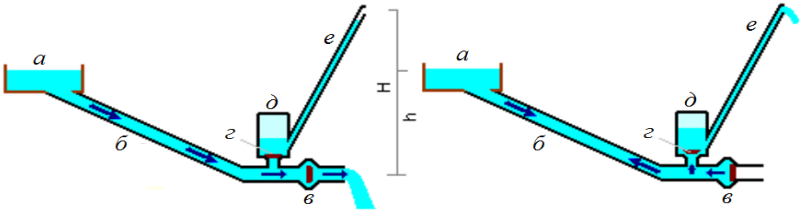


Рис. 1. Устройство гидравлического тарана: *а* – питающий резервуар; *б* – разгонная труба; *в* – ударный клапан; *г* – напорный клапан; *д* – воздушный колпак; *е* – отводящая труба

Эффективность гидравлического тарана зависит от множества факторов, включая:

- высота подъема воды – чем выше необходимо поднять воду, тем большее количество энергии теряется;

- количество входящей воды – для полноценной работы устройства поток воды должен быть достаточно сильным и постоянным;

- форма и размеры клапанов и воздушного колпака – параметры этих компонентов напрямую влияют на производительность тарана.

Гидравлический таран используется в сельском хозяйстве для орошения полей, особенно в регионах с ограниченным доступом к электроэнергии. Его простота в использовании и низкая стоимость делают его привлекательным выбором для фермеров.

Преимущества использования гидравлического тарана.

1. Экономия энергии – в отличие от насосов, работающих на электричестве, гидравлический таран полностью механический и использует энергию текущей воды.

2. Доступность и низкая стоимость – устройства могут быть сконструированы из местных материалов, что делает их доступными даже для малых фермерских хозяйств.

3. Устойчивость к погодным условиям – гидравлические тараны могут работать при любых климатических условиях, что делает их идеальными для многих регионов.

Тем не менее, использование гидравлического тарана имеет и свои ограничения: ограниченная высота подъема – существующие технологии не всегда позволяют поднимать воду выше определенного уровня; чувствительность к изменениям потока – резкие колебания уровня воды или ее качества могут снизить эффективность работы устройства; необходимость постоянного потока воды – без достаточного объема воды таран не сможет функционировать.

С развитием технологий, гидравлические тараны подвергаются модернизации. Использование новых материалов и конструктивных решений позволяет повысить их эффективность и надежность. Например, применяются новые типы поршней и клапанов, которые уменьшают потери энергии и увеличивают общий КПД устройства.

В некоторых регионах также начали экспериментировать с солнечными панелями, которые обеспечивают дополнительную энергию для запуска гидравлических таранов, что делает их еще более универсальными.

Заключение. Гидравлический таран – это доказанный временем метод подъема воды, основанный на простых, но мощных физических принципах. С его помощью многие фермеры получают возможность эффективно орошать свои поля, не прибегая к затратным технологиям. Несмотря на некоторые ограничения, современное развитие этого устройства открывает новые горизонты для применения в сельском хозяйстве и других сферах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овсенян, В. М. Гидравлические тараны и таранные установки / В. М. Овсенян. – М., 1968.

2. Использование гидравлического тарана в индивидуальном тепловом пункте / С. Ф. Кудашев, О. В. Кудашева, О. В. Душутина, Р. Равилов // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 7. – С. 55–59.

УДК 628.358
Прусов В. А., студент 3-го курса

ДООЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

*Научный руководитель – **Васильева Н. В.**, канд. техн. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Помимо обыкновенной очистки стока в водоотводящих системах довольно часто необходима и дополнительная очистка, которая получила название «доочистка». Название это вполне оправданное, поскольку такая очистка сточных вод является более глубокой и тщательной, нежели обыкновенная. На первом этапе сточные воды очищаются только биологически, а на втором производится сама доочистка. Благодаря ей в стоке уменьшается содержание фосфора, азота, взвешенных вещества, снижаются такие величины, как ХПК и БПК, производится насыщение воды кислородом. Таким образом, доочистка нам дает совершенно безопасную воду, которую можно повторно использовать в производственных процессах. Очищенный сток снова пускают в производство, чтобы сэкономить природные водные ресурсы, а также исключить дополнительные денежные затраты.

В процессе доочистки сточных вод принято использовать фильтры различной конструкции. В результате такой фильтрации на выходе мы получаем воду с содержанием минимального количества нефтепродуктов, фосфора, азотных соединений, взвешенных веществ и прочих загрязнений, с которыми вода попадает в канализационную систему. Фильтры могут быть самыми разными, однако обязательным является наличие в них барабанной сетки. Фильтруемая вода поступает в барабан через входной патрубок. На каждой из сеток остается часть загрязнений, которые были отделены от обрабатываемой воды в ходе фильтрации. Такие сетки задерживают особо крупные загрязнения. Очищенная вода скапливается в специальной камере, после чего направляется на последующие сооружения для завершающей фильтрации. На последнем этапе доочистки вода насыщается кислородом. Для этого используется быстроток-аэратор.

В зависимости от того, какая вода будет отправляться на доочистку, предприятие должно остановиться на определенном типе фильтра. Так, исходя из установленных требований к качеству сточных вод, которые направляются на доочистку, выделяют фильтры с различными конструкциями:

1. Согласно потоку воды: конструкции с восходящим или нисходящим потоком.

2. Однослойные и двухслойные.

3. Согласно способу загрузки: конструкции с подвижной загрузкой, аэрируемые, каркасно-засыпные, с плавающей загрузкой.

Фильтрующий материал также используют самый разный. Это может быть гравий, кварцевый песок, гранулированный доменный шлак, гранитный щебень, горелые породы, антрацит, полистирол, керамзит и шунгизит. От выбора фильтрующего материала будет зависеть качество доочистки воды.

Так, каркасно-засыпной фильтр относится к многослойным. В нем фильтрация воды производится в том направлении, в котором уменьшаются зерна загрузки. Конструкция данного фильтра очень схожа по своему строению с конструкцией простого скорого фильтра, который характеризуется нижним отводом промывных вод и их нисходящим движением. Подача воды в таком фильтре осуществляется по желобам, образующие целую систему. При этом дренажная система представляет собой дырчатые трубы. В качестве фильтрующего материала используется гравий или же гранитный щебень. Для заполнения меж порового пространства можно применить песок, шлак, мраморную крошку, керамзит или же антрацит. Из плюсов каркасно-засыпного фильтра стоит отметить высокое качество фильтрации, возможность работы в режиме беспленочной доочистки, а также высокую грязеёмкость загрузки.

В доочистке стока водоотводящей системы нередко применяются и микрофильтры, установки пенной флотации и фильтры с плавающей загрузкой. Установка пенной флотации (рис. 1) используется для доочистки воды от поверхностно-активных веществ. Получаемый пенный продукт следует обрабатывать совместно с осадком сточных вод на вакуум-фильтрах с последующей термической сушкой.

Во избежание выноса сорбируемых осадком ПАВ с иловой жидкостью необходимо в уплотненный или промытый сброженный осадок добавлять пенный продукт. Пенный продукт не оказывает влияния на дозу реагентов для вакуум-фильтрации, производительность вакуум-фильтров или влажность кека, а также не является препятствием для использования термически высушенного осадка сточных вод в качестве удобрения. При преимущественном содержании «биологически мягких» ПАВ и периодическом поступлении ПАВ промежуточной группы пенный продукт может быть обработан путем возврата его в

аэротенки. А вот сорбционные и коагуляционные установки применяются для доочистки сточных вод от особых трудно окисляемых примесей.

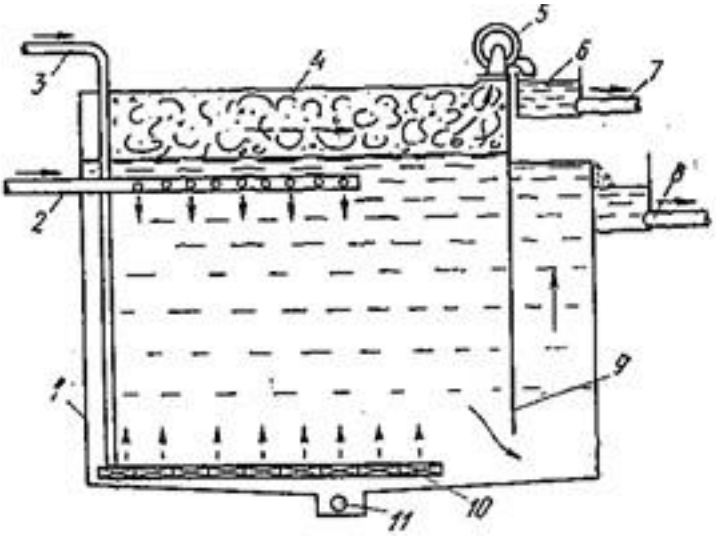


Рис. 1. Схема установки пенной флотации
1 – флотационный резервуар; *2* – подача исходной воды;
3 – подача сжатого воздуха; *4* – перекрытие;
5 – центробежный вентилятор; *6* – пеносборник;
7 – отвод пенного продукта; *8* – отвод очищенной воды; *9* – перегородка;
10 – аэраторы; *11* – опорожнение флотационного резервуара

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев, В. И. Проектирование сооружений переработки и утилизации осадков сточных вод с использованием элементов компьютерных информационных технологий: учеб. пособие для вузов / В. И. Алексеев, Т. Е. Винокурова, Е. А. Пугачев. – М.: АСВ, 2003. – 176 с.

2. Водоотведение: учебник / Ю. В. Воронов, Е. В. Алексеев, В. П. Саломеев, Е. А. Пугачёв – М.: ИНФРА-М, 2007. – 415 с.

3. Водоотводящие системы промышленных предприятий: учебник для вузов / С. В. Яковлев [и др.]; под общ. ред. С. В. Яковлева. – М.: Стройиздат, 1990. – 511 с.

УДК 626.8(476)
Пузанов Ю. Д., студент 3-го курса

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ БЕЛАРУСИ

*Научный руководитель – **Ткачёва Т. Н.**, ст. преподаватель*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы эксплуатации гидротехнических сооружений в составе мелиоративных систем Беларуси. На основе анализа белорусских источников освещены подходы к организации эксплуатационных работ, основные типы сооружений и особенности их технического обслуживания в условиях переувлажненных земель. Особое внимание уделено проблемам поддержания работоспособности регулирующих сооружений и необходимости своевременного проведения ремонтных работ. Показано, что эффективность функционирования мелиоративных систем в значительной степени определяется качеством эксплуатации гидротехнических сооружений. Рассмотрены также вопросы правового регулирования эксплуатации, технической документации и перспективы совершенствования системы технического обслуживания. Статья адресована специалистам в области мелиорации и водного хозяйства, а также исследователям, занимающимся вопросами повышения надежности мелиоративных систем.

Ключевые слова: мелиорация земель, гидротехнические сооружения, эксплуатация мелиоративных систем, технический уход, регулирование водного режима, Беларусь.

