

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»

# **ИННОВАЦИИ В МЕЛИОРАЦИИ И СЕЛЬСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Материалы Международной научной конференции студентов,  
магистрантов и аспирантов

Горки, 14–15 декабря 2022 г.

Горки  
БГСХА  
2023

УДК 631.6:574(06)

ББК 40.6я43

И66

Редакционная коллегия:

В. И. Желязко (гл. редактор); А. А. Волчек; Ю. А. Мажайский;  
Ю. Н. Дуброва; В. М. Лукашевич; В. В. Копытовский;  
М. Г. О. Мустафаев; В. В. Васильев; Е. Н. Крючков;  
И. А. Романов (отв. секретарь)

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент О. П. Мешик;  
кандидат технических наук, доцент А. С. Анженков

**И66** **Иновации в мелиорации и сельском строительстве** : материалы Международной научной конференции студентов, магистрантов и аспирантов / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; редкол.: В. И. Желязко (гл. ред.) [и др.]. – Горки, 2023. – 140 с.  
ISBN 978-985-882-412-9.

Приведены научные статьи студентов, магистрантов, аспирантов и соискателей. Особое место отведено рассмотрению вопросов по строительству и мелиорации. Подчеркнута важность этих мероприятий в Беларуси.

За точность и достоверность представленных материалов ответственность несут авторы статей.

УДК 631.6:574(06)

ББК 40.6я43

**ISBN 978-985-882-412-9**

© УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2023

УДК 004:631.6

Арганистова З. Ю., аспирант

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МЕЛИОРАЦИИ: СИСТЕМЫ ОРОШЕНИЯ (УВЛАЖНЕНИЯ) СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ**

*Научный руководитель – Мажайский Ю. А., д-р с.-х. наук, профессор*  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Развитие сферы АПК постепенно переходит от привычных систем контроля производства к цифровому способу управления. По всему миру расширяют области применения цифровых технологий, и мелиорация не исключение. Примером эффективного перехода служит такое направление в сельском хозяйстве как точное земледелие. Применяемые технологии оптимизируют контроль процессов производства, экономию ресурсов, рациональное использование земель и др. Внедрение подобных технологий требуют значительных экономических затрат, однако итоги работы внедренной системы стоит вложенных в неё средств.

Цифровизация систем производства сельскохозяйственной продукции связана с необходимостью решения стремительно развивающейся проблемы оптимизирования эксплуатации мелиорируемых земель в экономическом и экологическом направлении.

С изменением климата, особенного контроля требует система орошения при выращивании сельскохозяйственных, лекарственных растений, производстве кормов для животных и т. д.

**Материалы работы.** Рассматривая подход к производству сельскохозяйственной продукции на мелиорируемых землях, система, в целом, включает следующие процессы: рост и развитие растений; движение влаги и веществ в почве; изменения температуры почвы; применение технических средств. На нормальное функционирование указываемых процессов оказывают влияние две группы факторов: 1) природно-климатические (неуправляемые факторы); 2) производственные (хозяйственные). Возможность контроля и изменения производственных факторов, как например, настройка режимов орошения, норм внесения удобрений, организация технических работ и т. д., позволяет систематизировать производство сельскохозяйственной продукции.

Оптимизировать поступление необходимого количества воды на земли с недостаточной увлажненностью для сельскохозяйственных культур в растениеводстве способно искусственное орошение земель (одно из направлений в мелиорации). Потребность в дополнительной подаче воды определяется исходя из изменяющихся характеристик почвы (влагоудерживающая и влагонакопительная способность почв), изменениям потребности выращиваемых растений в воде, которая зависит от их фазы роста. Исходя из условий производства, цель орошения – определение норм и времени внесения воды под культуру.

Перспективным помощником в определении необходимого количества воды при орошении с меньшими погрешностями (экономия водных ресурсов) позволят цифровые технологии. Большое количество компаний по всему миру предлагают все новые системы сбора данных и контроля поставленных задач производства.

Цифровизация процесса производства позволяет достаточно быстро собирать и обрабатывать большое количество данных (метеорологические данные, данные о росте и развитии растений, количество внесенной воды, также химических, минеральных веществ и т. д.) и сохранять их. Обеспечивается связь с дождевальными машинами и средствами их управления, тем самым оптимизируя систему и нормы полива выращиваемых растений. Значительное преимущество цифрового обеспечения при орошении дает возможность использования, помимо стационарных компьютерных устройств, мобильные устройства (планшеты, смартфоны), что позволяет контролировать процессы производства (полив растений), обнаруживать и устранять возникшие проблемы, находясь в удалении от производственных мест в режиме реального времени. Технологии схожи по функциональности с системами *точного земледелия*.

Внедрение цифровых систем в мелиорацию позволят повысить рациональность использования водных ресурсов, уменьшить негативное воздействие антропогенных факторов на почву и водные объекты.

**Выводы.** Рассматривая сущность цифровых технологий можно сделать вывод о их высоком потенциале в решении таких проблем как: 1) регулирование водного, теплового, солевого режимов почв; 2) контроль и рациональное использование ресурсов при орошении земель; 3) уменьшение рисков возникновения отрицательного воздействия мелиоративных мероприятий на окружающую среду; 4) определение уровня продуктивности земель при применяемых мелиоративных ме-

роприятий; 5) оперативность анализа ситуаций и принятия решений по устранению проблем производства.

В целом «цифровая мелиорация» позволяет оптимизировать процессы производства продукции растениеводства и повысить сохранность экологических систем.

Анализируя полученную информацию, можно говорить о перспективности развития цифровых технологий и внедрения их в сферу мелиорации и, в целом, рассматривать возможность цифровизации процессов производства, как новое и развивающееся направление в системе контроля орошения сельскохозяйственных культур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Подходы к формированию информационной системы «Цифровая мелиорация» / В. Н. Щедрин [и др.] // Информационные технологии и вычислительные системы. – № 1. – 2020. – С. 53–61.
2. Соловьев, Д. А. Цифровые технологии и интеллектуальные системы управления оросительным комплексом с учетом фактических влага запасов / Д. А. Соловьев, Г. Н. Камышева // Известия. – № 1. – 2021. – С. 368–378.
3. Юрченко, И. Ф. Цифровизация мелиоративных агротехнологий: возможности, вызовы, перспективы, инновации / И. Ф. Юрченко // Мелиорация и гидротехника. – Т. 11, № 4. – 2021. – С. 2–15.
4. Юрченко, И. Ф. Инновационное развитие мелиорации земель на основе цифровизации и создания технологических платформ / И. Ф. Юрченко // Московский экономический журнал. – № 6. – 2021. – С. 36–50.

УДК 628.16

**Баженов А. С.**, студент

### **СООРУЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ**

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

Сооружения, на которых производится обработка сточных вод за счет использования процессов процеживания, включают: решетки, песколовки, отстойники.

Решетки для обработки сточных вод включают ряд видов, отличающихся по размерам прозоров и соответственно по степени задержания примесей, которая ими обеспечивается, а также в зависимости от подвижности элементов для задержания отбросов, направления движения сточной воды через решетку (рис. 1).



Рис. 1. Грабельная решетка

Сооружения, на которых производится отделение от сточных вод твердых и жидких примесей за счет использования процессов отстаивания, включают подгруппы песколовок. Основным параметром, характеризующим процесс отстаивания, является скорость осаждения или всплытия твердых или жидких примесей в воде в статических условиях. Скорость осаждения их зависит от ряда факторов: размера частиц примесей, их формы, плотности, скорости движения воды, от условий обтекания и сопротивления среды и т. д.

Песколовки устроены таким образом, что в них осаждаются примеси с большей гидравлической крупностью, преимущественно минерального происхождения. Классификация песколовок базируется на их конструктивном исполнении с учетом направления движения сточной воды в них. Так, различают горизонтальные песколовки с прямолинейным и круговым движением воды, вертикальные, тангенциальные и аэрируемые песколовки.

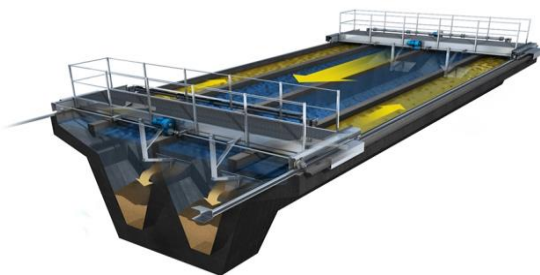


Рис. 2. Горизонтальная песколовка скребкового типа

Последние, как правило, представляют собой удлиненный резервуар с продольным движением сточной воды, которой придается винтовое движение за счет аэрации. Кроме того, в зависимости от способа удаления задержанного песка различают песколовки с механическим удалением песка и его удалением вручную.

В отстойниках происходит задержание частиц с меньшей гидравлической крупностью в сравнении с песколовками (как правило, это примеси органического происхождения). Классификация отстойников более сложная, нежели песколовков. Отстойники подразделяются на первичные и вторичные, т. е. сооружения, присутствующие в системах биологической очистки для предварительного осветления сточных вод (первичные) и для гравитационного разделения иловой смеси или отделения биопленки от биологически очищенной сточной воды (вторичные).



Рис. 3. Радиальный отстойник

Вместе с тем отстойники широко применяются для осветления сточных вод не только в биологической очистке, поэтому в классификации предусмотрена еще одна подгруппа – отстойники специального назначения, предназначенные для удаления из сточных вод различных примесей.

К ним относятся нефтеловушки, жируловители, маслоловители, смололовители, продуктоуловители и другие виды таких сооружений. По конструктивному исполнению с учетом направления движения сточной воды отстойники подразделяют на следующие типы: горизонтальные отстойники, представляющие резервуары прямоугольной формы, через которые прямолинейно движется сточная вода; радиальные отстойники, представляющие резервуары круглой формы с движе-

нием сточной воды от центральной части к периферийной или наоборот.

К данной подгруппе относятся также отстойники с вращающимися сборно-распределительными устройствами с подачей исходной воды в отстойник и отведением за счет вращающегося устройства, включающего распределительный и сборный лотки; вертикальные отстойники, представляющие собой резервуары круглой (реже квадратной) формы с движением сточной воды преимущественно вертикально вниз или вверх. Вертикальные отстойники могут иметь исполнение, в котором подача сточной воды осуществляется по центральной трубе, из которой вода распределяется по поперечному сечению отстойника и далее поднимается вверх с выделением из нее примесей.

Отдельный вид представляют вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим потоком, в которых объем зоны осветления разделен на две части частично погруженной перегородкой с подачей исходных сточных вод в центральную часть отстойника и отведением осветленных вод из периферийной части отстойника либо в обратной последовательности. Также предусмотрено подразделение отстойников на подгруппы сооружений с осветлением в объеме воды и тонкослойных отстойников.