Введение. Мелиорация земель является одним из важнейших факторов интенсификации сельскохозяйственного производства в Беларуси. Как отмечается в монографии К. П. Сучкова, П. У. Равового и Л. К. Стычинского, посвященной истории мелиорации земель Беларуси, развитие осушительных систем на территории республики имеет глубокие исторические корни и прошло сложный путь эволюции [1]. По состоянию на 2010 г. из 10 млн га пахотных земель Беларуси 3,3 млн га составляли осушенные земли, что подчеркивает масштабность проведенных мелиоративных мероприятий и значимость их дальнейшего эффективного использования [2]. При этом качественное функционирование мелиорированных угодий напрямую зависит от технического состояния гидротехнических сооружений, которые являются неотъемлемой частью любой мелиоративной системы.

В соответствии с Законом Республики Беларусь «О мелиорации земель», гидротехнические сооружения определяются как каналы, дренажные коллекторы, плотины, дамбы, шлюзы-регуляторы, трубы-регуляторы, трубы-переезды, колодцы-регуляторы, колодцы-поглотители, смотровые колодцы, наблюдательные колодцы, устья, водосбросы, водовыпуски, водосливы, водозаборы, насосные станции, водоводы и иные сооружения, предназначенные для регулирования водного стока [3]. Данные сооружения составляют основу мелиоративных систем и требуют систематического технического обслуживания для обеспечения их надежной работы. Несвоевременное выполнение регламентных работ или их низкое качество приводят к постепенной деградации систем, снижению продуктивности осушенных земель и дополнительным затратам на восстановление.

Основные подходы к эксплуатации гидротехнических сооружений.

Вопросам организации эксплуатационных работ на мелиоративных системах значительное внимание уделялось в научных трудах белорусских исследователей. В частности, в работах П. У. Равового, опубликованных в 1985 г., детально рассматриваются принципы организации эксплуатационных работ, включая систему планово-предупредительных ремонтов и технического ухода [4]. Автор подчеркивает, что эксплуатация мелиоративных систем должна рассматриваться как комплекс мероприятий, направленных на поддержание сооружений в исправном состоянии и обеспечение их нормального функционирования. В этот комплекс входят не только непосредственные ремонтные работы, но и систематический мониторинг, оценка технического состояния, ведение документации и планирование капитальных вложений на восстановление объектов.



Рис. 1. Мелиоративные сооружения и устройства на мелиорированных землях

Важным аспектом эксплуатации гидротехнических сооружений является организация систематического наблюдения за их состоянием. Как указывается в учебном пособии М. Г. Голченко, Г. И. Михайлова и П. У. Равового, мелиоративные системы требуют регулярного осмотра с оценкой технического состояния всех элементов, включая гидротехнические сооружения [5]. Ежегодные обследования позволяют своевременно выявлять дефекты и планировать ремонтные работы. Особое значение имеют весенние и осенние осмотры, в ходе которых оценивается работа сооружений в периоды интенсивного снеготаяния и выпадения осадков, а также готовность систем к пропуску паводковых вод.

Классификация гидротехнических сооружений по функциональному назначению.

Анализ белорусских источников позволяет выделить несколько основных типов гидротехнических сооружений в зависимости от их функционального назначения на мелиоративных системах.

Регулирующие сооружения включают шлюзы-регуляторы, трубы-регуляторы, колодцы-регуляторы. Они предназначены для управления водным режимом на осушаемых территориях. Особую значимость данные сооружения приобретают при организации двустороннего регулирования водного режима почв, которое позволяет по мере необходимости осуществлять осушение или увлажнение почв, обеспечивая требуемую влажность в корнеобитаемом слое [3]. В зависимости от конструктивных особенностей, регулирующие сооружения могут быть оборудованы механическими или автоматизированными затворами, что повышает оперативность управления водным режимом.

Водопропускные сооружения представлены трубами-переездами, водосбросами, водовыпусками. Их основная функция – обеспечение пропуска воды через различные препятствия (дороги, дамбы) и сброс избыточных вод из осушительной сети. В условиях Беларуси, где значительная часть мелиоративных систем расположена на территориях с развитой дорожной сетью, трубы-переезды играют важную роль в обеспечении как водопропускной способности, так и транспортной доступности сельскохозяйственных угодий.

Наблюдательные сооружения включают смотровые и наблюдательные колодцы, которые служат для контроля за работой дренажной системы, измерения уровней грунтовых вод и отбора проб.

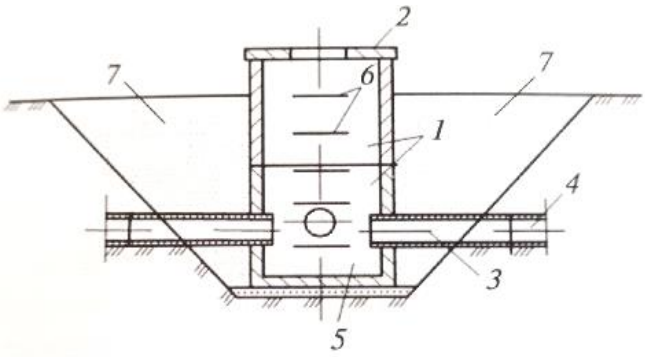


Рис. 2. Смотровой колодец:
1 – железобетонные кольца; *2* – крышка (с лазом); *3* – сопрягающие трубы (асбестоцементные); *4* – трубы проводящей сети; *5* – отстойная часть; *6* – ходовые скобы; *7* – обратная засыпка

Как отмечается в сборнике научных трудов «Планирование, строительство и эксплуатация мелиоративных и водохозяйственных систем», организация систематических наблюдений с использованием данных сооружений является необходимым условием эффективного управления водным режимом [6]. Показатели, получаемые с помощью наблюдательных колодцев, ложатся в основу принятия решений о необходимости регулирования уровней воды, особенно при переходе от осушительного режима к увлажнительному.

Проблемы эксплуатации и пути их решения.

Многолетний опыт эксплуатации мелиоративных систем в Беларуси выявил ряд характерных проблем, связанных с поддержанием работоспособности гидротехнических сооружений. К числу наиболее распространенных относятся:

Заиливание и зарастание водопропускных сооружений, что приводит к снижению их пропускной способности. Данная проблема особенно актуальна для труб-регуляторов и водовыпусков. В результате накопления наносов и развития водной растительности гидравлическое сечение уменьшается, что нарушает расчетный режим работы систем и может стать причиной подтопления территорий.

Разрушение бетонных и железобетонных конструкций вследствие воздействия агрессивных грунтовых вод и температурных колебаний. Как подчеркивается в работах белорусских исследователей, вопросы долговечности гидротехнических сооружений требуют особо-

го внимания при организации эксплуатационных работ [4]. Особенно уязвимы оголовки труб, водосливные стенки, лотки быстротоков, которые подвергаются воздействию динамических нагрузок и химической агрессии.

Повреждение деревянных элементов регулирующих сооружений (шлюзов-регуляторов, водосливов) в результате биокоррозии и механических воздействий. В белорусской практике широко применялись деревянные затворы и опорные конструкции, которые при отсутствии своевременной обработки антисептиками и замены элементов теряют несущую способность.

Для решения данных проблем П. У. Равовым был предложен комплекс организационно-технических мероприятий, включающий систему плановых осмотров, текущих ремонтов и капитальных восстановительных работ [5]. Важное значение придается также своевременному выполнению работ по техническому уходу, включая очистку сооружений, смазку подвижных соединений, замену изношенных элементов. В ряде районов республики накоплен положительный опыт использования полимерных материалов для восстановления затворов и уплотнительных элементов, что повышает межремонтные сроки службы.

Организация эксплуатационных работ.

В Беларуси сложилась определенная система организации эксплуатации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Как отмечается в статье М. Г. Рубина, в каждом районе, где имеются осушенные земли, созданы районные объединения по мелиорации, которые осуществляют технический надзор и эксплуатацию осушенных земель. Эксплуатация (обслуживание) мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений осуществляется пользователями мелиоративных систем или организациями по строительству и эксплуатации мелиоративных систем на основании договора об оказании услуг [9]. Такая модель позволяет разграничить ответственность между землепользователями и специализированными службами, обеспечивая необходимый уровень технического контроля.

Важным элементом организации эксплуатации является ведение технической документации. Согласно законодательству, утверждаются формы паспортов мелиоративных систем, технических паспортов гидротехнических сооружений, ведомостей и реестров мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений. Паспортизация позволяет систематизировать сведения о конструктив-

ных особенностях, техническом состоянии, проведенных ремонтах и прогнозировать потребности в капитальных вложениях. Наличие достоверной документации особенно важно при передаче систем на баланс сельскохозяйственных организаций или в процессе реконструкции.

Перспективы совершенствования эксплуатации гидротехнических сооружений.

Развитие научно-технического прогресса открывает новые возможности для повышения эффективности эксплуатации гидротехнических сооружений. Как отмечается в материалах, посвященных проектированию, строительству и эксплуатации мелиоративных систем в Беларуси, важное значение приобретает совершенствование методов диагностики состояния сооружений, внедрение новых материалов для ремонта и реконструкции, а также разработка более совершенных конструктивных решений [7]. В частности, перспективным направлением является использование неразрушающих методов контроля (ультразвуковая дефектоскопия, георадиолокация) для оценки скрытых дефектов бетонных и железобетонных элементов. Отдельные результаты внедрения таких методов освещались на страницах научно-практического журнала «Мелиорация», где регулярно публиковались материалы по повышению надежности эксплуатации гидротехнических сооружений [8].

Особый интерес представляют подходы к переустройству существующих мелиоративных систем с учетом современных требований к водопользованию и охране окружающей среды. Опыт проектирования и переустройства мелиоративных систем, накопленный в Беларуси, демонстрирует возможность значительного повышения их эффективности при комплексном подходе к реконструкции гидротехнических сооружений [7]. В рамках реконструкции часто предусматривается замена морально устаревших деревянных конструкций на металлические и железобетонные, установка средств автоматизации, что позволяет сократить эксплуатационные затраты и повысить надежность регулирования водного режима.

Заключение. Проведенный анализ белорусских источников по проблемам эксплуатации гидротехнических сооружений на мелиоративных системах позволяет сделать следующие выводы:

- гидротехнические сооружения являются ключевыми элементами мелиоративных систем, обеспечивающими регулирование водного режима на осушаемых территориях. Их работоспособность напрямую

влияет на продуктивность сельскохозяйственных земель и устойчивость агроландшафтов;

- эффективность функционирования мелиоративных систем в значительной степени определяется качеством эксплуатации гидротехнических сооружений, включая своевременность проведения осмотров, технического ухода и ремонтных работ. Регулярное выполнение регламентных мероприятий позволяет предотвратить аварийные ситуации и продлить срок службы сооружений;

- в Беларуси сложилась определенная система организации эксплуатации мелиоративных систем, включающая специализированные организации, систему технической документации и планово-предупредительных ремонтов. Действующая нормативно-правовая база создает условия для поддержания мелиоративных фондов в технически исправном состоянии. Как подчеркивается в трудах ученых Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, развитие научного и кадрового обеспечения мелиоративной отрасли остается важным условием повышения качества эксплуатации [9];

- дальнейшее совершенствование эксплуатации гидротехнических сооружений связано с развитием методов диагностики, применением новых материалов и внедрением прогрессивных конструктивных решений. Особое внимание следует уделять автоматизации процессов управления водным режимом и использованию современных средств мониторинга.

Таким образом, обеспечение надежной эксплуатации гидротехнических сооружений является необходимым условием сохранения и повышения эффективности использования мелиорированных земель в Беларуси. Комплексный подход, включающий организационные, технические и правовые меры, позволяет поддерживать мелиоративные системы в работоспособном состоянии и обеспечивать устойчивое развитие сельскохозяйственного производства на мелиорированных территориях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сучков, К. П. Мелиорация земель Беларуси : очерки истории : монография : в 2 ч. / К. П. Сучков, П. У. Равовой, Л. К. Стычинский. – Мн. : Бел. наука, 2010. – 2 ч.

2. Рубин, М. Г. Мелиорация земель в Республике Беларусь / М. Г. Рубин. – 2010. – URL: http://www.eecca-water.net. (дата обращения: 24.03.2026).

3. Закон Республики Беларусь «О мелиорации земель» от 23.07.2008 № 423-З. – URL: https://belzakon.net. (дата обращения: 24.03.2026).

4. Равовой, П. У. Организация эксплуатационных работ на мелиоративных системах / П. У. Равовой. – Мн. : Ураджай, 1985. – 71 с.

5. Голченко, М. Г. Мелиорация и эксплуатация гидромелиоративных систем : учебное пособие для вузов / М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов, П. У. Равовой ; под общ. ред. М. Г. Голченко. – Мн. : Ураджай, 1985. – 287 с.

6. Планирование, строительство и эксплуатация мелиоративных и водохозяйственных систем : сб. науч. тр. / Белорус. с.-х. акад. ; редкол.: П. У. Равовой (отв. ред.) [и др.]. – Горки : БСХА, 1985. – Вып. 127. – 126 с.

7. Булыня, А. А. Из опыта проектирования, строительства, переустройства, и эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных систем в Беларуси / А. А. Булыня // Водное хозяйство и гидротехническое строительство : республиканский межведомственный сборник научных трудов / редсов.: Г. Г. Круглов (гл. ред) [и др.]. – Мн. : Реклама-Факсбелар, 2000. – Вып. 21. – С. 8–24.

8. Мелиорация : научно-практический журнал / учредитель РУП «Институт мелиорации». – Минск : Институт мелиорации, 2008–2010.

9. Желязко, В. И. Мелиоративная наука и образование в Горках (к 170-летию БГСХА) / В. И. Желязко, П. У. Равовой // Мелиорация переувлажненных земель : сб. науч. тр. – Горки : БГСХА, 2010.

УДК 632.954:635.132

Ранцевич М. М., студент 4-го курса

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕРБИЦИДОВ ПОЧВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МОРКОВИ СТОЛОВОЙ

*Научный руководитель – **Хизанейшвили Н. Э.,** канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Столовая морковь сегодня является очень популярной овощной культурой. Ее польза обусловлена наличием в корнеплоде широкого набора макро-, микроэлементов, витаминов, сахаров. Из витаминов в моркови содержатся каротин (провитамин А), витамины С, Е, B_1, B_2, B_3, B_6, B_9, B_{12}, РР, Н, фолиевая кислота. Из макроэлементов преобладают калий, кальций, магний, натрий, фосфор, сера. Микроэлементный состав представлен железом, йодом и особенно бором. Суточная норма потребления моркови для человека – около 50–60 г, что позволяет удовлетворить потребность в каротине. Морковь, кроме всего прочего, содержит в себе клетчатку, ферменты, поэтому она так популярна в диетическом питании [1].

Сорные растения, являясь вредными объектами, способны отрицательно влиять на величину и качество урожая. Установлено, что при средней засоренности посевов однолетними сорняками (10–50 шт/м^2), потери урожая овощных культур составляют в среднем 15–40 %. При этом морковь, являясь мелкосемянной культурой, характеризующейся медленными темпами роста в начальный период, способна сни-

жать урожай из-за сорняков на величину до 100 %. Кроме медленных темпов роста, морковь имеет и некоторые морфологические особенности, которые не позволяют ей успешно конкурировать с сорняками – это наличие линейно вытянутых острых листьев, слабо экранирующих сорняки, а также небольшая их численность (в среднем у моркови к моменту созревания насчитывается 9–13 листьев) [2]. Следовательно, применение гербицидов при возделывании моркови является одним из необходимых условий для получения высоких урожаев корнеплодов с хорошим качеством.

Целью проводимых **исследований** было определение эффективности применения почвенных гербицидов на степень засоренности и урожайность моркови столовой.

Полевой опыт проводился на территории УНЦ «Опытные поля БГСХА» на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком с глубины 1 метра в 2018 и 2020 гг. В опытах с морковью почва имела среднее содержание гумуса (1,8 %), повышенное содержание подвижного фосфора (202–209 мг/кг) и калия (275–295 мг/кг), слабокислую и близкую к нейтральной реакцию почвенной среды (pH = 5,9–6,1). Объект исследований – морковь столовая, сорт Самсон (Bejo Zaden, Нидерланды). Для допосевного внесения использовалось комплексное АФК-удобрение для моркови марки 16:12:20 с содержанием 7 % S, 0,15 % B, 0,1 % Cu, которое вносили в дозе 5 ц/га, что соответствовало $N_{80}P_{60}K_{100}$.

Методика проведения исследований – общепринятая для овощных культур, технология возделывания моркови соответствовала отраслевому регламенту [3].

Схема опыта включала следующие варианты: 1) Контроль (без гербицидов); 2) Гезагард, КС (2 л/га до всходов); 3) Рейсер, КЭ (2 л/га до всходов). Учет засоренности посевов моркови проводили двухкратно: через 30 дней после применения гербицидов и перед уборкой.

Общая численность сорняков в контрольном варианте составила 62 шт/м^2. Наиболее распространенными оказались подмаренник цепкий (12 шт/м^2), звездчатка средняя (8 шт/м^2), галинсога мелкоцветковая (9 шт/м^2), марь белая (7 шт/м^2), просо куриное (6 шт/м^2), ярутка полевая (6 шт/м^2), также встречались пастушья сумка, виды горцев, щирица запрокинутая, пырей ползучий и др. Применение гербицидов способствовало снижению количества сорняков в посевах моркови. Так, гербицид Гезагард, КС снижал численность сорных растений на

41 шт/м^2 с 62 до 21 шт/м^2, биологическая эффективность составила 66,1 %. Наибольшая эффективность данного гербицида была против галинсоги мелкоцветковой, пастушьей сумки, фиалки полевой, ярутки полевой. Слабую эффективность Гезагард, КС проявлял по отношению к подмареннику цепкому (БЭ = 16,7 %), просу куриному (БЭ = 50,0 %). Против пырея ползучего данный гербицид оказался вовсе неэффективным (БЭ = 0,0 %).

Внесение гербицида Рейсер, КЭ было очень эффективно по отношению ко всем сорным растениям (виды горцев, подмаренник цепкий, звездчатка средняя, галинсога мелкоцветковая, марь белая, пастушья сумка, фиалка полевая, щирица запрокинутая, ярутка полевая, просо куриное (БЭ = 100,0 %), за исключением пырея ползучего (БЭ = 0,0 %). В целом показатель биологической эффективности составил 96,8 %.

Проведение второго учета засоренности посевов перед уборкой показало, что в контрольном варианте число сорняков возросло до 74 шт/м^2. В варианте с применением гербицида Гезагард, КС численность сорняков возросла на 1 шт/м^2, а в варианте с гербицидом Рейсер, КЭ – осталась на прежнем уровне (2 шт/м^2). По результатам второго учета биологическая эффективность гербицида Гезагард, КС составила 70,3 %, а у гербицида Рейсер, КЭ, этот показатель был значительно выше и составил 97,3 %.

Анализируя данные по урожайности корнеплодов, было установлено, что в варианте без химпрополки урожайность корнеплодов моркови была наименьшей и составила 5,5 т/га (таблица). Применение гербицидов способствовало значительному повышению урожайности. Так, в варианте с гербицидом Гезагард, КС, урожайность моркови составила 43,7 т/га. Наибольшая урожайность корнеплодов была получена в варианте с применением гербицида Рейсер, КЭ – 56,6 т/га.

Влияние гербицидов на урожайность корнеплодов моркови, среднее за 2018 и 2020 гг.

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га
1. Контроль (без гербицидов)	5,5	–
2. Гезагард, КС (2 л/га)	49,2	43,7
3. Рейсер, КЭ (2 л/га)	56,6	51,1

Таким образом, проведенные опыты позволили установить, что применение гербицидов при возделывании моркови является очень эффективным приемом для борьбы с сорняками. Сравнивая изучаемые гербициды, можно сделать вывод, что препарат Рейсер, КЭ, который

вносили после посева до всходов моркови в дозе 2 л/га по сравнению с гербицидом Гезагард, КС, который также вносили после посева до всходов моркови в такой же дозе, показал наивысшую биологическую эффективность, которая по результатам двух учетов, проводимых через месяц после обработки и перед уборкой урожая, составила 96,8 и 97,3 % соответственно. В этом же варианте опыта была получена наибольшая урожайность корнеплодов моркови, которая составила 56,6 т/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроэкономическая эффективность применения удобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур: монография / И. Р. Вильдфлуш, В. Б. Воробьев, О. В. Малашевская [и др.]. – Горки: БГСХА, 2025. – 191 с.

2. Литвинов, С. С. Вредоносность и конкурентоспособность сорных растений в посевах моркови / С. С. Литвинов, Д. С. Акимов // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2017. – № 9. – С. 47–50.

3. Организационно-технологические нормативы возделывания овощных, плодовых, ягодных культур и выращивания посадочного материала: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси; рук. разраб.: В. Г. Гусаков [и др.]. – Мн.: Бел. навука, 2010. – 520 с.

УДК 631.6.02

Самкевич К. В., студент 3-го курса

ПРОБЛЕМЫ В РАЗВИТИИ МЕЛИОРАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

*Научный руководитель – **Дуброва Ю. Н.**, канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

В настоящее время развитие мелиорации земель в Республике Беларусь регламентируется целым рядом нормативно-правовых актов. Основными из них являются: Закон Республики Беларусь «О мелиорации земель» (2008 г.) и Государственная программа «АПК будущего» на 2026–2030 годы, утвержденная Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 31 декабря 2025 г. Данные документы формулируют основную цель мелиорации земель в Республике Беларусь как устойчивое биосферно-совместимое повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий с устранением или исправлением неблагоприятных для хозяйственной деятельности природных условий. Это может достигаться путем сочетания и дифференцирования различных видов, методов и способов мелиорации для конкретных участков с применением ресурсосберегающих и природоохранных технологий.