В первом случае осветление осуществляется в объеме воды с глубиной в несколько метров, во втором – отстойная зона разделена полочными, трубчатыми или ячеистыми блоками на ряд слоев или потоков небольшой глубины. Уменьшение высоты отстаивания обеспечивает снижение турбулентности потока воды и продолжительности отстаивания. В тонкослойных отстойниках разделение на потоки и создание в них ламинарного движения жидкости с относительно небольшими скоростями без перемешивания отдельных струй позволяет интенсифицировать процесс осветления. Пластины тонкослойных модулей монтируются под углами 45–60° для обеспечения движения задержанных примесей по ним в осадочную зону.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Водоотведение: учебник / Ю. В. Воронов [и др.]. – 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.
4. Гудков, А. Г. Механическая очистка сточных вод: учеб. пособие / А. Г. Гудков. – ВоГТУ.

УДК 631.432.1:621.22.011

Бойко Е. Н., студентка 3-го курса

## КОНСТРУКЦИИ РЕГУЛИРУЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ НА ОТКРЫТЫХ КАНАЛАХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

Научный руководитель – Дрозд Д. А., канд. с.-х. наук

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Важную роль в создании благоприятного водно-воздушного режима мелиорируемых земель играют регулирующие сооружения. Регулирование урванного режима в каналах на мелиоративных системах осуществляется при помощи шлюзов-регуляторов и труб-регуляторов.

Самым простейшим затвором, из применяемых на регулирующих сооружениях мелиоративных систем, является плоский затвор (рис. 1). Он представляет собой металлическую конструкцию, покрытую с верховой стороны водонепроницаемой обшивкой, выполненной из листовой стали [1].

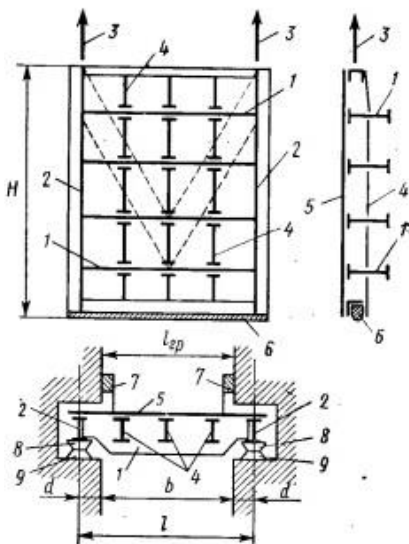


Рис. 1. Плоский многоригельный металлический затвор:

1 – ригель; 2 – опорная стойка; 3 – подъемное усилие; 4 – стойка; 5 – обшивка;  
6 – дополнительное уплотнение; 7 – боковое уплотнение; 8 – деревянный брус  
или стальная полоса; 9 – закладная часть

Принцип работы данного затвора следующий. Подъемные усилия прилагаются к опорным стойкам 3, на которые давление воды передается от ригелей. При поднятии затвора опорные стойки его перемещаются по специальным неподвижным рельсам 9, заделанным в пазах. Во избежание перекоса и боковых перемещений затвора у опорных стоек иногда предусматривают вспомогательные опорные устройства в виде обратных и боковых направляющих колес-роликов.

Основным преимуществом данного затвора является простота конструкции.

Основными недостатками затвора являются:

- конструкция затвора позволяет сбрасывать лёд в нижний бьеф только при полном открытии отверстия, что связано с лишними потерями воды из верхнего бьефа;

- быки при наличии плоских затворов получаются высокими;

- большая материалоемкость (производство 1 затвора требует применение большого количества металла);

- большая трудоемкость (при маневрировании данным затвором вручную, необходимо создавать огромные усилия);

- затруднительность применения средств автоматизации (при использовании средств автоматизации необходимо использовать систему, состоящую из электродвигателя и датчиков, которые будут запускать данный двигатель);

- при эксплуатации в зимнее время, уплотняющие элементы могут примерзнуть к металлическим частям затвора, и тогда в случае подъема затвора, все уплотнения могут повредиться и это приведет к их полной замене.

Кроме плоских многоригельных затворов, на мелиоративных системах для регулирования уровня воды в каналах могут применяться крышевидные затворы. Они (рис. 2), состоят из двух полотнищ, вращающихся на горизонтальных осях. Верховое или низовое полотнище имеет на конце короткую надставку, нормальную к плоскости полотнища; низовое полотнище имеет криволинейное очертание для обеспечения безвакуумного истечения и повышения коэффициента расхода. Камера, образуемая крышей затвора, при маневрировании заполняется водой из ВБ, которая давит на полотнище [2].

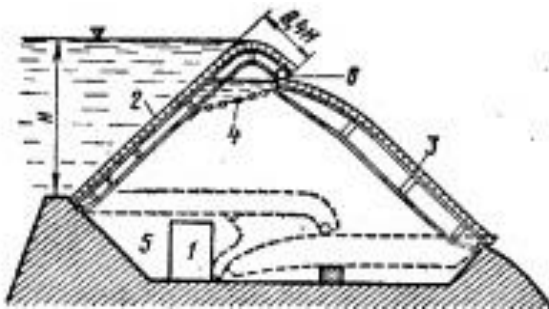


Рис. 2. Крышевидный затвор  
 1 – водовод в устье; 2 и 3 – верхнее и нижнее полотнище;  
 4 – ограничитель; 5 – камера; 6 – рогалик

Верхнее полотнище на конце имеет ролик, который при перемещении затвора движется по обшивке нижнего полотнища; оба полотнища соединены ограничителем – цепью. Принцип действия затвора основан на уравнивании моментов сил, действующих на подвижные части затвора. Маневрирование затвором производится автоматически или регулированием давления воды [2].

Крышевидные затворы имеют следующие достоинства: позволяют перекрывать широкие пролеты; имеют возможность пропуска паводка, льда, плавника; могут работать в автоматическом режиме, за счет гидравлического маневрирования. Верхнее полотнище на конце имеет ролик, который при перемещении затвора движется по обшивке нижнего полотнища; оба полотнища соединены ограничителем – цепью. Принцип действия затвора основан на уравнивании моментов сил, действующих на подвижные части затвора. Маневрирование затвором производится автоматически или регулированием давления воды [2].

В то же время крышевидные затворы имеют и ряд недостатков: для их устройства необходим относительно широкий порог плотины; сложность регулирующей системы; чувствительность к наносам; необходимость обогрева зимой.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Попов, К. В. Сооружения на мелиоративных системах / К. В. Попов, С. Н. Корюкин. – М.: Колос, 1966. – 126 с.
2. Коваленко, П. И. Автоматизация мелиоративных систем / П. И. Коваленко. – М.: Колос, 1983. – 304 с.

УДК 631.432.1:621.22.011

Бойко Е. Н., студентка 3-го курса

## КОНСТРУКЦИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ РЕГУЛИРУЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ НА ОТКРЫТОЙ ОСУШИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Научный руководитель – Дрозд Д. А., канд. с.-х. наук

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Основная задача автоматизации затворов гидротехнических сооружений – поддержание заданного режима работы (уровня перед затвором или за ним, расхода и т. п.). Затворы, маневрирование которых осуществляется подъемниками с электродвигателем, оснащены автоматизированным электроприводом механизмов подъема. Возможно применение конструкций электрических или электрогидравлических авторегуляторов.

Одним из примеров применения систем автоматизации является ковшовый затвор с установленным на нем противовесом (рис. 1) [1].

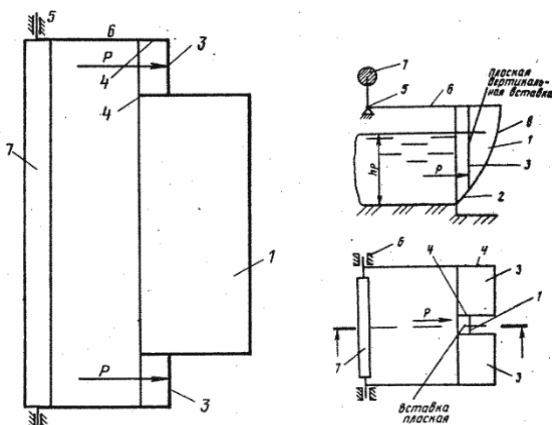


Рис. 1. Ковшовый затвор с противовесом:

- 1 – затвор в виде ковша; 2 – нижняя часть напорной стенки; 3 – верхняя часть напорной стенки; 4 – боковые щеки; 5 – горизонтальная ось вращения; 6 – консоль; 7 – противовес; 8 – дополнительная напорная стенка

Принцип работы данного затвора следующий. Пока воды в верхнем бьефе нет, или уровень воды меньше расчетного, затвор находится в закрытом положении. При этом на затвор 1 действуют: сила тяжести

затвора, сила гидростатического давления воды. Момент от силы тяжести противовеса в закрытом положении затвора будет равен нулю, так как вектор силы для этого положения затвора проходит через горизонтальную ось вращения и, следовательно, плечо силы будет равно нулю.

При достижении уровня воды в канале расчетного уровня наступит равенство моментов от сил тяжести противовеса и гидростатического давления воды.

При превышении расчетного уровня воды момент от силы гидростатического давления воды станет больше момента силы тяжести противовеса и затвор начинает открываться. По мере открытия затвора начинает уменьшаться гидростатическое давление воды и, следовательно, момент этой силы уменьшается, а момент от силы тяжести затвора при этом увеличивается. Но при открытии затвора противовес, перемещаясь влево от оси вращения, создает дополнительный момент силы тяжести противовеса корректируя изменение моментов сил тяжести противовеса и силы гидростатического давления воды.

Основные преимущества данного затвора: благодаря автоматизации, данный затвор можно применять для орошения полей, так как излишки воды будут своевременно и автоматически сброшены; простота конструкции.

Основные недостатки: так как затвор имеет форму ковша, то его будет необходимо периодически подчищать от скапливающихся в нем наносов; сложность регулировки; при резком изменении уровня воды, данный затвор может опрокинуться; невозможность установки любого уровня воды на сброс, так как при этом придется заново рассчитать противовес и выполнить его замену; сложность при эксплуатации в зимнее время, так как движущиеся куски льда при ударах о затвор могут приоткрывать его.

Еще одним примером затвором с автоматическим регулированием уровня воды в канале будет тканевый затвор с каркасом в виде трехгранной призмы (рис. 2) [2, 3].

Принцип работы данного затвора следующий. При уровне воды в верхнем бьефе ниже расчетного регулятор закрыт. При достижении уровнем воды в верхнем бьефе таких значений, при которых гидростатическое давление на гибкую оболочку превышает вес регулятора, начинается вращение последнего по часовой стрелке вокруг оси. Образуется донное водопропускное отверстие между нижней частью регулятора и дном водовыпуска. При значительном превышении расчетно-

го уровня истечение осуществляется как из-под регулятора, так и через верх сооружения. Пропуск наносов осуществляется из-под регулятора, а плавающие частицы сбрасываются через гребень затвора.

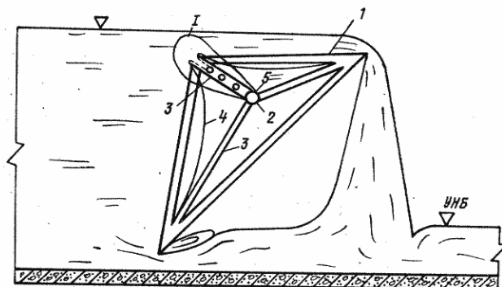


Рис. 2. Тканевый затвор с каркасом в виде трехгранной призмы  
 1 – каркас в виде трехгранной призмы; 2 – горизонтальная ось вращения;  
 3 – рама; 4 – гибкая оболочка; 5 – подпружиненная ось

При соударении воды, переливающейся через гребень, и потока из-под регулятора уменьшается длина отгона прыжка и происходит гашение энергии в нижнем бьефе.