Осушительная мелиорация земель в Беларуси, как и в других странах, проводилась с целью вовлечения в сельскохозяйственный оборот потенциально плодородных заболоченных земель, представленных в значительной части торфяниками, а также для создания условий расширенного воспроизводства почвенного плодородия на сельскохозяйственных угодьях в тех районах, где лимитирующим фактором плодородия являлось периодическое или постоянное переувлажнение. Основная задача состояла в том, чтобы с помощью мелиорации придать устойчивость сельскохозяйственному производству, повысить эффективность применения других факторов его интенсификации, включая использование удобрений и средств механизации.

Основным способом орошения сельскохозяйственных угодий в условиях Республики Беларусь является дождевание, как наиболее прогрессивный, технический совершенный и распространенный в развитых странах мира. С учетом специфики зоны неустойчивого увлажнения, куда относится и наша республика, разработаны мероприятия по осуществлению качественного полива, включающие способ мелиоративной обработки почвы и целый ряд новых дождевальных аппаратов и устройств.

Роль мелиорации земель в Республике Беларусь с ростом экономического потенциала будет только повышаться. При освоении всего мелиоративного фонда объем сельскохозяйственной продукции с мелиорированных земель может достичь 75–85 % от его валового объема.

Общая площадь осушенных земель в стране по состоянию на 1 января 2025 г. составляет 3 249,2 тыс. га, что на 1,3 тыс. га больше, чем в предыдущем году. Осушено 2 803,0 тыс. га сельскохозяйственных земель (35,3 % от их общей площади), в том числе 1 509,4 тыс. га пахотных земель (27,3 % от их общей площади), 1 287,6 тыс. га луговые земли (55,2 % от их общей площади), из них 1085,3 тыс. га – улучшенные луговые земли (66,1 % от их общей площади). Осушенные сельскохозяйственные земли находятся, преимущественно, в пользовании сельскохозяйственных организаций (94,7 %). В составе осушенных земель имеются лесные земли – 189,3 тыс. га, земли под древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями) площадью 123,8 тыс. га, под болотами – 13,6 тыс. га, под поверхностными водными объектами – 21,6 тыс. га, под дорогами и иными транспортными коммуникациями - 15,4 тыс. га, земли общего пользования – 1,0 тыс. га, под застройкой – 8,6 тыс. га, нарушенные, неиспользуемые и иные земли – 72,9 тыс. га.

Площадь орошаемых земель в 2024 г. осталась без изменений по сравнению с прошлым годом и составляет 25,8 тыс. га, в том числе 20,3 тыс. га – пахотные земли, 0,5 тыс. га – земли под постоянными культурами, 4,8 тыс. га – луговые земли. Из общей площади орошаемых земель 24,5 тыс. га (95,0 %) находятся в пользовании сельскохозяйственных организаций.

Основными негативными воздействиями мелиоративных систем на землю и почву является засоление, подтопление, а также эрозия и деградация почв. Засоление и подтопление орошаемых земель обуславливается за счёт высокого залегания или подъема уровня грунтовых вод, последующим капиллярным подъемом их и испарением с поверхности почвы; использованием для полива сельскохозяйственных культур вод повышенной минерализации. Однако засоление не является характерной проблемой мелиорируемых почв исследуемой территории в связи с крайне низкой долей орошаемых земель. Эрозия почв подразумевает явление или совокупность процессов разрушения, отрыва, измельчения, транспортирования и отложения частиц почв или грунтов (почвогрунтов) временными поверхностными водными или ветровыми потоками. Проявление водной эрозии почв относится к наиболее действенному и существенному фактору, определяющему деградацию сельскохозяйственных земель республики. Это негативно влияет как на физические, так и на химико-биологические процессы, протекающие в почвах, что обуславливает заметное снижение продуктивности возделываемых на них сельскохозяйственных культур.

Особый интерес представляют современные изменения климатических и агроклиматических показателей на осушенных и освоенных торфяниках Полесья по сравнению с минеральными почвами. Последствия изменения микроклимата на территории осушенных торфяно-болотных почв достаточно хорошо изучены. Осушение торфяно-болотных почв, как известно, в первую очередь вызывает изменения их теплофизических свойств (теплопроводности, теплоемкости, влагопроводности и т. д.). Понижение теплопроводности и повышение в 2,0–2,5 раза объемной теплоемкости торфяных почв по сравнению с минеральной приводит к их значительному прогреву в дневное время и охлаждению в ночные часы, в результате чего увеличивается количество заморозков и замедляется прогрев пахотного слоя весной, повышается альбедо и уменьшается радиационный баланс. Суммарное испарение выше на болотах, интенсивно освоенных под посевы сельскохозяйственных культур, особенно в первой половине теплого пери-

ода. Однако после уборки урожая в конце лета воздух на освоенном болоте становится более теплым и сухим. При этом температура воздуха на осушенных торфяниках в целом остается ниже, чем на неосушенных торфяниках и минеральных почвах.

Восстановление потребительских качеств мелиоративных систем, которые были утрачены за продолжительный период эксплуатации, и вовлечение мелиорированных земель в сельскохозяйственный оборот будет реализовано через: строительство (возведение, реконструкция) мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений; ремонтно-эксплуатационные работы, в том числе в рыбоводных прудах и на водохозяйственных сооружениях, включая работу насосных станций по заполнению водой водохранилищ, прудов, ведение государственного учета мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, проведение инвентаризации мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений; культуртехническую мелиорацию на мелиорированных землях; культуртехническую мелиорацию на немелиорированных землях; обновление парка мелиоративной техники и оборудования в организациях по строительству и эксплуатации мелиоративных систем.

Современное сельское хозяйство в Республике Беларусь базируется на детальном измерении всех процессов, а высокие технологии в нем становятся стандартом благодаря повсеместному использованию аналитических и информационных систем. В рамках мероприятий в сфере информатизации Министерством сельского хозяйства и продовольствия разрабатывается и внедряется автоматизированная система государственного учета мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений на основе ГИС-технологий для планирования, регулирования, управления проведением мелиоративных мероприятий. Оператором проекта выступает ГО «Белводхоз», разработчиком является РУП «Институт мелиорации» НАН Беларуси. В технологии «точного земледелия» внедряются системы «Smart irrigation», включающие датчики влажности почвы, метеостанции и аналитику данных для оптимизации полива. Ведется работа над созданием базовых модулей «Цифровой платформы точного земледелия» как части национальной инфраструктуры пространственных данных. Развитие цифровизации АПК, в том числе точного земледелия закреплено в программе «АПК будущего» на 2026–2030 годы.

Базовым вектором развития мелиорации в Республике Беларусь является переход к интеллектуальным, самообучающимся экосистемам

управления водными ресурсами, где каждый кубический метр воды используется с максимальной эффективностью для получения стабильных и высоких урожаев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Желязко, В. И. Начало мелиоративной науки и мелиоративного образования в Беларуси / В. И. Желязко, П. У. Равовой, К. П. Сучков // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2010. – № 4. – С. 24–29.

2. Повышение эффективности мелиоративного комплекса Беларуси / А. П. Лихацевич [и др.] // Мелиорация. – 2004. – № 1. – С. 7–22.

3. Голченко, М. Г. Совершенствование научно-практических основ оросительных мелиораций на минеральных почвах Республики Беларусь / М. Г. Голченко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 2. – С. 123–129.

4. Желязко, В. И. Научно-практические и экологические аспекты орошения земель в Беларуси / В. И. Желязко, В. М. Лукашевич // Мелиорация и водное хозяйство. – 2021. – № 2. – С. 36.

5. Использование функциональных возможностей ГИС и данных дистанционного зондирования для мониторинга и картографирования мелиорированных земель / Т. Н. Мыслыва [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – Горки: Бел. гос. с.-х. акад., 2022. – № 1. – С. 176–183.

6. Совершенствование мелиоративных и водохозяйственных систем: учеб.-метод. пособие / Ю. Н. Дуброва [и др.]. – Горки : Бел. гос. с.-х. акад., 2021. – 124 с.

7. О Государственной программе «АПК будущего» на 2026–2030 годы: постановление Совета Министров Республики Беларусь, от 31 декабря 2025 г. № 814 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22500814. (дата обращения: 07.07.2026).

УДК 631.84:631.445.24

Тышковский А. Г., студент 4-го курса

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАС ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОЙ РЖИ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

*Научный руководитель – **Хизанейшвили Н. Э.,** канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Основная задача современных технологий возделывания зерновых культур заключается в достижении максимальной продуктивности, что обусловлено применением высококачественного посевного материала и комплексным агротехническим уходом. Установлено, что урожайность и качественные показатели зерна озимой ржи находятся в прямой зависимости от обеспеченности растений азотом. Учитывая, что

значительная часть почвенных питательных веществ может быть представлена в недоступной для растений форме, проведение подкормок выступает в качестве эффективного агроприема. На дерново-подзолистых почвах с ограниченным естественным плодородием целесообразно применять дробное внесение азотных удобрений, обеспечивая растения азотом в критические фазы их онтогенеза. Такой подход способствует не только росту урожайности, но и повышению качества зерна, поскольку внесение азота приурочивается к периодам его максимального потребления озимой рожью [1].

Целью проводимых **исследований** было определение эффективности проведения азотных подкормок на урожайность зерна озимой ржи в производственных условиях.

Закладка полевых опытов проводилась в условиях КСУП «Струга» Столинского района в 2024 году. Методика проведения исследований – общепринятая, технология возделывания озимой ржи соответствовала отраслевому регламенту [2].

Для удобрения озимой ржи сорта Алькора (селекция НПЦ НАН Беларуси по земледелию) применяли хлористый калий (60 % K_2O, суперфосфат аммонизированный (30 % P_2O_5, 8 % N), а также карбамид-аммиачную селитру (КАС) с содержанием азота 28 %, которую вносили дробно в подкормки согласно схеме опыта.

Почва поля, на котором проводились исследования – дерново-подзолистая, рыхлосупесчаная, подстилаемая песком. По результатам агрохимического анализа было установлено, что почва имела недостаточное содержание гумуса (1,68 %), слабокислую реакцию среды (pH = 5,6), среднюю обеспеченность подвижным фосфором (148 мг/кг) и калия (169 мг/кг). Анализируя агрохимические показатели почвы опытного участка, можно сделать вывод, что в целом почва является вполне пригодной для возделывания озимой ржи.

Схема опыта состояла из четырех вариантов:

1) $N_{16}P_{60}K_{90}$ – фон;

2) $N_{16}P_{60}K_{90}$ + N_{56} КАС при начале вегетации в фазу кущения;

3) $N_{16}P_{60}K_{90}$ + N_{56} КАС при начале вегетации в фазу кущения + N_{28} КАС в фазу выхода в трубку;

4) $N_{16}P_{60}K_{90}$ + N_{56} КАС в фазу кущения + N_{56} КАС в фазу выхода в трубку.

Установлено, что в фоновом варианте, где вносили минеральные удобрения в дозе $N_{16}P_{60}K_{90}$ урожайность зерна была наименьшей и составила всего 14,5 ц/га. Такой низкий показатель можно объяснить

тем, что рожь возделывалась на рыхлосупесчаной почве со слабокислой реакцией среды, с недостаточным содержанием гумуса и средними запасами фосфора и калия.

Проведение ранневесенней подкормки КАС при возобновлении весенней вегетации растений озимой ржи в фазу кущения в дозе N_{56} позволило повысить урожайность зерна на 7,7 ц/га. В варианте с двукратной подкормкой КАС весной в фазу кущения в дозе N_{56} и в фазу выхода в трубку в дозе N_{28} урожайность зерна увеличивалась на 13,9 ц/га с 14,5 до 28,4 ц/га.

Наибольшая урожайность зерна озимой ржи была получена при проведении двукратной подкормки растений КАС в фазу кущения весной в дозе N_{56} и в фазу выхода в трубку в дозе N_{56} – 32,5 ц/га, что было выше, чем в фоновом варианте на 18,0 ц/га.

Кроме определения влияния уровня азотного питания на урожайность зерна озимой ржи, целью исследований было определение экономической эффективности применения азотных удобрений.

Рассчитывалась стоимость дополнительной продукции (руб/га), дополнительные затраты (руб/га), себестоимость 1 ц дополнительной продукции (руб.), условный чистый доход (руб/га) и окупаемость дополнительных затрат (руб/руб.) (таблица).

Экономическая эффективность применения азотных удобрений в посевах озимой ржи

Вариант опыта	Стоимость дополнительной продукции, руб/га	Всего дополнительных затрат, руб/га	Себестоимость 1 ц дополнительной продукции, руб.	Дополнительный условный чистый доход, руб/га	Окупаемость дополнительных затрат, руб/руб.
$N_{16}P_{60}K_{90} + N_{56}$	284,93	292,23	37,95	–7,30	0,98
$N_{16}P_{60}K_{90} + N_{56} + N_{28}$	514,36	480,78	34,59	33,58	1,07
$N_{16}P_{60}K_{90} + N_{56} + N_{56}$	666,07	618,13	34,34	47,94	1,08

На основании анализа полученных результатов можно отметить, что в условиях анализируемого предприятия наиболее эффективным, с экономической точки зрения, является вариант подкормки $N_{16}P_{60}K_{90} + N_{56}$ в фазу кущения весной + N_{56} в фазу выхода в трубку. Возможная прибавка урожая составляет 18 ц/га или 666,07 руб. в стоимостном выражении. Дополнительная сумма условного чистого дохода может соста-

вить 47,94 руб/га при окупаемости дополнительных затрат 1,08 руб/руб.

Чуть ниже уровень окупаемости затрат предприятие может получить при проведении двукратной подкормки озимой ржи КАС весной в фазу кущения в дозе N_{56} и в фазу выхода в трубку в дозе N_{28} – 1,07 руб/руб.

Проведение ранневесенней подкормки КАС в дозе N_{56} в условиях предприятия не обеспечивает получение объема дополнительной продукции, позволяющего окупить дополнительные затраты на применение удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хизанейшвили, Н. Э. Влияние азотных удобрений на урожайность озимой ржи в условиях КСУП «Струга» Столинского района / Н. Э. Хизанейшвили, Р. А. Криворотько // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сб. ст. по материалам XXVI Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию кафедры защиты растений, 105-летию кафедр земледелия и плодоовощеводства, Горки, 26–27 июня 2025 г. / БГСХА; редкол. А. С. Мастеров [и др.]. – Горки, 2025. – С. 128–132.

2. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разраб.: Ф. И. Привалов [и др.]. – 2-е изд. – Мн.: Бел. навука, 2013. – 288 с.

УДК 631.527.5:633.15:631.559(476.2)

Фисюк Р. С., студент 4-го курса

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ОАО «БУЕВЩИНА» ШАРКОВЩИНСКОГО РАЙОНА

*Научный руководитель – **Караульный Д. В.**, канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Кормовая ценность кукурузы на силос зависит и от ее пригодности к силосованию. Содержание сухой массы значительно влияет на потери при силосовании. При ее высоком содержании (в пределах 28...35 %) потери при силосовании минимальные, при этом обеспечивается высокое поступление энергии [1].

Преждевременная уборка ведет к недобору энергии на 1,3–1,7 % за каждую неделю. Общий сбор сухого вещества от фазы формирования зерна до молочной спелости (за 10 дней) повышается на 25 %, до молочно-восковой (за 20 дней) – на 50 %, до восковой (за 35 дней) – на 63 %. Поэтому на силос кукурузу начинают убирать в конце фазы мо-

лочно-восковой спелости зерна, когда растения накапливают максимум сухого вещества, влажность массы снижается до 71–76 %, в результате чего при силосовании потери от угара не превышают 15 %. Однако наибольший выход сухого вещества и питательных веществ в силосе достигается при уборке кукурузы в фазе восковой спелости, когда питательность 1 кг силосной массы составляет 0,2–0,32 корм. ед.; влажность растений находится в пределах 60–70 % [2].

Целью наших **исследований** являлось – дать сравнительную оценку гибридов кукурузы. В качестве объекта изучения использовались гибриды: Полесский 175 СВ и Полесский 212 СВ включенные в Государственный реестр Беларуси.

Таблица 1. **Урожайность зеленой массы гибридов кукурузы**

Название гибрида	Биологическая урожайность, ц/га		Хозяйственная урожайность, ц/га
	всего	в том числе початков без обертки	
Полесский 175 СВ	360,0	41,3	340,5
Полесский 212 СВ	333,9	42,6	310,8
$НСР_{05}$	4,96		

Выше биологическую урожайность на зеленую массу сформировал гибрид Полесский 175 СВ – 360,0 ц/га, ему уступает Полесский 212 СВ – 333,9 ц/га, прибавка урожайности +26,1 ц/га, прибавка в год исследований была достоверна так как превышала критерий оценки ($НСР_{05}$ 4,96 ц/га).

Хозяйственная урожайность на зеленую массу также была выше у гибрида Полесский 175 СВ – 340,5 ц/га.

Одним из важных показателей является урожайность початков кукурузы. Доля початков в урожае зеленой массы у гибрида Полесский 175 СВ – 41,3 ц/га у гибрида Полесский 212 СВ на 1,3 ц/га больше. Учитывая, что все початки находились в фазе восковой спелости, можно говорить о хорошем качестве полученного корма.

Основным критерием оценки продуктивности гибридов является питательная ценность зеленой массы. Главный показатель – содержание сухого вещества, которое должно составлять не менее 28–30 % от урожая зелёной массы с удельным весом початков в сухом веществе 35–40 %. Урожайность сухого вещества является более объективным показателем оценки продуктивности гибридов кукурузы при выращивании их на силос и зеленый корм. При этом важно, чтобы высокий сбор сухого вещества был связан с большой долей зерновой части урожая. Это влияет на показатели питательной ценности корма [3].

Содержание сухого вещества было на высоком уровне. Гибриды Полесский 175 СВ и Полесский 212 СВ имели показатели 29,3 и 29,8 % (табл. 2).

Таблица 2. **Урожайность сухой массы гибридов кукурузы**

Название гибрида	Урожайность сухой массы, ц/га	Содержание сухого вещества в растении, %
Полесский 175 СВ	99,7	29,3
Полесский 212 СВ	92,6	29,8

Наиболее урожайным был гибрид Полесский 175 СВ – 99,7 ц/га, у гибрида Полесский 212 СВ урожайность ниже на 7,1 ц/га сухой массы. Сравнительная оценка показала, что гибриды могут формировать початки восковой спелости, способствующие получению высококачественного силоса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роль кукурузы в кормопроизводстве Беларуси и принципы подбора гибридов / Ф. И. Привалов, Д. В. Лужинский, Н. Ф. Надточаев // Кормопроизводство. – 2016. – № 2 – С. 32–35.

2. Возделывание кукурузы на зерно и силос / Н. Ф. Надточаев [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – 3-е изд., доп. и перераб. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2017. – С. 453–492.

3. Володькин, Д. Н. Агроэкономическая эффективность выращивания на зерно и силос гибридов кукурузы различной скороспелости в центральной части Беларуси / Д. Н. Володькин // Земледелие и селекция в Беларуси: сб. науч. тр.; редкол.: Ф. И. Привалов (гл. ред.) [и др.] / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Мн., 2018. – Вып. 54. – С. 153–160.

УДК 631.67(476)

Хрущева В. В., студентка 2-го курса

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ МЕЛИОРАЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Научный руководитель – **Яланский Д. В.**, канд. техн. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

В исследовании оцениваются возможности совершенствования оросительных систем в Республике Беларусь в связи с влиянием климатических изменений. Обозначены сложности, связанные с изношен-

ностью имеющихся сооружений и недостаточной эффективностью привычных методов полива.

Акцентируется внимание на гидрологических основах использования мелиорации на минеральных почвах. Подчеркивается важность перехода к современным технологиям, таким как капельное и микрооросение, и автоматизации контроля за распределением воды. Подтверждается необходимость всестороннего развития орошения для обеспечения стабильности сельскохозяйственного производства и продовольственной безопасности государства [1].

В сельском хозяйстве Беларуси функционирование ирригационных систем имеет огромное значение для обеспечения его устойчивости. В связи с меняющимся климатом – потеплением, увеличением частоты засух и непредсказуемостью выпадения осадков – рациональное использование водных ресурсов становится критически важным. Хотя Беларусь традиционно находилась в полосе умеренного увлажнения, сегодня всё чаще встречаются годы с дефицитом влаги, наиболее ощутимые последствия которого проявляются в юго-западном регионе республики. Исходя из этого, требуется модернизация подходов к землеустройству и активное внедрение инновационных технологий орошения, способных не только ликвидировать нехватку воды, но и обеспечивать оптимальный баланс между водой и воздухом в почве [2].

Данная работа посвящена выявлению основных трудностей и препятствий, влияющих на работу мелиоративных систем, и определение наиболее перспективных путей дальнейшего развития, принимая во внимание гидротехнические, земледельческие и экологические аспекты.

Белорусские системы орошения сегодня демонстрируют серьёзную проблему – устарелость оборудования, которое в основном было возведено ещё во времена Советского Союза. Значительная часть каналов, насосных станций и установок для полива нуждаются либо в обновлении, либо в капитальной перестройке. Однако мелиоративные земли страны обладают существенным резервом: эксперты полагают, что грамотное применение оросительных технологий способно повысить урожайность зерновых и овощей на 30–50 %, а количество производимого корма с пастбищ – увеличить практически в два раза [2].

Гидравлические предпосылки развития оросительных мелиораций связаны с особенностями почвенного покрова Беларуси. Минеральные почвы, широко распространённые в республике, отличаются неустойчивым водно-воздушным режимом, что делает их крайне зависимыми от дополнительного влагоснабжения. В условиях засушливых летних

периодов именно орошение становится ключевым фактором стабилизации урожайности. При этом необходимо учитывать, что традиционные системы дождевания сопровождаются значительными потерями воды, а также требуют больших энергетических затрат [1].

Будущее белорусских оросительных систем во многом определяется интеграцией новых технологий. Особое внимание уделяется системам капельного и микроорошения – они значительно экономят водные ресурсы и доставляют воду точно к корням растений. Эти решения оптимизируют использование воды и помогают предотвратить засоление и заболачивание почв. Не менее важной задачей является автоматизация распределения воды: современные гидротехнические комплексы можно оборудовать датчиками влаги, метеостанциями и специализированным софтом для точной настройки подачи воды согласно текущим потребностям сельскохозяйственных культур [3].