При уменьшении уровня воды в верхнем бьефе затвор возвращается в первоначальное положение.

Основные преимущества данного затвора: простота конструкции; малая стоимость; прост в эксплуатации, так как нет необходимости в подчистке наносов.

Основные недостатки: сложность регулировки; затвор может регулировать только определенный заданный уровень, и в случае его смены, может потребоваться изменение параметров затвора; так как в конструкции затвора используется мягкий и тонкий материал, то существует вероятность его повреждения в зимний период; материал самого затвора недолговечен и поэтому его необходимо будет периодически заменять.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кунцевич, Н. М. О конструкции регуляторов на открытых каналах осушительно-увлажнительных систем / Н. М. Кунцевич // Водное хозяйство и гидротехническое строительство. – Минск: Высш. шк., 1981. – Вып. 2. – С. 84–87.

2. Иващенко, А. И. Автоматическое регулирование / А. И. Иващенко. – М.: Машиностроение, 1978. – 736 с.

3. Макаров, А. К. Автоматические устройства контроля уровня / А. К. Макаров, В. М. Свердин – М.: Энергия, 1966. – 183 с.

УДК 631.6

**Войтко М. Г.**, студент 3-го курса

## **ОСОБЕННОСТИ ОРОШЕНИЯ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ**

*Научный руководитель – Кукреш А. С., канд. с.-х. наук, доцент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

По содержанию наиболее ценной части корма – белка сено суданской травы стоит на первом месте среди всех злаковых однолетних трав и уступает только бобовым. В сене, убранном в период выметывания, содержится 12 % белка. Зеленая масса суданской травы содержит значительное количество легкоусвояемых питательных веществ, благодаря чему она широко применяется в зеленом конвейере, особенно в степной и лесостепной зонах. В 1 кг зеленого корма содержится 0,17 корм. ед., а в 1 кг сена – 0,52 корм. ед. и 125 г перевариваемого протеина.

Высокая **отавность** (способность травянистых растений отрастать после скашивания или стравливания животными) и продуктивность суданской травы – ценнейшие качества этой культуры при использовании в зеленом конвейере. Кроме того, она лучше других однолетних трав выдерживает выпас скота.

**Требования к факторам внешней среды.** Суданская трава – теплолюбивое растение. Оптимальная температура прорастания семян 20–30 °С, минимальная – 8–10 °С. Заморозки до –3...–4 °С отрицательно отражаются на состоянии посевов. Молодые всходы суданской травы сильно повреждаются или погибают, а взрослые растения полностью прекращают вегетацию. Вот почему высевать суданскую траву в плохо прогретую почву нельзя [1].

Суданская трава устойчива к засухе, хорошо реагирует на орошение и при этом резко повышает урожай. Например, на Самарской государственной областной (Россия) сельскохозяйственной опытной станции урожайность сена суданской травы при орошении составила 9,07 т/га, а без полива – 2,7 т/га. Таким образом, сочетая в себе два качества: высокую засухоустойчивость и отзывчивость на увлажнение, суданская трава может с успехом возделываться как в засушливых, так и в увлажненных районах страны.

**Особенности орошения.** Особенности орошения рассмотрим на примере работы Кравченко, Виталия Васильевича и его работы «Ре-

жим орошения суданской травы при внутрпочвенном орошении в Волго-Ахтубинской пойме» (Волгоград, 1988).

Суммарное водопотребление при принятой агротехнике определялось уровнем поддержания водного режима почвы и в разные по погодным условиям 1991–1993 гг. в посевах с ВПО колебалось от 5000 до 6000 м<sup>3</sup>/га. Наибольшее водопотребление суданской травы наблюдалось на варианте с предполивным порогом влажности 85–90 % НВ и составило в среднем за три года наблюдений около 6000 м<sup>3</sup>/га с колебаниями по годам исследований 5800–6000 м<sup>3</sup>/га. В варианте с предполивной влажностью 75–80 % НВ общий расход влаги растений в среднем за три года снизился на 540 м<sup>3</sup>/га. Снижение предполивного порога влажности до уровня 65–70 % НВ сопровождалось дальнейшим уменьшением суммарного водопотребления еще на 307 м<sup>3</sup>/га.

Анализ результатов исследований 1991–1993 гг. показал, что коэффициент водопотребления в среднем изменялся от 42 до 70 м<sup>3</sup>/т. Если с увеличением уровня водообеспеченности растений от 65–70 % НВ до 85–90 % НВ суммарное водопотребление и урожай суданской травы возрастают, то затраты воды на единицу продукции будут минимальными на вариантах с предполивной влажностью не ниже 75–80 % НВ и составят 31–48 м<sup>3</sup>/т. В среднем за три года наблюдений этот показатель при этом режиме орошения был на 2–4 м<sup>3</sup>/т меньше, чем на вариантах с предполивным порогом влажности 65–70 % НВ. Дальнейшее повышение влажности в активном слое почвы до 85–90 % НВ увеличивало коэффициент водопотребления в среднем на 4–5 м<sup>3</sup>/т. Это свидетельствует о том, что при этом режиме орошения наблюдалось перувлажнение почвы, поэтому хотя и наблюдалось повышение урожая, но оно было незначительным, вода на его создание расходовалась неэффективно и, следовательно, уровень водообеспеченности не ниже 75–80 % НВ является оптимальным для наиболее продуктивного использования влаги в посевах суданской травы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко, В. В. Режим орошения суданской травы при внутрпочвенном орошении в Волго-Ахтубинской пойме / В. В. Кравченко. – Волгоград, 1998.

УДК 631.67:631.559:633.37

Гапоненко Д. Р., студент 2-го курса

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ РАЗЛИЧНЫМИ ПОЛИВНЫМИ НОРМАМИ**

*Научный руководитель – Волынцева В. А., ассистент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Среди многолетних бобовых трав особого внимания заслуживает галега восточная, которая является относительно новой, но очень перспективной кормовой культурой. Наиболее адаптированным к местным условиям является сорт Нестерка. Данный сорт характеризуется высокой пластичностью и может успешно произрастать во всех почвенно-климатических зонах Республики Беларусь. Галегу восточную можно использовать для получения свежего зелёного корма, высокопитательного сена, силоса, сенажа и травяной муки [1].

Орошение галеги восточной осуществлялось на опытном поле УНЦ «Гушково-1» в УО БГСХА, по следующей схеме: вариант 1 – контроль; вариант 2 – нижняя граница оптимальной влажности почвы 0,8 НВ; вариант 3 – нижняя граница оптимальной влажности почвы 0,7 НВ.

Почва на участке дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком пылеватом лёссовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком на глубине около 1,0 м. Плотность в слое 0–40 см составляет 1,24 г/см<sup>3</sup>, наименьшая влагоёмкость 20,0 %.

Важнейшим показателем, который используется для оценки степени увлажнения периода вегетации, является гидротермический коэффициент. Согласно Селянинову, при значениях ГТК более 1,6 период вегетации считается влажным; при 1,3–1,6 оптимальным по увлажнению; при 1,0–1,3 слабозасушливым; при 0,7–1,0 засушливым; при 0,4–0,7 очень засушливым; меньше 0,4 сухим. На основании данного показателя, можно сделать вывод о том, что ГТК для 2015 г. составил 0,83 и данный год является засушливым [2]. Также за весь вегетационный период наблюдалось 7 ЕЗП. Под ЕЗП понимается период продолжительностью 10–15 дней без осадков или с осадками менее 5 мм в сутки [3].

Для установления необходимости орошения, периодически определялась влажность почвы, на основании которой в дальнейшем были рассчитаны влагозапасы почвы.

Исходя из проведенных нами исследований в 2015 году в варианте 70 % НВ потребовалось 10 поливов, а в 80 % НВ – 11 поливов. Поливы осуществлялись поливной нормой 300 м<sup>3</sup>/га для варианта 70 % НВ и 200 м<sup>3</sup>/га для варианта 80 % НВ. По результатам анализа динамики влагозапасов почвы, а также метеорологических данных был выполнен расчёт суммарного водопотребления галеги восточной методом водного баланса для различных вариантов опыта. Значения поливных норм, суммарного водопотребления и урожайности галеги восточной для различных вариантов опыта приведены в таблице.

**Оросительные нормы, водопотребление и среднесуточный прирост галеги восточной по вариантам полевого опыта за 2015 г.**

Вариант опыта	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га	Водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Высота растений, см	Средний прирост, см/сут
Контроль	–	267	29,11	0,24
80 % НВ	2200	440	86,08	0,71
70 % НВ	3000	529	88,33	0,73

По данным таблицы видно, что среднесуточный прирост галеги восточной первого года жизни и применение орошения позволяет значительно увеличить темпы прироста растений относительно варианта без орошения, при этом различия в темпах прироста растений в вариантах с орошением незначительны. График динамики роста галеги восточной при различных вариантах орошения в первый год жизни приведен на рис. 1.

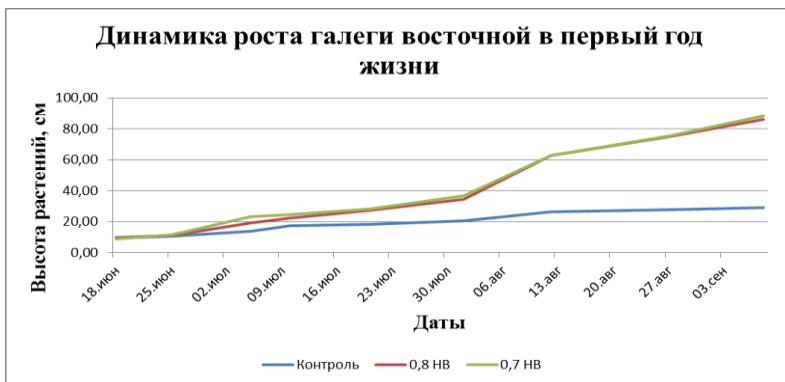


Рис. 1. Динамика роста галеги восточной в первый год жизни

### **Выводы:**

1. Анализ метеорологических данных за теплый период (апрель-сентябрь) 2015 г. показал, что данный период является засушливым.

2. На протяжении всего вегетационного периода наблюдалось 7 единичных засушливых периодов.

3. На протяжении всего периода наблюдений за динамикой влагозапасов почвы, наблюдалась активная сработка влагозапасов почвы, что привело к необходимости неоднократного полива галеги восточной.

4. По материалам полевых исследований орошение галеги восточной в первый год жизни увеличивает в 3 раза прирост зеленой массы по сравнению с вариантом без орошения. При этом применение различных поливных норм в первый год вегетации галеги восточной не оказывает существенного влияния на прирост растений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бушуева, В. И. Галега восточная: монография / В. И. Бушуева, Г. И. Тарануха. – 2-е изд., доп. – Минск: Экоперспектива, 2009. – 204 с.

2. Голченко, М. Г. Влагообеспеченность и орошение земель в Белоруссии / М. Г. Голченко. – Минск: Ураджай, 1976. – 190 с.

3. Рекомендации по орошению земель в условиях Могилёвской области. – Горки, 1988. – 86 с.

УДК 345.67

**Горбач В. А.**, студент 1-го курса

### **АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

*Научный руководитель – Астахова О. М., канд. пед. наук, доцент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Самое важное направление в развитии энергетики, это ядерная энергия. Ядерная энергия позволит решить энергетический кризис, улучшить экологическую обстановку и продвинуть нас в научно-техническом плане, создавая то что раньше было лишь на страницах научной фантастики.

Исследования в области ядерной физики велись в Советском государстве еще в довоенные годы. В 1921 г. Государственный ученый совет Наркомпроса учредил при Академии наук Радиевую лабораторию (позже – Радиевый институт), заведующим которой стал В. Г. Хлопин.

В 1932 г. немецкий физик В. Гейзенберг и советский физик Д. Д. Иваненко предложили протонно-нейтронную модель атомного ядра. Согласно этой модели, атомные ядра состоят из элементарных частиц – протонов и нейтронов.

В 1933 г. в Ленинграде была проведена I Всесоюзная конференция по ядерной физике, которая дала мощный толчок дальнейшим исследованиям. В 1935 г. в Радиевом институте, на первом в Европе циклотроне был получен первый пучок ускоренных протонов. В 1939 г. Я. Б. Зельдович, Ю. Б. Харитон, А. И. Лейпунский обосновали возможность протекания в уране цепной ядерной реакции деления. А в сентябре 1940 г. Президиумом Академии наук СССР была утверждена программа работ по изучению реакций деления урана.

Впервые цепная реакция ядерного распада была осуществлена 2 декабря 1942 г. в Чикагском университете с использованием урана в качестве топлива и графита в качестве замедлителя. Первая электроэнергия из энергии ядерного распада была получена 20 декабря 1951 г. в Национальной лаборатории Айдахо с помощью реактора на быстрых нейтронах EBR-I (Experimental Breeder Reactor-I). Произведённая мощность составляла около 100 кВт.



Рис. 1. Деление ядра урана

В 40-е годы XX века история отечественной атомной отрасли получила развитие за счет реализации военного «атомного проекта». 28 сентября 1942 года было подписано секретное постановление Государственного комитета обороны (ГКО) № 2352сс «Об организации

работ по урану». В нем Академии наук СССР предписывалось «возобновить работы по исследованию осуществимости использования атомной энергии путем расщепления ядра урана и представить к 1 апреля 1943 года доклад о возможности создания урановой бомбы или уранового топлива». 12 апреля 1943 г. была образована Лаборатория измерительных приборов № 2 Академии наук СССР (ныне – РИЦ «Курчатовский институт»). Позже ее перевели в Москву и назначили профессора И. В. Курчатова научным руководителем работ по урану.

Обычно для получения ядерной энергии используют цепную ядерную реакцию деления ядер урана-235 или плутония. Ядра делятся при попадании в них нейтрона, при этом получают новые нейтроны и осколки деления. Нейтроны деления и осколки деления обладают большой кинетической энергией. В результате столкновений осколков с другими атомами эта кинетическая энергия быстро преобразуется в тепло.

Другим способом высвобождения ядерной энергии является термоядерный синтез. Термоядерный синтез-процесс взаимодействия (слияния) легких ядер при высоких температурах с образованием более тяжелого ядра и выделением энергии.

Многие атомные ядра являются неустойчивыми. С течением времени часть таких ядер самопроизвольно превращаются в другие ядра, высвобождая энергию. Такое явление называют радиоактивным распадом.

Ядерная энергия нашла широкое применение, Это атомный ледокол – морское судно с ядерной силовой установкой, построенный специально для использования в водах, круглогодично покрытых льдом. Атомные ледоколы намного мощнее дизельных. В СССР они были разработаны для обеспечения судоходства в холодных водах Арктики. Одно из главных преимуществ атомного ледокола – отсутствие необходимости в регулярной дозаправке топливом, которое необходимо в плавании во льдах, когда такой возможности нет или дозаправка сильно затруднена.

Энергия деления ядер урана или плутония применяется в ядерном и термоядерном оружии (как пускатель термоядерной реакции). Существовали экспериментальные ядерные ракетные двигатели, но испытывались они исключительно на Земле и в контролируемых условиях, по причине опасности радиоактивного загрязнения в случае аварии

Самым важным применением ядерной энергии стало получение тепла, используемого для выработки электроэнергии и отопления.

Ядерные силовые установки решили проблему судов с неограниченным районом плавания (атомные ледоколы, атомные подводные лодки, атомные авианосцы). В условиях дефицита энергетических ресурсов ядерная энергетика считается наиболее перспективной в ближайшие десятилетия

Энергия, выделяемая при радиоактивном распаде, используется в долгоживущих источниках тепла и бетагальванических элементах. Автоматические межпланетные станции типа «Пионер» и «Вояджер» используют радиоизотопные термоэлектрические генераторы. Изотопный источник тепла использовал советский Луноход-1. РИТЭГ (радиоизотопный термоэлектрический генератор) – источник электроэнергии, использующий тепловую энергию радиоактивного распада. В качестве топлива для РИТЭГ используется стронций-90, а для высокоэнергетических генераторов – плутоний-238.

Президент Республики Беларусь Александр Григорьевич Лукашенко, выступая на форуме по энергетике осенью 2021 году, заявлял, что в будущем спрос потребителей на энергию возрастет на 30 %. Поэтому РБ должна не забывать о развитии технологий в контексте переформирования энергетических рынков. Наша страна должна помнить о росте межтопливной конкуренции в традиционных и новых источниках энергии.

УДК 691.32:625

**Жабыко С. В.**, студент 1-го курса

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЕРАМЗИТА В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*Научный руководитель – Дубина Н. А., преподаватель*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Актуальность обсуждаемой в статье темы вызвана тем, что применение керамзита при строительстве дороги позволяет решить многие проблемы, которые связаны с последующим использованием дорожного покрытия. В этой строительной сфере керамзит играет роль «подушки», которая укладывается под дорожное покрытие и снижает риск появления оползней и деформации дорожного покрытия, также он защищает от обледенения дорожного слоя [4]. Керамзит представляет собой облепченный материал с пористой структурой сыпучего

типа. В зависимости от назначения керамзиту придаются различные свойства за счет изменения размеров гранул и их плотности. Гранулы керамзита имеют неправильную или округлую форму и малый удельный вес, обусловленный воздушными порами [2]. Его основу составляет натуральное вещество – обожженная глина. Промышленное производство керамзита началось в 50-е гг. XX в. В настоящее время работают более 270 заводов в 50 странах, которые ежегодно производят порядка 73 млн. м<sup>3</sup> строительных изделий из керамзита. В Республике Беларусь производство керамзита начато в 1977 г. в г. Новолукомль, в настоящее время годовое производство может составлять около 1 млн. м<sup>3</sup> керамзита.

**Цель работы:** изучить историческую основу, свойства керамзита, рассмотреть преимущества керамзита при использовании в дорожном строительстве.

**Материалы и методы исследований.** В работе использован метод анализа научной литературы. Выполнен сбор и обзор информации о состоянии вопроса, произведена систематизация разрозненных данных для выводов и заключения.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Исторический аспект. В начале XX века в России появилась идея использовать пережженный вздувшийся кирпич в качестве легкого наполнителя для бетона. В то же самое время американский инженер Хайд запатентовал технологию обжига пластин глины до образования пористого материала, который получил название хайдит. Полученную пластину дробили до нужной фракции. Материал обладал хорошей прочностью и был легок. Инженер-технолог С. П. Онацкий в 30-х гг. модернизировал данную технологию. Он предложил изготавливать гранулы из глины. Полученные гранулы подвергались быстрому обжигу в специальных вращающихся печах. В результате получались легкие гранулы с прочной оболочкой. Материал получил официальное название керамзит [1].

**Свойства керамзита.** Большинство параметров керамзита нормирует ГОСТ СТБ ЕН 14063-1-2007. Выделяют следующие основные технические характеристики [3].

*Фракционный состав.* По размеру структурных элементов керамзита нормируются 3 базовые фракции материала – 5–10, 10–20 и 20–40 мм. При необходимости минимальный размер снижается до 2,5 мм. На практике часто используются фракционные смеси с диапазоном 5–20 мм, а для утепления – 5–40 мм, что обеспечивает более плотное заполнение пустот при формировании керамзитовых прослоек.

*Насыпная плотность*, то есть удельный вес керамзита в насыпном виде. Всего существует 10 марок с плотностью от 250 до 800 кг/м<sup>3</sup> (марки 250, 300, 350 и т. д.). Керамзиты 700–800 выпускаются только по заказу. Данный параметр определяет наличие воздушной составляющей в материале, а потому существенно влияет на другие характеристики. Насыпная плотность не совпадает с плотностью гранул, так как включает воздушные прослойки между гранулами. Истинная плотность керамзита превышает насыпную плотность в 1,6–1,8 раз.

*Прочность при сдавливании*. Она определяется при приложении нагрузки в специальных цилиндрах и измеряется в МПа. Всего существует 13 марок керамзита по этому показателю, причем каждая марка имеет свой диапазон прочности. Так марка 100 в песочном исполнении подразумевает прочность в пределах 2–2,5 МПа. Данная характеристика взаимосвязана с плотностью материала и фракционным составом.

*Коэффициент уплотнения*. Этот параметр помогает учесть изменение насыпной плотности в процессе транспортировки, хранения и эксплуатации. Он не должен превышать 1,16.

*Теплопроводность*. Коэффициент теплопроводности считается самым важным параметром при использовании керамзита в качестве утеплителя. Он может колебаться в пределах 0,11–0,19 Вт/(м<sup>2</sup>·град) в зависимости от плотности материала.

*Водопоглощение*. Керамзит можно отнести к достаточно стойким материалам по противостоянию к воздействию воды. Водопоглощение нормируется в пределах 9–20 %.

*Шумоизоляционные способности*. Керамзит обладает повышенной звукоизоляцией.

*Морозостойкость*. Этот параметр керамзита не нормируется, так как материал выдерживает все реальные минусовые температуры, которые могут быть на открытом воздухе и в почве.

*Огнеупорность*. Керамзит не горюч и не распространяет горение.

*Экологическая чистота*. Не подвержен гниению, имеет стойкость к агрессивным веществам (щелочи, кислоты), не выделяет вредных веществ.