Не менее значимым является вопрос экологической интеграции оросительных мелиораций. В условиях Беларуси важно учитывать баланс между сельскохозяйственным производством и сохранением природных экосистем. Неправильное использование оросительных систем может привести к нарушению гидрологического режима рек и озёр, изменению структуры болотных экосистем и снижению биоразнообразия. Поэтому перспективное развитие мелиорации должно быть основано на принципах биосферной совместимости, предполагающих минимизацию негативного воздействия на окружающую среду [4].

Социально-экономический эффект от развития оросительных мелиораций очевиден. Во-первых, это повышение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, что напрямую влияет на продовольственную безопасность страны. Во-вторых, это укрепление экспортного потенциала аграрного сектора, особенно в части овощных и зерновых культур. В-третьих, это снижение зависимости сельского хозяйства от климатических рисков, что особенно важно в условиях глобального потепления [3].

Таким образом, совершенствование оросительных систем в Республике Беларусь представляет собой ключевую задачу для стабильной работы аграрного сектора экономики. Учитывая воздействие климатических факторов и необходимость укрепления продовольственного обеспечения государства, инвестиции в гидротехническое обеспечение орошения следует признать первоочередными. Развитие связано с применением современных технологий капельного и микроорошения, автоматизацией контроля за распределением воды, обновлением

действующих объектов и включением принципов охраны окружающей среды. Лишь объединенный подход, принимающий во внимание инженерные, земледельческие и экологические аспекты, гарантирует длительную результативность оросительных работ и устойчивый рост сельскохозяйственного производства в Беларуси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голченко, М. Г. Совершенствование научно-практических основ оросительных мелиораций на минеральных почвах Республики Беларусь / М. Г. Голченко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – 20 с.

2. Лукашевич, В. М. Совершенствование оросительной мелиорации в Республике Беларусь / В. М. Лукашевич, О. Б. Ракицкий // Наука и инновации. – Мн.: БНТУ, 2017. – 7 с.

3. Природно-климатические и социально-экономические аспекты развития оросительных мелиораций в условиях Республики Беларусь (на примере южных районов Гомельской области) // Мелиорация и гидротехника. – 2017. – 8 с.

4. Козловский, В. И. Гидротехнические основы мелиорации земель Беларуси / В. И. Козловский. – Мн.: Бел. наука, 2020. – 356 с.

УДК 628.81/.84

Хрущева В. В., студентка 2-го курса

САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЕСЯ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ТРУБ И МЕМБРАН В МЕЛИОРАЦИИ

*Научный руководитель – **Боровиков А. А.**, канд. техн. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Аннотация. В статье описаны самовосстанавливающиеся материалы для защиты труб оросительных систем. Объяснены два основных механизма: с помощью микрокапсул с ремонтной жидкостью и с помощью подвижных молекулярных связей. Показано, как такие покрытия увеличивают срок службы оборудования и снижают потребность в ремонте.

Цель работы – изучить современные технологии самовосстанавливающихся покрытий и оценить их применимость в сельскохозяйственных системах орошения и мелиорации.

Ключевые слова: самовосстанавливающиеся материалы, покрытия, микрокапсулы, полимеры, срок службы труб.

Введение. Даже самое хорошее покрытие со временем царапается – от песка в воде, при монтаже или перепадах температуры. В местах царапин начинается коррозия и размножение бактерий [1, 2]. Ремонт

подземных труб на полях стоит очень дорого. Поэтому инженеры создали покрытия, которые могут «лечить» себя сами [3].

Основная часть. 1. Как работают самовосстанавливающиеся покрытия. У таких материалов есть способность восстанавливать свою структуру после повреждения. Восстановление может идти само собой или при нагреве (например, солнечным теплом) [3].

2. Два главных способа самовосстановления.

Способ 1 – микрокапсулы с ремонтным составом.

Внутрь покрытия добавляют мельчайшие капсулы (микрокапсулы), заполненные жидким «клеем». Когда появляется царапина, капсулы лопаются, жидкость вытекает и застывает – трещина заклеивается изнутри [4].

Способ 2 – подвижные молекулярные сети.

Материал покрытия состоит из молекул, которые соединены не намертво, а обратимыми связями. При повреждении эти связи рвутся, но при нагреве (или другом внешнем воздействии) могут восстанавливаться, сшивая края разрыва [5].

3. Польза для мелиорации.

- Покрытие остаётся целым гораздо дольше.
- Не нужно часто менять трубы или чинить царапины.
- Снижаются затраты на обслуживание системы орошения.

Заключение. Самовосстанавливающиеся покрытия решают проблему постепенного износа труб в полевых условиях. В сочетании с гидрофобными и антибактериальными свойствами они позволяют создавать очень долговечные и надёжные системы полива. Основная задача на будущее – сделать такие покрытия дешёвыми и удобными для массового применения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров, С. Д. Проблемы биообрастания в инженерных системах водопользования / С. Д. Захаров, И. М. Петрова // Водоочистка. – 2020. – № 45 (2). – С. 34–41.

2. Петров, А. В. Влияние смачиваемости на адгезию микроорганизмов / А. В. Петров, Т. Н. Демина // Прикладная биохимия и микробиология. – 2018. – № 54 (6). – С. 567–574.

3. Чернышов, Е. М. Концепция самовосстанавливающихся полимерных материалов / Е. М. Чернышов, В. Л. Попов // Высокомолекулярные соединения. – Серия С. – 2017. – № 59 (1). – С. 98–115.

4. Шевченко, Я. Г. Микрокапсулированные системы для самозалечивания композиционных материалов / Я. Г. Шевченко, А. В. Мирошник // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2018. – № 77 (5). – С. 1–12.

5. Яковлева, Н. Д. Супрамолекулярные полимеры с обратимыми связями для создания умных покрытий / Н. Д. Яковлева, П. М. Васюков // Успехи химии. – 2021. – № 90 (6). – С. 694–720.

УДК 628.81/.84
Хрущева В. В., студентка 2-го курса

ВОДООТТАЛКИВАЮЩИЕ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ТРУБ СИСТЕМ ОРОШЕНИЯ

*Научный руководитель – **Боровиков А. А.**, канд. техн. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассмотрены два типа «умных» покрытий для труб и мембран оросительных систем: гидрофобные (водоотталкивающие) и антибактериальные. Показано, как они снижают трение воды о стенки труб, предотвращают образование отложений и подавляют рост бактерий. Описаны принципы действия таких покрытий на основе наночастиц металлов и микрорельефа поверхности.

Цель работы: проанализировать современные разработки гидрофобных и антибактериальных покрытий для систем орошения и оценить их пользу для экономии воды, энергии и снижения затрат на обслуживание.

Ключевые слова: гидрофобные покрытия, антибактериальные свойства, системы орошения, наночастицы, биообрастание.

Введение. В современном сельском хозяйстве остро не хватает воды, а оборудование для полива быстро изнашивается. Основные проблемы – это отложение солей, коррозия и рост бактерий на внутренних стенках труб [1, 2]. Традиционные способы чистки (механическая или химическая) дороги и вредны для природы [3]. Поэтому учёные разрабатывают специальные покрытия, которые сами решают эти проблемы.

Основная часть.

1. Водоотталкивающие (гидрофобные) покрытия.

Гидрофобная поверхность отталкивает воду. Если покрытие очень сильное – вода собирается в капли и скатывается, не смачивая стенку. Такое покрытие создают двумя способами: делают микроскопический рельеф (как у листа лотоса); наносят тонкий слой водоотталкивающих веществ (например, фторсодержащих).

Для оросительных труб это даёт два главных плюса:

1. Вода течёт с меньшим сопротивлением – насосы тратят меньше электричества.

2. Бактериям и солям трудно прикрепиться – трубы дольше остаются чистыми.

2. Антибактериальные покрытия.

Иногда гидрофобный слой не полностью останавливает микробов. Тогда применяют покрытия, которые убивают бактерии. Сегодня используют два безопасных подхода:

• Ионы металлов. В покрытие добавляют наночастицы серебра или меди. Они медленно выделяют ионы, которые разрушают клетки бактерий, но не загрязняют воду.

• Острые наношипы. Поверхность покрытия делают похожей на наждак с очень мелкими иголками (например, из оксида титана). Бактерии разрываются при контакте – у них не может выработаться устойчивость.

Сочетая оба метода, можно получить покрытие, которое и скользкое, и убивает микробов.

Заключение. Гидрофобные и антибактериальные покрытия помогают решить три главные проблемы оросительных систем: высокий расход энергии, зарастание труб микробами и солевые отложения. Их применение снижает затраты на ремонт и делает сельское хозяйство более экологичным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петрова, Е. А. Влияние гидрофобизующих покрытий на минеральные отложения в оросительных сетях / Е. А. Петрова, А. В. Сидоренко // Природообустройство. – 2020. – № 3. – С. 62–67.

2. Dun, Y. The application of superhydrophobic coatings in pipeline transport / Y. Dun, J. Zhu // Coatings. – 2020. – Vol. 10, No. 7. – P. 651.

3. FAO. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture. – Rome: FAO, 2020. – 150 p.

УДК 626.86

Хусаинов А. Д., Сердюков А. В., студенты 2-го курса

СОВРЕМЕННЫЕ ДРЕНАЖНЫЕ СИСТЕМЫ: ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ И ПРИМЕНЕНИЙ

*Научный руководитель – **Цвыр А. В.**, ст. преподаватель*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Современные дренажные системы играют ключевую роль в управлении водными ресурсами, обеспечивая эффективное отведение избыточной влаги и предотвращая затопление территорий. В условиях глобального изменения климата и увеличения частоты экстремальных погодных условий необходимость в надежных и эффективных дренажных решениях становится особенно актуальной. Данная статья представляет собой обзор современных технологий, подходов и

материалов, используемых в дренажных системах, а также их применения в различных сферах, таких как сельское хозяйство, строительство и городское планирование.

1. *Принципы работы дренажных систем.*

Дренажные системы направлены на предотвращение накопления избыточной влаги в почве и обеспечивают эвакуацию дождевых и грунтовых вод. Главным принципом их работы является создание подземного канала, по которому происходит отвод воды. Существуют различные виды дренажа: поверхностный, подземный и траншейный, каждый из которых имеет свои особенности и области применения.

2. *Типы дренажных систем.*

2.1. *Поверхностный дренаж.*

Поверхностный дренаж, как правило, включает в себя системы канав, желобов и рвов, которые собирают и отводят воду с поверхности земли. Это наиболее простой и дешевый метод, однако его эффективность может снижаться при отсутствии естественного уклона или при наличии препятствий.

2.2. *Подземный дренаж.*

Подземные дренажные системы представляют собой сложные конструкции, состоящие из труб, уложенных под землей. Они обладают высокой пропускной способностью и могут эффективно отводить как дождевые, так и грунтовые воды. Классификация подземного дренажа включает в себя дренажные трубы, геосетки и дренажные колодцы. Одним из примеров подземного дренажа является система «дренажного поля», которая используется для обработки сточных вод.