**Преимущества керамзита в дорожном строительстве.** В Республике Беларусь при проектировании, строительстве и эксплуатации дорог сталкиваются часто с двумя ключевыми проблемами: подвижные грунты и низкие температуры с обильными осадками, частыми замораживанием и оттаиванием дорог. Эти проблемы сокращают сроки

эксплуатации и ухудшают качество дорожного полотна, что может спровоцировать аварийные ситуации. Выше перечисленные свойства керамзита обуславливают превосходные эксплуатационные характеристики материала, которые смогут решить перечисленные проблемы. Керамзит отличается прочностью и долговечностью. При укладке дорог его используют в качестве подушки, он способен заменить песок и другие менее надёжные материалы. Для реализации данной задачи подходит смесь из двух фракций – 10–20 и 20–40. Указанная смесь позволяет достичь высокой плотности и прочности основания без потери дренажных характеристик. Созданная прослойка значительно укрепляет грунт, который становится более устойчивым. Это предотвращает преждевременное разрушение дорожного полотна. Керамзит при укладке в основание дороги хорошо сопротивляется термическим ударам в холодное время года. Прочная оболочка предотвращает проникновение частиц воды, способных вызвать разрушения при расширении. С другой стороны наличие пор обеспечивает качественную теплоизоляцию поверхности дорожного полотна, это минимизирует риск появления наледи и делает полотно дороги более безопасным. Ещё один значимый положительный момент состоит в том, что керамзит при строительстве дорог эффективно отводит воду в тёплое время года. При этом предотвращается разрушение и размывание полотна. Это достигается дренажным свойствам и способностью прочной оболочки плохо впитывать воду. Стоимость керамзита находится на уровне других материалов, что при лучших характеристиках составит лучшую экономическую эффективность производства строительных работ.

**Заключение.** Путем применения керамзита в качестве засыпки в насыпях для автомобильных и железных дорог, других зон, предназначенных для движения транспорта будет получен результат, обеспечивающий решение проблем, ухудшающих качество и сокращающих сроки эксплуатации дорожного полотна. Открывается возможность в современных условиях использовать керамзит отечественного производства в разработке современных проектов строительства дорог. Особые свойства керамзита как весьма легкого, но прочного материала, позволяет оказывать минимальную нагрузку на стены и саму конструкцию, поэтому открываются перспективы его применения в строительстве мостов, дамб, причалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Онацкий, С. П. Производство керамзита / С. П. Онацкий. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Стройиздат, 1988. – 333 с.
2. Керамзит. Технология и применение / Гос. ВНИИ строит. материалов и конструкций им. П. П. Будникова; редкол.: Х. С. Воробьев (отв. ред.) [и др.]. – М.: ВНИИстром, 1982. – 87 с.
3. Горчаков, Г. И. Строительные материалы / Г. И. Горчаков. – М.: Высш. шк., 1982. – 352 с.
4. <http://belniis.by/ru/news/novye-vozmozhnosti-keramzita>.

УДК 631.42(476-18)

**Жалгаскужиева А. С.**, студентка 4-го курса  
**АНАЛИЗ ВЕЛИЧИН ПОЧВЕННОГО СТОКА  
В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ**

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

Используемые в конкретных практических расчетах уравнения водного баланса почвы как правило представляют собой алгебраическую сумму его приходных и расходных элементов. Основными приходными элементами при этом являются атмосферные осадки ( $P$ , мм) и подпитывание расчетного почвенного слоя от грунтовых вод ( $W_{гр}$ , мм), а основными расходными составляющими – суммарное испарение ( $E$ , мм) и почвенный сток ( $C$ , мм).

Известно, что для обеспечения объективных результатов расчетов все составляющие воднобалансового уравнения должны отвечать принципу равнозначности. Между тем анализ специальной литературы и выполненных ранее полевых опытов [1, 3, 4] показывают, что при расчётах водного баланса мелиорируемых почв почвенный сток является величиной, наименее обоснованной по сравнению с другими элементами водного баланса. Это подтверждается тем, что в большинстве расчетных методик величина почвенного стока вычисляется как превышение текущих влагозапасов почвы ( $W^i$ , мм) над верхней границей их регулирования, равной наименьшей влагоемкости ( $W_{нв}$ , мм). При этом данное ограничение вводится как правило независимо от фильтрационных свойств почвы, дискретизации (временного интервала) расчетов и других условий, определяющих инерционность и динамику почвенного стока.

Выполненные ранее в условиях Горецкого района экспериментальные воднобалансовые исследования [4] в частности показали, что при значительном увлажнении суглинистых почв осадками их влажность продолжительное время (более декады) может превышать уровень наименьшей влагоёмкости (НВ). В этом случае фактическая величина почвенного стока за расчетный интервал в пределах декады оказывается меньше превышения влагозапасов почвы над  $W_{нв}$ .

С целью дальнейшего экспериментального обоснования и количественной оценки закономерностей и параметров поверхностного стока в условиях минеральных почв северо-восточной части Беларуси нами проводилась обработка данных наблюдений за поверхностным стоком на стоковых площадках, располагавшихся на суглинистых почвах учебно-опытного комплекса «Тушково-1» Горецкого района.

Почвы площадок дерново-подзолистые легкосуглинистые с глубоким (>5 м) залеганием УГВ.

Стоковые площадки представляли собой участки склона, изолированные от окружающей территории водонепроницаемыми бортиками и оборудованные устройствами для измерения объёма поверхностного стока в виде мерных баков [2]. Размеры площадок приняты 5×10 м с расположением длинной стороны вдоль уклона поверхности в соответствии с [2], сельскохозяйственное использование площадок было следующее: площадки № 1 и № 2 – свекла с уклонами поверхности соответственно 0,057 и 0,024; площадки № 3 и № 4 – многолетние травы с уклонами 0,075 и 0,042; площадки № 5 и № 6 – чистый пар с уклонами 0,053 и 0,025 соответственно. Посев семян свеклы на площадках № 1 и № 2 производился поперек склона с междурядьем 45 см. До высева семян и после уборки урожая эти площадки также содержались под паром. Площадки № 3 и № 4 использовались как естественный сенокос.

Результаты обработки данных показали, что основными факторами, обуславливающими поверхностный сток, являются: величина и интенсивность атмосферных осадков, начальная влажность верхних слоёв почвы  $W_H$ , уклон и сельскохозяйственное использование участка.

Поскольку указанные факторы действуют независимо и параллельно, то исследовалась однофакторная корреляционная связь суточного поверхностного стока с величиной суточных осадков по отдельным стоковым площадкам. При этом для учета влияния на сток начальной влажности почвы, все измеренные на площадках данные по стоку раз-

делялись по трем отдельным выборкам с разными диапазонами влажности почвы:

- 1 – ( $W_H > 1,2W_{HB}$ );
- 2 – ( $W_H = 0,8-1,2 W_{HB}$ );
- 3 – ( $W_H < 0,8W_{HB}$ ).

Данная дифференциация исследуемых выборок позволила уменьшить неоднородность эмпирических данных по фактору влажности почвы.

Полученные графики показывают, что наиболее существенное влияние осадков на поверхностный сток наблюдается при влажности почвы  $W_H > 1,2W_{HB}$ . Вместе с тем, определенный сток обнаруживается и при условии  $W_H < W_{HB}$ , что можно объяснить переувлажнением самых верхних слоев суглинистой почвы при большой интенсивности дождя.

Наиболее приемлемой формой корреляционной связи поверхностного стока с осадками является степенная функция (с показателем степени  $b > 1$ ):

$$C_{\text{п}} = aP^b, \quad (1)$$

где  $C_{\text{п}}$  – суточный поверхностный сток, мм;

$P$  – величина суточных осадков, мм;

$a, b$  – эмпирические коэффициенты.

Значения коэффициентов представлено в таблице.

**Значения коэффициентов  $a, b$  и коэффициента корреляции зависимости (1)**

№ вар.	$W_H > HB$			$W_H = HB$			$W_H < HB$		
	$a$	$b$	$r$	$a$	$b$	$r$	$a$	$b$	$r$
№ 1	0,0064	1,95	0,88	0,0001	2,85	0,93	0,0002	2,19	0,87
№ 2	0,0038	1,23	0,89	0,0047	1,00	0,75	0,0001	1,81	0,88
№ 3	0,0032	1,48	0,81	0,0034	1,16	0,79	0,00007	2,25	0,96
№ 4	0,0012	1,10	0,81	–	–	–	0,0001	1,64	0,83
№ 5	0,0077	2,00	0,89	0,0006	2,42	0,78	0,0012	1,79	0,79
№ 6	0,0057	1,19	0,79	0,000	1,57	0,76	0,0001	1,86	0,77

Количественный анализ формулы (1) для отдельных вариантов опытов показал, что при влажности почвы, равной стоковой границе  $W_{HB}$ , максимальный вызываемый осадками сток отмечается на вариантах 5 и 1 (площадки с паром и свеклой на большем уклоне). Согласно формуле (1), поверхностный сток достигает при этом соответственно 7,2 и 4,9 % от величины осадков. Минимальный поверхностный сток характерен для варианта 4 (сенокос на меньшем уклоне), где при

влажности на уровне наименьшей влагоемкости он составляет всего 0,1 % выпадающих осадков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вихров, В. И. Ресурсосберегающие алгоритмы расчетов проектных норм орошения трав в условиях Беларуси / В. И. Вихров // Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии и техника в орошаемом земледелии: сб. науч. докладов междунар. науч.-практ. конф. – Коломна, 2003. – Ч. 1. – С. 81–84.
2. Методические указания управлениям гидрометслужбы № 84: производство комплексных воднобалансовых наблюдений на пунктах опорной сети / Гос. гидрологич. институт – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 160 с.
3. Лихацевич, А. П. Оценка факторов, формирующих неустойчивую влагообеспеченность сельскохозяйственных культур в гумидной зоне / А. П. Лихацевич, Е. А. Стельмах. – Минск: ООО «Белпринт», 2002. – 212 с.
4. Левшунов, И. А. Влияние влажности почвы на величину поверхностного стока / И. А. Левшунов // Эффективное использование мелиорированных земель: проблемы и решения: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Тверь, ФГБПГУВ – НИИМЗ, 28 сентября 2018). – Тверь: изд-во ТвГУ, 2018 – С. 316–319.

УДК 711.581

**Кирик А. С.**, студент 3-го курса

### **ОСОБЕННОСТИ БЛАГОУСТРОЙСТВА ТЕРРИТОРИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

*Научный руководитель – Романов И. А., ассистент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Благоустройство территории – это комплекс строительных работ и строительно-архитектурных элементов, которые обеспечивают удобство эксплуатации территории, а также её дизайн и объединение с окружающей средой.

Благоустройство территории строительства включает в себя совокупность работ, в том числе строительных, специальных, монтажных, пусконаладочных, и мероприятий, осуществляемых в целях приведения территории в состояние, пригодное для эксплуатации зданий, сооружений, инженерных и транспортных коммуникаций, создания благоприятных условий.

В Республике Беларусь не первый год административными органами совместно с архитекторами, строителями и дизайнерами осуществляется деятельность по улучшению внешнего облика общегородских и локальных центров, пешеходных зон, жилых и общественных зданий,

создаются малые архитектурно-ландшафтные формы, элементы световой рекламы и вечернего оформления, обустраиваются зоны отдыха у водоемов. Данные мероприятия относятся к комплексному благоустройству городских территорий, структура которого в целом включает внешнее благоустройство (создание и содержание объектов рекреации, оснащение территорий малыми архитектурными формами).

Социальное благоустройство (совершенствование системы социально-бытового обслуживания населения, развитие селитебных, промышленных и рекреационных зон города). Инженерное благоустройство (высотная организация территорий города, организация стока поверхностных вод, развитие системы подземных инженерных коммуникаций). Экологическое благоустройство (оздоровление городской среды, улучшение санитарно-гигиенических условий территории жилой застройки) [1].

Работы по благоустройству участков должны выполняться в строгом соответствии с рабочими чертежами с соблюдением всех технологических требований, которые предусмотрены соответствующим разделом санитарных норм и правил. Подготовительные работы по благоустройству территории необходимо начинать с планировки мест сбора растительного грунта, пересадки растений, которые в дальнейшем будут использоваться во время озеленения прилегающей территории. Устройство покрытий внутриквартальных площадок, тротуаров, различных дорожек разрешается выполнять на любом устойчивом подстилающем грунте, несущая способность которого меняется под влиянием природных факторов не больше, чем на двадцать процентов. Роль подстилающих слоев может быть отведена песчаным, глинистым, супесчаным грунтам, строительными отходами неорганического происхождения, лаковым смесям и обычным шлакам.

Работы по благоустройству непременно включают в себя подготовку участка к началу его застраивания, которая выполняется в определенной последовательности. Благоустройство территории, ее этапы:

На участке, незанятом насаждениями и строениями, снимается растительный грунт, а также устраивается временный поверхностный водоотвод.

На площади, которая занята насаждениями, выделяют участки зелени, которые обязательно должны быть сохранены. На этом же этапе выкапываются кусты и деревья, которые в дальнейшем используются при озеленении других участков.

Прокладываются инженерные коммуникации, необходимые для обеспечения должного функционирования всех сооружений, объектов данного района.

После завершения строительных работ берет свое начало устройство тротуаров, площадок, дорожек и проездов, всевозможных оград, расстилка специального растительного грунта, высадка кустарников, цветов, посев газонов и т. д.

В формировании материально-пространственной среды жилой застройки важнейшей целью является справедливое распределение и эффективное использование городских ресурсов. На территории отдельного двора реализуются потребности различных социальных и возрастных групп: молодежь, родители с детьми, люди преклонного возраста, владельцы автомобилей, жители с домашними животными. Обустройство территории для проживания должно отвечать интересам всех его пользователей [2]. Опираясь на это утверждение, можно сформулировать основные принципы проектирования жилого пространства в структуре городов Беларуси: это формирование общедоступной и интуитивно понятной среды, исключение каких-либо физиологических и психологических неудобств и максимальное сохранение свойств ландшафта.



Рис. 1. Концептуальный план благоустроенной территории

А также необходимо соблюдать гарантии комфортного и безопасного пребывания в любое время суток, включая устройство уличного освещения и художественной подсветки, соблюдая требования и нормы безбарьерного строительства. Создание условий для разнообразных поведенческих сценариев в пределах жилого квартала, устройство

спортивных и рекреационных зон, современных детских игровых комплексов. Соблюдение камерного масштаба объемно-композиционных решений для выстраивания единого, доступного для всех пользователей жилого пространства. При благоустройстве территории важно учитывать особенности летних и зимних периодов, использовать современные материалы и конструктивные системы.

Таким образом, решения, принятые по благоустройству, не должны противоречить нормативным показателям и критериям, которые устанавливаются и утверждаются в составе местных норм и правилами благоустройства территории.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горанова, О. А. Оценка эффективности реализации программ по формированию комфортной городской среды / О. А. Горанова, Е. В. Корендясева // Современный мегаполис: формирование «зеленой экономики»: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. / Московский гор. ун-т управления Правительства Москвы; редкол.: О. В. Горбулина. – М., 2019. – С. 117–128.

2. Ковалев, Д. В. Реконструкция и модернизация жилой среды крупнопанельных домов массовых серий / Д. В. Ковалев, В. Г. Чудинова // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура [Электронный ресурс]. – 2013. – № 1. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rekonstruktsiya-i-modernizatsiya-zhiloy-sredy-kрупнопanelnyh-domov-massovyhseriy>. – Дата доступа: 15.12.2022.

УДК 624.159.14.

**Козловский П. А.**, студент 3-го курса

### **ВИДЫ И ПРИЧИНЫ ДЕФОРМАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

*Научный руководитель – Романов И. А., ассистент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Знание причин и типов деформации может помочь выявить потенциальные риски и разработать стратегии предотвращения или уменьшения ущерба.

Деформацию конструкций часто трудно обнаружить до тех пор, пока она не нанесет значительный ущерб или нарушение конструкции и функции здания. Деформации возникают из-за воздействия постоянных и переменных нагрузок. Среди деформаций выделяют следующие: осадка, крен, оседание, прогиб, выгиб, перекос, сдвиг, горизонтальные смещения.

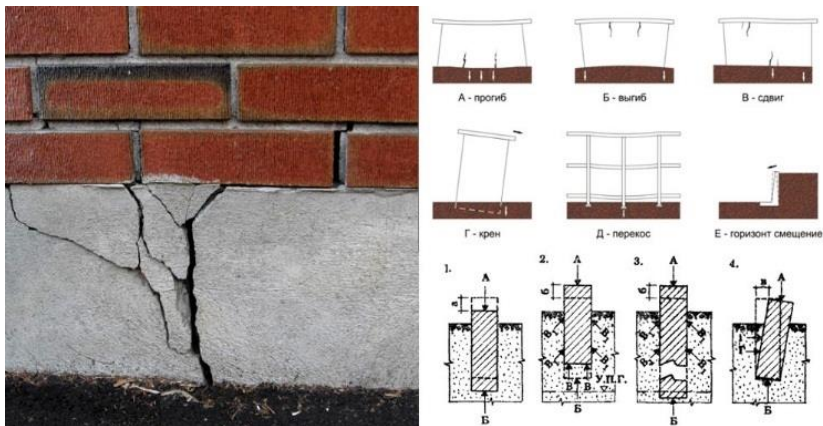


Рис. 1. Типы и виды деформаций конструкций

Осадка – медленная, сравнительно небольшая деформация, которая происходит в результате уплотнения грунта под действием силы тяжести здания или сооружения. Математическая характеристика осадок выражается величинами перпендикуляров, которые опущены с начальной горизонтальной плоскости до пересечения с деформированной поверхностью.

Осадка называется равномерной, если деформация основания под всей площадью сооружения одинакова, и неравномерной в случае различных деформаций в разных точках основания. Равномерная осадка основания подошвы фундамента всего сооружения не вызывает дополнительных напряжений в его конструкциях, но затрудняют нормальную эксплуатацию.

К постоянным относят ветровые, давление грунта, воды, которые вызывают смещение конструкций и сооружений. Чем выше здание, тем сильнее ветровая нагрузка. Башни, вышки, дымовые трубы находятся под воздействием ветра и солнечного нагрева, которые вызывают изгиб и кручение. Крены возникают в жёстких конструкциях из-за несимметричной загрузки основания и развиваются в двух противоположных направлениях. Прогиб и выгиб возникают обычно в зданиях и сооружениях большой длины, не обладающих большей жесткостью.

Деформации бывают остаточными и исчезающими после устранения воздействий. Для установления характера проводят геометрическую характеристику до нагрузки, под её воздействием и после её снятия.

В числе причин деформации здания специалисты называют следующие факторы [1]: ошибки в проектировании, в инженерно-

геологических изысканиях, исследованиях грунта и технологии проведения земляных работ; неверный выбор глубины заложения и типа фундамента; аварии инженерных сетей и их естественный износ; колебания уровня влажности и температуры окружающей среды приводят к ослаблению раствора, кирпича, камня; продолжительная эксплуатация здания и недостаточная прочность материалов; засыпанные каналы, остатки зданий и сооружений под строительной площадкой; подземные и атмосферные воды вымывающие основание фундамента.

Эксперты отмечают, что повреждения, деформации объектов становятся результатом воздействия целого комплекса факторов, одни из которых преобладают, а другие слабо выражены. Основная задача контроля – установить причины и изучить обстоятельства, вызвавшие их развитие [2].

Диагностика причин деформации зданий и сооружений может производиться путем визуального осмотра, анализа конструкций и лабораторных исследований. Визуальный осмотр включает в себя осмотр здания или конструкции на наличие признаков повреждения, таких как трещины, выпуклые стены или провисшие крыши. Структурный анализ включает в себя анализ элементов здания или конструкции, чтобы определить, есть ли какие-либо слабые места, которые могут способствовать деформации. К примеру оценку фундамента и любых поддерживающих элементов, таких как колонны или балки. Лабораторные испытания используются для выявления отдельных материалов в конструкции, которые могут быть ослаблены из-за возраста или условий окружающей среды, а также могут помочь определить потенциальные источники деформации, такие как коррозия или химические реакции.

Разработка новых технологий, таких как датчики, дроны и системы на основе ИИ, могут обеспечить более оперативное обнаружение деформаций до того, как они нанесут значительный ущерб или нарушение конструкции и функции здания. Достижения в области материаловедения могут привести к усовершенствованию методов строительства, которые могли бы снизить риск деформаций, возникающих в зданиях с течением времени из-за износа или воздействия погодных условий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гура, Т. А. Деформации зданий и сооружений и порядок их выявления [Электронный ресурс] / Т. А. Гура, А. О. Бирюкова, Е. А. Овсienko // Молодой ученый. – 2016. – № 30 (134). – С. 59–62. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/134/37529/>. – Дата обращения: 23.12.2022.

2. Рындин, Е. А. Метод построения микросистем мониторинга деформаций конструкций / Е. А. Рындин, А. С. Исаева // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 4.

УДК 628.29:728.37

Латыш И. В., студент

## **СТАНЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМОВ**

*Научный руководитель – Васильева Н. В., канд. техн. наук, доцент*  
УО «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 л в сутки на 1 жильца. Например, если в доме проживает 5 человек, то выбирают станцию производительностью 1000 л/сут.

Залповый сброс – это объем стоков, который может одновременно 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 табл. 1.

**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 биоагрузка с закрепленными к ней организмами.

2. Станция глубокой биологической очистки СБО-Н (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.

СБО-Н 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.

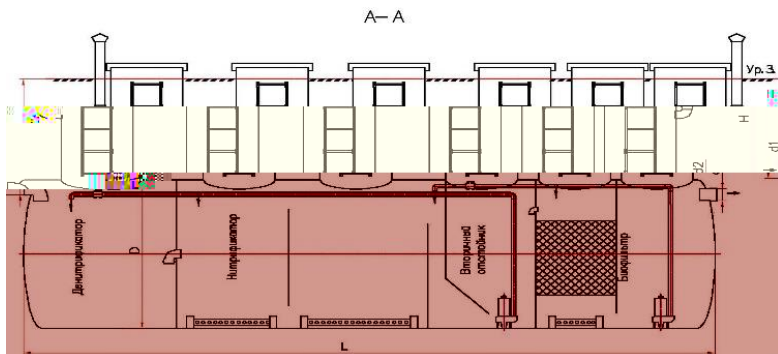


Рис. 1. Станция глубокой биологической очистки СБО-Н

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: 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 автоматизировано. Основной задачей обслуживания установки является периодическое устранение накопившегося ила, и замена фильтров и при должном уходе система будет бесперебойно служить на протяжении долгих лет.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Водоотведение: учебник / Ю. В. Воронов [и др.]. – 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 725.381.8

Лопух Д. В., студент 3-го курса

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ВЕЛОПАРКОВОК**

*Научный руководитель – Дрогомилов Р. А., канд. архитектуры, доцент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь*

Велопарковки – обязательные элементы городской и сельской велоинфраструктуры. Они должны быть спроектированы таким образом, чтобы велосипедист мог оставить свой велосипед в специально отведенном месте и не бояться, что его могут украсть. В Европе велосипедные парковки достаточно распространены, на одной улице можно встретить много парковочных мест для двухколесного транспорта. На территории Беларуси также активно строятся стоянки для велосипедов. Большинство жителей крупных городов постепенно переходят на велосипеды. Все это обусловлено тем, что это считается дешевым средством передвижения. Обустройством паркинга занимаются супермаркеты, различные торговые центры, школы и университеты так как там проходит большой поток людей [1].