2.3. *Фильтрация и дренаж в строительстве.*

Современные строительные технологии предполагают использование дренажных систем для обеспечения устойчивости зданий и сооружений. Это включает в себя такие методы, как применение дренажных геотекстилей, которые обладают фильтрационными свойствами и предотвращают заполнение дренажных труб частицами грунта. Такие системы снижают риск подтопления фундамента и пролежневой воды вокруг зданий.

3. *Материалы для дренажных систем.*

В производстве современных дренажных систем используются различные материалы, включая пластиковые и бетонные трубы, геосетки, геотекстили и композитные материалы. Пластиковые трубы обладают высокой коррозионной стойкостью и легкостью монтажа, тогда как

бетонные изделия более надежны и долговечны, но требуют значительных затрат на установку.

4. *Умные дренажные системы.*

С развитием технологий появляется концепция умных дренажных систем, которые используют датчики и IoT-устройства для мониторинга уровня воды и автоматического управления отводом влагорегулировки. Так, например, системы могут автоматически открывать и закрывать дренажные люки в зависимости от текущих погодных условий и уровня осадков. Это значительно повышает эффективность дренажа и позволяет минимизировать человеческое вмешательство.

5. *Экологические аспекты.*

Современные дренажные системы также учитывают экологические аспекты. Использование биоразнообразующих решений, таких как биосауны и дождевые сады, помогает не только эффективно управлять стоками, но и способствует улучшению качества воды, увеличению зеленых зон и поддержанию экосистем.

Заключение. Современные дренажные системы представляют собой многофункциональные гидротехнические сооружения, которые обеспечивают защиту от затоплений, оптимизацию водных ресурсов и поддержку устойчивого развития городской инфраструктуры. Разнообразие технологий и подходов к проектированию дренажей позволяет адаптировать их под специфические условия различных регионов. Важно продолжать исследования и разработки в области дренажных систем, чтобы они эффективно справлялись с вызовами, связанными с изменением климата и растущими требованиями к водным ресурсам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бодров, В. И. Дренажные системы и их влияние на экосистему территории / В. И. Бодров. – М.: Научный мир, 2018.

2. Соловьев, П. П. Современные технологии дренажа в строительстве / П. П. Соловьев. – Екатеринбург: УрФУ, 2019.

3. Федоров, С. А. Умные дренажные системы: инновации и будущее / С. А. Федоров. – Ростов н/Д.: ЮФУ, 2022.

УДК 004.352:528
Чжан Чжубинь, магистрант
Ху Жуйбан, магистрант

ОШИБКИ ГЕОМЕТРИИ СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НАЗЕМНЫХ ТРЕХМЕРНЫХ ЛАЗЕРНЫХ СКАНИРУЮЩИХ СИСТЕМ

*Научный руководитель – **Дрозд Д. А.**, канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Зачастую калибровка трехмерной сканирующей системы достаточно длительная и затратная услуга, в большинстве случаев связанная с перевозом прибора через государственною границу Республики Беларусь, поскольку в нашей стране отсутствуют сервисные центры крупнейших фирм изготовителей наземных трехмерный сканирующих систем. К тому же, перевоз геодезических приборов и, трехмерных сканеров, в частности, через таможню невозможен, а значит и неосуществима калибровка лазерных сканеров в сервисных центрах производителей, поэтому актуальность исследований калибровки лазерный сканеров в «полевых» условиях только повышается.

Цель работы – изучить ошибки геометрии сканирования при использовании наземных трёхмерных лазерных сканирующих систем.

Материалы и методика исследования. Выполнен анализ литературных и интернет-источников, на основании которых изучены ошибки геометрии сканирования при использовании наземных трёхмерных лазерных сканирующих систем.

Результаты обсуждения и их обсуждение. Как известно, наземный лазерный сканер измеряет расстояние до поверхности объекта с точностью порядка миллиметров. Качество отдельных точек в облаке напрямую влияет на стандартные этапы обработки, такие как регистрация и сегментация облака точек, и оно до сих пор недостаточно изучено. Помимо инструментальных ошибок необходимо также оценить влияние геометрии сканирования на точность отдельных точек или локальный шум измерения. Локальная геометрия сканирования зависит от расстояния и ориентации сканируемой поверхности относительно положения сканера. Геометрия локального сканирования определяется двумя основными параметрами: дальностью, т. е. расстоянием от объекта до сканера, и углом падения, т. е. углом между входящим лазерным лучом и локальной нормалью к поверхности [1].

Влияние геометрии на облако точек будет представлено на наглядном примере сканирования испытательной комнаты. В этом исследовании анализируются две стены и пол комнаты. Пол в этой комнате покрыт светлым линолеумом, а стены выкрашены в белый цвет и имеют очень гладкую поверхность. Этот эксперимент проводится с использованием сканера LS880 HE TLS от FARO. На рис. 1 представлена настройка измерения стандартного помещения с использованием расположения двух точек обзора (станций).

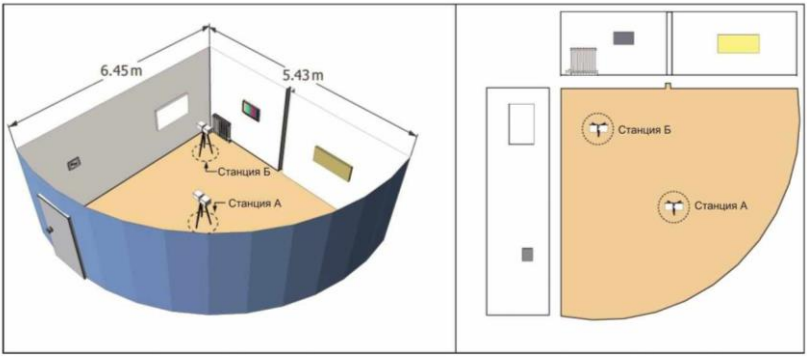


Рис. 1. 3D-представление комнаты (слева) со станциями, 2D-сетевое представление комнаты с двумя стенами и полом и двумя станциями (справа)

Как видно на рис. 1, станция А находится в центре комнаты, а станция Б расположилась в углу. На самом же рисунке слева можно наблюдать 3D-представление комнаты с двумя точками обзора, а справа же 2D-представление комнаты с двумя стенами, полом и точками обзора (станциями).

После производства наземного лазерного сканирования с двух точек стояния необходимо определить на каком из сканов наблюдаются сильные шумы. Собственно, на рис. 2 показаны остаточные значения уровня шума (e^p) в направлении лазерного луча для каждой точки в каждом сегменте. Точки, окрашенные в красный цвет, представляют собой остатки выше 1 см.

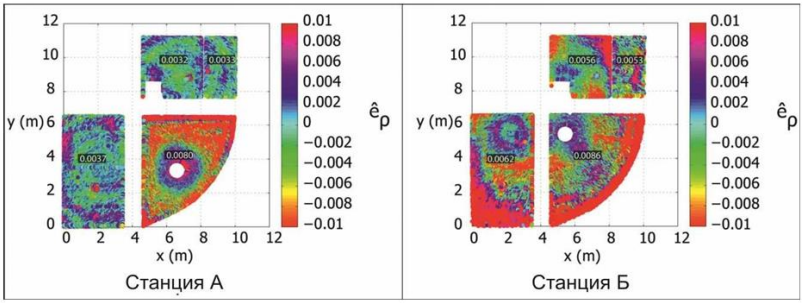


Рис. 2. Чистый вид стандартной комнаты, окрашенный уровнем шума e^p в направлении лазерного луча. Остатки выше 1 см окрашены в красный цвет. Скан, выполненный со станции А, в центре комнаты, (слева) и скан, выполненный со станции Б, в углу комнаты (справа)

Точки на полу, расположенные в областях с высоким углом падения, создают высокие остаточные значения. Перемещая сканер с точки обзора в углу на точку обзора в центре, можно избежать больших углов падения в правом нижнем углу пола. В результатах угловой точки зрения (станция Б) в сегменте 2 можно наблюдать круговую картину с более высокими уровнями шума, соответствующую поверхности, которая ориентирована почти перпендикулярно лазерному лучу. Возможное объяснение этого эффекта можно найти в насыщении блока обнаружения из-за перегрузки датчика интенсивности лазерного луча. Все точки, измеренные вскоре после насыщения, подвержены влиянию более высокого остаточного значения.

Влияние геометрии сканирования оценивается количественно и тестируется на эталонной тестовом полигоне и двухточечной выборке облаков в стандартном закрытом помещении.

Заключение. Исследование влияния углов падения позволило показать, что для реального облака точек небольшой комнаты вклад углов падения в общий уровень шума уменьшается примерно на 20 % на точку, когда сканер перемещается с одной точки обзора, расположенной в середине комнаты, на другую точку обзора с в среднем более благоприятные углы падения. Этот результат достигается в небольшом помещении, где эффект дальности действия не играет важной роли. Соответственно, показано, что можно уменьшить общую погрешность измерений, поместив сканер в другое положение. В данном конкретном случае показано, что позиция в углу небольшой комнаты обеспе-

чивает глобальное облако точек лучшего качества, чем то, которое получено из середины комнаты.

Кроме того, основное внимание в данном эксперименте уделяется именно влиянию геометрии сканирования на качество облака точек, а свойства поверхности не учитывалось. Однако тесты, выполненные для этого исследования, в идеале должны быть повторены с использованием эталонных поверхностей с известным поведением коэффициента отражения, таких как мишени со спектральной диффузной отражательной способностью (spectralon diffuse reflectance). Из предварительных исследований, проведенных Soudarissanane в 2007 г., но не показанных в этом примере, следует, что свойства поверхности также играют определенную роль в качестве получения. Все другие эффекты, такие как свойства поверхности, не представлены в настоящей диссертации. Благодаря возможности изолировать компонент шума из-за геометрии сканирования, также будет легче исследовать другие виды шумов. Правильный учет влияющих факторов, таких как свойств поверхности, атмосферных условий и, конечно же, калибровка самого прибора позволит выходящему облаку точек стать максимально эффективным и точным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beraldin JA, Gaiani M. Evaluating the performance of close range 3D active vision systems for industrial design applications, Electronic Imaging 2005. Videometrics IX. San Jose (California, USA): NRC 47405; 2005. – P. 16–20.

УДК 635.63:631.544(476.5)

Шостак С. О., магистрант

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОГУРЦА В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ В УП «РУДАКОВО» ВИТЕБСКОГО РАЙОНА

*Научный руководитель – **Хизанейшвили Н. Э.**, канд. с.-х. наук, доцент*
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
Горки, Республика Беларусь

Основную роль в удовлетворении потребности населения в свежих овощах, особенно в межсезонный период, играет тепличное овощеводство. Во многих странах мира в производстве овощей эта отрасль занимает ведущее место. Тепличное овощеводство мало зависит от климатических условий, уровень интенсификации и урожайность овощей в тепличных сооружениях выше, чем в открытом грунте.

УП «Рудаково» расположено в Витебском районе и занимается в том числе выращиванием овощей в защищенном грунте. Огурец возделывается в светокультуре на специально отведенных для этого площадях (16 га), оборудованных лампами досвечивания. Применяется малообъемная технология выращивания огурца на минеральной вате.