Вообще парковка – это конструкция, в которой можно разместить определенное количество велосипедов. Во всем мире уже придумано большое количество видов парковок, к примеру, ячеевая парковка считается самой популярной. Структура ячейковой парковки велосипедов предполагает неразъемную конструкцию. Колеса велосипеда помещаются между поперечными трубками, а затем велосипед фиксируется велосипедным замком. Размеры отделений различаются в зависимости от модели. Дорожные и шоссейные велосипеды обычно помещают в узкие отсеки. Велосипеды МТБ с более широкими шинами можно разместить в большем отсеке, сама конструкция отсека много весит, и вор не сможет снять его без специального оборудования. Монтажники чаще крепят парковку к стене или асфальту для большей надежности. Преимущество парковочного места заключается в его компактности, в зависимости от ширины, и вмещает до 25 велосипедов. К недостаткам можно отнести неудобство крепления велосипеда, его неустойчивость при отсутствии подножки.

Стандартные велосипедные парковки многим кажутся скучными, да и вообще парковка не вписывается в городскую архитектуру. Дизайнеры разработали множество форм парковок, которые уже используются. Например, «колесо обозрения» – это подвесная парковка, ко-

торая сразу бросается в глаза. К недостаткам можно отнести небольшую вместимость – максимум 6 байков. Если наверху есть свободное место, нужно просто повернуть руль и повесить велосипед [2].

Рассмотрим несколько нестандартных вариантов парковки. «Неровность» относится к выступу дороги с прорезью посередине для колес. Достаточная глубина для устойчивого положения велосипеда. Однако этот тип используется только в закрытых помещениях, так как нет места для крепления велосипеда. «Фрукт» – еще одна разновидность. Подразумевает тяжелую конструкцию с большой вместительностью. Велосипеды устанавливаются вокруг сооружения. Имеется возможность пристегнуть как к колесу, так и к раме. Отсеки имеют различную ширину. «Расческа» – одна из модернизации классической отсековой велопарковки. Предназначается для велосипедов с большими габаритами. Райдер может пристегнуть байк за раму [2].

В последнее время разнообразные велосипедные парковки получили распространение в разных странах [2]. В Амстердаме, например, на 730 000 жителей приходится более 465 000 велосипедов. В результате парковка велосипедов на суше и на искусственных островах – обычное явление. Fietsflat – одна из самых известных парковок на 3000 велосипедов, расположенная на главном вокзале. Каждый из трех уровней имеет длину 100 м и ширину 14 м. Парковка оборудована специальными знаками. В будущем планируется увеличить количество мест до 18 500. В Амстердаме есть даже велосипедный отель Van Ostade, предназначенный только для велосипедистов.

Голландия считается страной велосипедистов. Поэтому повсюду создаются парковки для велосипедистов. В городе Утрехте, например, строится крупнейшая в Европе трехуровневая подземная велосипедная парковка «Stationsplein» на 12 500 мест (первая очередь на 6 000 велосипедов уже открыта). Нижний и верхний уровни предназначены для всех велосипедистов, а средний – для держателей карт.

В Китае, в свою очередь, решили сделать «умную» парковку для велосипедов в городе Чэнду. Она состоит из двух частей. Надземная часть представляет собой небольшой павильон площадью 6,8 м<sup>2</sup> для автоматизированного сбора и доставки велосипедов. На экране дисплея велосипедист выбирает желаемый вариант и входит в систему, используя документ, удостоверяющий личность, или банковскую карту. На дисплее также отображается информация о количестве свободных мест и велосипедов в аренду. Подземная часть – 8-этажное хранилище 8×10 м. Площадь подземной парковки на 224 велосипеда состав-

ляет 50 м<sup>2</sup> (на поверхности, на такое же количество двухколесных транспортных средств, выделено 400 м<sup>2</sup>).

Дизайнеры Лондонской студии Treasuresaurus взяли курс на экологичность. Корпус велосипедного гаража изготовлен из алюминия и дерева, а крыша предназначена для посадки всех видов растений. Хотя на первый взгляд конструкция выглядит миниатюрной, в ней могут разместиться два взрослых велосипеда. При этом не стоит переживать за сохранность транспорта.

По итогу можно сказать, что велопарковка стала неотъемлемой частью дизайна в городах и селах. Люди начали уделять отдельное внимание велопарковкам. Из-за того, что люди начали интенсивно переходить на велосипеды, нужда в парковках стала еще больше. Но и без минусов тут не обходится. Многие торговые центры, магазины делают парковки в не очень удобных местах для населения. Из-за этого пешеходам, велосипедистам, инвалидам не всегда бывает удобно пройти или проехать на той или иной улице. Это является одной из задач в дальнейших научных исследованиях по развитию научно-методического обеспечения проектирования комплексной велоинфраструктуры поселений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Другомиллов, Р. Велосипед – транспорт пригорода и села: о развитии велосипедной инфраструктуры / Р. Другомиллов // Архитектура и стр-во. – 2008. – № 11. – С. 52–55.

2. О жизни на велосипеде [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://velife.ru/>. – Дата доступа: 12.05.2022.

УДК 631.674.5

**Мазаева А. Л.**, аспирант

### **ПОПУЛЯРНЫЙ ГИБРИД ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ И КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ**

*Научный руководитель – Дуброва Ю. Н., канд. с.-х. наук, доцент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Глобальное потепление сказывается на всех континентах. Фермеры совместно с учеными ищут способ минимизировать объемы поливов, чтобы сохранить водный ресурс регионов. Испарение и ветер – это проблемы, с которыми сталкиваются при попытке доставить воду к растениям. Кроме того, часто проблематичен и сам доступ к воде. Су-

ществует много способов орошения, которые отличаются по цене и возможностям [1, 2, 3].

Все большую популярность набирает PMDI – гибрид капельного и централизованного орошения. Она предусматривает установление шлангов капельного орошения вместо распылителей на поливной машине кругового или фронтального типа. В результате сочетается низкая стоимость круговых поливных машин с высокой эффективностью использования воды капельного орошения, которая достигает в системах PMDI 95 %. Тогда как шланги тянутся по полю, эмиттеры распределяют воду равномерно по всей длине участка. Колеса поливной машины остаются сухими и не буксуют, а последнее чревато неравномерностью полива поля. При этом шланги не запутываются во время вращения оросительной машины.

По результатам использования оборудования поливной машины системы PMDI у одного из фермеров США расходы на орошение снизились почти на 30 %, а урожайность повысилась не менее, чем на 20 %. Впоследствии фермер стал делить поле на 2 сектора – под пшеницу и под кукурузу. Если вначале урожай пшеницы составлял в среднем 34–37,4 ц/га, то с новой системой полива средняя урожайность превысила 46 ц/га.

Средняя урожайность поздней кукурузы ранее составляла 111,1–114,3 ц/га. За последние 2 года она выросла до 133,3–139,7 ц/га.

Теперь фермер может прекратить полив на месяц раньше, поскольку запасы воды в почве достигают нужного уровня, несмотря на то, что за год на его производственном участке выпало всего 140 мм осадков.

Системами PMDI оборудуют свои поливные машины 2 американских производителя. Оба используют капельные шланги производства компании Netafim.

На юго-западе штата Канзас орошение производится из гигантского подземного пресноводного моря Огаллала, которое частично охватывает территорию нескольких штатов. Однако сейчас оно высыхает: уровень грунтовых вод в некоторых штатах опускается на 60 см в год.

Исследование Университета штата Канзас, которое длится уже 4 года, показало, что к 2060-му будут исчерпан примерно 70 % водных ресурсов Огаллала. Чтобы они восстановились естественным путем, нужно будет, в зависимости от местности, от 500 до 1300 лет.

Это не стало неожиданностью для аграрных регионов, которым грозит полный упадок, ведь власти штата уже не одно десятилетие пытаются замедлить процесс истощения запасов подземных вод.

Первый и самый большой среди участников проекта, начавшегося в прошлом году и рассчитанного на 3 года, – T&O Farms специализируется на выращивании люцерны, пшеницы, сорго, кукурузы и сои. Ее владелец Том Уиллис – генеральный директор компании, владеющей двумя заводами по производству этанола в Канзасе, зависит от поставок местного сырья – кукурузы и сорго.

Так водный департамент Канзаса собрал самых передовых фермеров штата и разработал проект водосохраняющих ферм. Эта концепция возникла в рамках стратегии, которую сформировал губернатор штата в 2013 г. Фермы обеспечивались необходимым оборудованием, чтобы демонстрировать эффективность современных технологий орошения, не закливаясь на урожайности.

План снижения расхода воды.

6 основных шагов:

1. *Эксперимент с переоборудованием поливных систем.* 4 поля поливались круговыми оросительными машинами, оборудованными системами PMDI, а остальные 4 – такими же машинами с распылителями низкого давления.

Круговая оросительная машина была связана со шлангами капельного полива, так как такое решение более гибко, чем просто система капельного орошения. Такая система, будет стоить от 250 до 625 долл/га. Это решение стоит примерно 10 % стоимости стандартной системы капельного орошения и рассчитано на службу в течение 12–15 лет.

2. *Установление датчиков влажности почвы.* На каждом поле было установлено по 2 датчика на глубину 42 дюйма (106,7 см). Датчики каждые 30 минут передают информацию о развитии корневой системы, влагообмене, накоплении влаги и глубине проникновения воды в почву. К этой информации есть доступ со смартфона.

3. *Наблюдение за погодой.* Для этого Университет штата Канзас предоставил мини-метеостанцию. Наблюдения за погодой фермер ведет вместе с исследователями университета и консультантами.

4. *Бурение контрольной скважины.* Это сделала Геологическая служба Канзаса, чтобы в режиме реального времени получать информацию об уровне и качестве воды.

5. *Севооборот.* Сейчас севооборот Тома Уиллиса состоит из кукурузы, сои, сорго и люцерны. Он планирует уменьшить площади под кукурузой и увеличить под культурами, которые требуют меньше воды. Пока фермер не отказывается от кукурузы полностью, а будет выращивать сорта с коротким сроком вегетации.

6. *Мониторинг процесса.* Все системы автоматически отслеживают расходы воды и уровень грунтовых вод и подключены к интернету, благодаря чему в режиме реального времени за полученными данными могут наблюдать все участники проекта.