Схема посадки двухстрочная (80 + 60)×40 см. Площадь питания 1 растения 0,28 м². Количество растений на одном мате – 4. Растения выращивают рассадным способом. Используются семена с высокими посевными качествами (первого класса), заранее проверенные на всхожесть и прошедшие предпосевную обработку, которые высевают в кубики с минеральной ватой в начале декабря (табл. 1).

Таблица 1. **Ориентировочные календарные сроки выращивания огурца в защищенном грунте в УП «Рудаково» (на примере сезона 2025–2026 гг.)**

Мероприятия	Календарные сроки
Посев семян	01.12.2025
Высадка рассады	22.12–24.12.2025
Начало сбора урожая	14.01.2026
Последний сбор урожая	23.05.2026
Вырезка и ликвидация растений	25.05–26.05.2026

После появление первых всходов, снимают укрывную пленку, затем постепенно снижают температуру воздуха до 22–24 °С днем, 18–20 °С ночью. Влажность воздуха 80–85 %. Лампы досвечивания включают сразу после появления первых всходов. Первые три дня подсвечивание проводят круглосуточно. Затем по следующей схеме: 19 часов – до расстановки рассады; 17 часов – после расстановки рассады и последние четыре дня перед посадкой в мат. Через 15 дней после начала досвечивания производят расстановку рассады. При расстановке разворачивают растение таким образом, чтобы первый настоящий лист каждого растения был направлен в одну сторону.

Основную ценность представляет ранняя часть урожая, поступающая весной и в начале лета. Подготовка теплицы к высадке рассады начинается с ее дезинфекции после окончания предшествующей культуры. Важным является соблюдение температурного и влажностного режимов в период вегетации растений (табл. 2). Скорость роста растений контролируют не только с помощью температуры окружающей среды, но и прищипкой побегов после образования 4–6 листьев и высоты рассады 25–30 см, и числом плодов на растении. Постоянно поддерживается баланс между числом листьев на растении и числом пло-

дов. После начала цветения и формирования плодоножки, удаляют все цветки до пятого листа. Боковые ветви прищипывают сразу же после формирования плодоносящих побегов таким образом, чтобы оставался один лист после плода, что сильно увеличивает размеры плодов.

Таблица 2. **Показатели температуры и влажности воздуха, поддерживаемые в период вегетации огурца в светокультуре**

Показатели	Температура, °С	
	До начала плодоношения	В период плодоношения
В солнечные дни	22–24	24–26
В пасмурную погоду	20–22	21–23
Ночью	18–19	18–20
Температура субстрата, °С	22–24	20–22
Относительная влажность воздуха, %	78–80	80–85

В УП «Рудаково» на тепличном комбинате при возделывании огурца применяется система капельного полива и дозации удобрений НПФ «Фито». Особое внимание уделяется системе питания растений огурца. На комбинате в разные периоды роста растений применяются специальные питательные растворы, содержание необходимые макро- и микроэлементы, приготовленные по голландской технологии (табл. 3). К растениям подведены капельницы, через которые поступает питательный раствор под каждое растение. Количество поливов зависит от фаз роста растения и данных агрохимических анализов.

Таблица 3. **Питательные растворы, используемые при возделывании огурца в УП «Рудаково»**

Концентрация и состав растворов												
ммоль/л							мкмоль/л					
NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NO_3^-	SO_4^{2-}	$H_2PO_4^-$	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Питательный раствор для насыщения матов												
1,1–1,4	5,6–6,7	4,4–5,5	1,89–2,67	15,0–16,4	1,3–2,2	1,2–1,8	35,8–44,8	9,1–10,6	5,05	30,5–36,9	0,8–2,4	0,5
Питательный раствор для выращивания рассады												
0,9–1,4	5,4–10,2	4,2–5,2	1,4–3,1	12,8–16,4	1,3–2,5	1,2–1,6	35–44,8	9,1–10,0	5,05	24,9–27,8	0,8–1,9	0,5
Питательный раствор для первых 4–6 недель выращивания												
0,9–1,5	6,9–10	4,4–6,0	1,4–2,7	15,7–16,8	1,0–2,5	1,2–2,0	35–44,8	10–10,6	4,6–5,1	24,9–30,5	0,8–2,4	0,5
Стандартный питательный раствор (плодоношение)												
0,9–1,5	7,5–8,7	3,9–6,5	1,4–2,7	15,7–17,1	2,2–3,4	1,2–1,6	35,8–44,8	10–10,6	1,6–5,05	27,8–32,5	0,8–2,4	0,5

Кроме этого, проводится автоматическая (используется система климат-контроля CO_2-Test535) подкормка растений углекислым газом по специальным рукавам для усиления процессов фотосинтеза.

Растения огурца реагируют как на интенсивность света, так и на продолжительность светопериода. По фотопериодической реакции огурец – культура короткого дня. В УП «Рудаково» на площадях, задействованных под выращивание огурца в зимних теплицах, установлены светильники ЖЭС 1х600–134-100 совместно с натриевыми лампами зеркального типа: ДНаЗ/Reflux Ag 400W 220V.

Для борьбы с вредителями (тля, трипсы, белокрылка, паутинный клещ) и болезнями (мучнистая роса, серая гниль) используются современные синтетические и биологические пестициды, разрешенные к применению на территории Республики Беларусь.

Уборка урожая проводится вручную с января до конца мая, по 5–6 раз в неделю в утренние часы. Собранные плоды сортируют и укладывают в одноразовую тару (картонные коробки вместимостью на 10 кг), а также в ящики пластмассовые (вместимостью на 20 кг) и отправляют на реализацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. Н. Овощеводство защищенного грунта / В. Н. Босак, И. П. Кохно. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2019. – 416 с.

2. Гавриш, С. Ф. Огурцы: от посева до урожая / С. Ф. Гавриш, С. В. Галкина. – М.: Россельхозиздат, 2018. – 256 с.

3. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 6-е изд., стер. – М.: Альянс, 2014. – 351 с.

4. Король, В. Г. Светокультура овощей в защищенном грунте / В. Г. Король, И. В. Гринько. – Горки: БГСХА, 2021. – 180 с.

5. Тараканов, Г. И. Овощеводство / Г. И. Тараканов, В. Д. Мухин, К. А. Шуин. – М.: КолосС, 2003. – 472 с.

6. Хизанейшвили, Н. Э. Влияние минерального питания на продуктивность огурца в защищенном грунте / Н. Э. Хизанейшвили // Актуальные проблемы агрономии: сб. науч. тр. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 120–125.

СОДЕРЖАНИЕ

Бараченя А. Н. Эффективность использования мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения ... 3
Бараченя А. Н. Экономическая эффективность сельскохозяйственного использования мелиорированых земель Горецкого района ... 7
Бараченя А. Н. Оптимизация использования средств при эксплуатации мелиорированных земель ... 11
Данькова С. Б. Способы орошения бобово-злаковых травостоев: анализ применимости для условий Беларуси ... 15
Данькова С. Б. Влияние приемов удобрения и режимов орошения на структуру урожайности бобово-злаковой травосмеси ... 19
Данькова С. Б. Урожайность бобово-злаковой травосмеси в зависимости от применения комплексных удобрений и орошения дождеванием ... 23
Данькова С. Б., Ван Чунси. Влияние минеральных удобрений и регулятора роста на развитие корневой системы бобово-злаковой травосмеси при разных режимах орошения ... 27
Емельянова В. А. Экономическая эффективность применения капельного полива при выращивании туи западной ... 32
Журавко В. Н., Иванова И. В. Зарегулированность стока малых рек Горецкого района ... 36
Журавко В. Н., Иванова И. В. Фазы формирования поверхностного стока при весеннем снеготаянии на территории Горецкого района Могилевской области ... 39
Журавко В. Н., Иванова И. В. Нетканые геосинтетические материалы в мелиоративном строительстве: функции, выбор параметров и перспективы применения ... 42
Зимич И. В. Состояние развития машинного водоподъема и насосостроения в Республике Беларусь ... 46
Золотухин Е. В. Влияние приемов основной обработки на плотность, пористость пахотного слоя почвы, засоренность посевов и урожайность озимой ржи ... 48
Корнейчук И. П. Эффективность применения гербицидов в посевах яровой пшеницы в условиях ОАО «Полесье ОБМ» Столинского района ... 52
Кочан Д. В. Электропроводящие защитные покрытия по бетону для локального электрообогрева: состояние исследований и постановка задачи ... 55
Лой Н. Э. Станция биологической очистки для индивидуальных домов ... 62
Лукашков В. А. Радиоактивное загрязнение природной среды Республики Беларусь ... 65
Лукашков В. А. Проблемы загрязнения поверхностных и подземных вод в Республике Беларусь ... 69
Лукашков В. А. Деградация и загрязнение почв Республики Беларусь ... 72
Лукашков В. А. Деградация природной среды в зоне влияния крупных промышленных предприятий Республики Беларусь ... 76
Лукашков В. А. Основные проблемы загрязнения атмосферы в Республике Беларусь 80
Лукашков В. А. Экономическая политика и механизмы осуществления природоохранной деятельности Республики Беларусь ... 83
Масанина О. Д. Гидротехнические сооружения в мире технологий ... 87
Масляков М. Д. Эффективность применения гербицидов при возделывании озимого рапса ... 89
Микулович А. Г. Нормы полива при капельном орошении ... 92

Микулович А. Г. Эффективность предполивной обработки почвы при орошении..... 95
Мороз И. И. Бестраншейные методы ремонта и восстановления водоотводящих сетей 99
Охотенко И. Л. Устройство и принцип действия поршневых и осевых насосов 103
Пахомов А. В. Гидравлический таран: физический принцип работы и применение в орошении полей 106
Прусов В. А. Доочистка сточных вод..... 109
Пузанов Ю. Д. Эксплуатационная надежность гидротехнических сооружений на мелиоративных системах Беларуси 112
Ранцевич М. М. Сравнительная эффективность гербицидов почвенного действия при возделывании моркови столовой..... 119
Самкевич К. В. Проблемы в развитии мелиорации в Республике Беларусь и пути их решения 122
Тышковский А. Г. Эффективность применения КАС при возделывании озимой ржи на дерново-подзолистой супесчаной почве 126
Фисюк Р. С. Возделывание гибридов кукурузы в условиях ОАО «Буевщина» Шарковщинского района 129
Хрущева В. В. Перспективы развития оросительных мелиораций в Республике Беларусь 131
Хрущева В. В. Самовосстанавливающиеся покрытия для труб и мембран в мелиорации..... 134
Хрущева В. В. Водоотталкивающие и антибактериальные покрытия для труб систем орошения 136
Хусаинов А. Д., Сердюков А. В. Современные дренажные системы: обзор технологий и применений..... 137
Чжан Чжубинь, Ху Жуйбан. Ошибки геометрии сканирования при использовании наземных трехмерных лазерных сканирующих систем..... 140
Шостак С. О. Особенности современной технологии возделывания огурца в защищенном грунте в УП «Рудаково» Витебского района 143