За 2009–2013 годы уровень грунтовых вод на ферме T&O Farms снизился на 219 см. Ежегодное пополнение запасов подземных вод составляет 24 мм. Расчеты показывают, что запасов подземных вод на T&O Farms хватит на 36 лет, если использование воды не уменьшать, и на 53 года, если расходы воды снизить на 30 %.

За счет мобильного капельного орошения мы уменьшим испарения воды из почвы на 27–35 % по сравнению с поливом через распылители. Это равноценно дополнительным 75 мм осадков за сезон, – утверждает исследователь Университета шт. Канзас Джонатан Агилера.

Исследователи сделали определенные выводы после использования данной системы. С мобильным капельным орошением в почве было гораздо больше влаги, чем с поливом через распылители.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Техника и оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://propozitsiya.com/ru>. – Дата доступа: 07.01.2023.
2. Капельный полив и другие системы орошения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agriexpert.ru>. – Дата доступа: 07.01.2023.
3. Технологии ирригации: виды, новации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aggeek.net/ru>. – Дата доступа: 07.01.2023.

УДК 631.67:633.31/.37

**Мазаева А. Л.**, аспирант

### **ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ НА БОБОВО-ЗЛАКОВЫЙ ТРАВСТОЙ**

*Научный руководитель – Дуброва Ю. Н., канд. с.-х. наук, доцент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

По данным многих исследователей, понижение влажности почвы до 35 % от максимальной влагоемкости почвы снижает азотфиксирующую способность клевера до 55,8...91,2 %. Известно, что оптимальная влажность почвы, при которой образуются клубеньки, находится в пределах 60–70 % от наименьшей влагоемкости. Орошение позволяет обеспечить благоприятные условия для роста многолетних трав и со-

здает оптимальные условия для развития клубеньковых бактерий, участвующих в биологической фиксации атмосферного азота.

Согласно исследованиям А. А. Шелюто и А. А. Киселева прибавки урожайности сухого вещества от орошения в среднем за три года составили в варианте с предполивной влажностью 75 % НВ 9,8–29,4 ц/га. Только за счет оптимизации влагообеспеченности было получено от 19,1 до 38,7 % прибавки урожая. Внесение фосфорно-калийных удобрений в дозе P90K135, а также совместное применение макроудобрений с комплексным микроудобрением и регулятором роста обеспечивали достоверные прибавки урожайности. При этом отдача от удобрений в условиях орошения увеличивалась в сравнении с естественным увлажнением [1].

Так, за счет внесения P<sub>90</sub>K<sub>135</sub> при естественном увлажнении было получено 18,5–19,9 ц/га сухого вещества в зависимости от способа использования, а в условиях орошения – 27,1–31,3 ц/га, т. е. больше на 8,6–11,4 ц/га (46,5–57,3 %).

По результатам исследования В. В. Желязко и А. С. Кукреша использование орошения в сочетании с бактериальными препаратами оказывает положительное воздействие на накопление травосмесью биологического азота. Наибольшее накопление при обработке семян бобовых трав сапронитом и орошение. В среднем за несколько лет исследований применение орошения на фоне минеральных удобрений позволило увеличить урожайность травосмеси в сумме за два скашивания на 1,26 т/га, а использование стартовой дозы азота как добавки к фону минерального питания P<sub>60</sub>K<sub>110</sub> – соответственно на 2,84 т/га [2].

При исследованиях В. И. Желязко и В. М. Лукашевича орошение кормовой злаковой культуры японского проса является достаточно эффективным, так как при 3-укосном использовании среднесезонная прибавка урожайности от орошения при дозе внесения удобрений N<sub>90</sub>P<sub>110</sub>K<sub>150</sub> составила в полевом опыте 3,6 т/га (42 %). При орошении повышалось содержание сырого протеина в сухой массе японского проса. Так, без орошения величина этого показателя составила 10,8–13,1 %, а при орошении увеличилась до 14,5–15,0 %, что соответствует оптимальной величине для кормовой культуры [3].

Согласно исследованиям Т. Н. Дроновой, Н. И. Бурцевой, С. Ю. Нежежиным было сделано заключение: максимальный в опыте сбор зеленой массы на уровне 70–90 т/га отмечен в вариантах с проведением поливов при влажности почвы 70 и 80 % НВ и внесении за вегетацию N<sub>185–240</sub> при беззудном посеве 4-компонентной смеси из люцерны, клевера, ежи и овсяницы. Формирование минимальной запланированной урожайности 30 т/га зеленой массы на фоне естественного

плодородия почвы в посевах 4-компонентной смеси из люцерны, клевера, ежи и овсяницы при черезрядном индивидуальном размещении семян трав обеспечивается поддержанием предполивной влажности почвы не ниже 60 % НВ [4].

При исследованиях Т. В. Дроновой М. И. Карпова была отмечена прямая зависимость продуктивности клевера от режимов орошения и расчетных доз удобрений. Так, в вариантах с поддержанием жесткого режима орошения 60–65 % НВ без применения удобрений урожайность клевера по сортам изменялась от 25,5 до 32,3 т/га зеленой массы. Увеличение предполивного порога до 70–75 % НВ повышало продуктивность до 30,5–38,2, а до 80–85 % – до 36,6–41,5 т/га. Так же было отмечено, что возрастание производственных затрат при повышении предполивного порога влажности с 60–65 до 70–75 и 80–85 % НВ окупается полученной прибавкой урожая. Но внесение доз удобрений, рассчитанных на получение 60–80 т/га зеленой массы на режиме 60–65 % НВ неэффективно, рентабельность производства зеленой массы в этих вариантах составила 18,2–30,0, 70–75 % – 64,3–80,0, а 80–85 % НВ – 84,3–129,8 % [5].

В ходе исследования Д. А. Дрозда, Получение высоких урожаев сухого вещества клевера лугового возможно с помощью орошения. Наиболее благоприятные условия для возделывания изучаемых сортов клевера лугового создаются на фоне 70 % от наименьшей влагоемкости, что делает данный фон приоритетным при разработке конвейера. Наблюдения за травостоем в 2017 г. позволили сделать вывод о том, что поддержание влагозапасов в пределах 70–100 % от наименьшей влагоемкости, позволяет возделывать травостой с наивысшей степенью облиственности [6].

Таким образом, можно сделать вывод, что орошение бобово-злаковых травостоев является эффективным способом повышения урожайности, в дополнении с использованием микро- и макроудобрений.

Повышение урожайности бобово-злаковых травостоев происходит на 30–40 % при поддержании влагозапасов в пределах 70–100 % от наименьшей влагоемкости. При этом увеличилась отдача от удобрений в условиях орошения в сравнении с естественным увлажнением. Затраты на орошение окупаются урожайностью данного травостоя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кукреш, А. С. Эффективность орошения и использования бактериальных препаратов при возделывании бобово-злаковой травосмеси / В. И. Желязко, А. С. Кукреш // Мелиорация и рекультивация, экология. – 2008. – № 5. – С. 34–37.

2. Шелюто, А. А. Создание и рациональное использование орошаемых травостоев интенсивного типа: рекомендации / А. А. Шелюто, А. А. Киселев. – Горки, 2012. – 27 с.
3. Национальный Интернет-портал [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021. – Режим доступа: <https://niimel.by/meliioratsiya-2021-2-96/>. – Дата доступа: 21.05.2022.
4. Дронова, Т. Н. Инновационная технология возделывания поливидовых посевов многолетних трав на орошаемых землях / Т. Н. Дронова // Сельское хозяйство, лесное хозяйство, рыбное хозяйство. – 2014. – № 8. – С. 33–34.
5. Дронова, Т. Н. Основные элементы технологии возделывания клевера на орошаемых землях волгоградского Заволжья / Т. В. Дронова // Сельское хозяйство, лесное хозяйство, рыбное хозяйство. – 2017. – № 2. – С. 2–5.
6. Дрозд, Д. А. Влияние орошения на урожайность и формирование листового аппарата клевера лугового в системе сырьевого конвейера / Д. А. Дрозд // Вестник БГСХА. – 2018. – № 2. – С. 102–105.

УДК 631.31/.37:631.461.3:631.82

**Мальцев К. Ю.**, студент 3-го курса

## **СИМБИОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ В СОСТАВЕ ТРАВΟΣМЕСИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОРОШЕНИЯ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

*Научный руководитель – Кукреш А. С., канд. с-х. наук, доцент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», Горки, Республика Беларусь

Оптимизация кормопроизводства с учетом обеспеченности полноценными кормами животных и наличия материальных ресурсов на современном этапе является весьма актуальной задачей. Решение ее связано с проблемами биологизации земледелия, сохранением плодородия почвы и охраны окружающей среды. В этой связи важное значение приобретает планирование и организация адаптивного кормопроизводства путем подбора культур и совершенствования технологий их возделывания на основе использования бактериальных препаратов минеральных удобрений и орошения кормовых угодий [1, 2].

В сложившихся условиях важным показателем успешного функционирования симбиотического аппарата является наличие достатка питательных элементов в почве, влаги, а также ее микробиологическая активность. Особо важным фактором при этом является содержание усвояемого азота, подвижного фосфора. В Республике Беларусь проведен ряд опытов по изучению использования данного типа препаратов на различных сельскохозяйственных культурах. Исследования показывают высокую эффективность этих препаратов на таких культурах, как горох посевной, люпин узколистный, соя, галега восточная,

однако исследований по изучению эффективности применения на сенокосных травостоях бактериальных препаратов не проводилось.

**Методика и материалы исследований.** Для решения этих задач в 2021–2022 гг. на опытном поле «Тушково» УО БГСХА были проведены исследования по выявлению эффективности совместного применения diaзотрофных и фосфатмобилизующих препаратов и минеральных удобрений при возделывании бобово-злаковой травосмеси, включающей: клевер луговой Долголетний, клевер ползучий Волат, тимофеевка луговая Волна, кострец безостый Моршанский 760.

Схема опыта включала следующие блоки: контроль без орошения + P<sub>60</sub>K<sub>110</sub>, орошение + P<sub>60</sub>K<sub>110</sub> и орошение + P<sub>60</sub>K<sub>110</sub> + N<sub>40</sub>. Блоки включали по четыре варианта: контроль (без инокуляции), инокуляция бобовых компонентов травосмеси сапронитом и совместная инокуляция бобовых и злаковых компонентов сапронитом и фитостимифосом.

**Динамика формирования клубеньков на корнях клевера лугового и ползучего (шт/1 растение)**

Вариант	2021 г.		2022 г.	
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос
<b>Контроль без орошения фон P<sub>60</sub>K<sub>110</sub></b>				
<b>Клевер луговой</b>				
Без инокуляции	70	80	63	61
Сапронит	78	83	70	84
Сапронит + фитостимифос	78	81	69	75
<b>Клевер ползучий</b>				
Без инокуляции	47	47	43	32
Сапронит	51	48	46	44
Сапронит + фитостимифос	50	47	45	43
<b>Орошение фон P<sub>60</sub>K<sub>110</sub></b>				
<b>Клевер луговой</b>				
Без инокуляции	81	85	72	69
Сапронит	86	90	76	92
Сапронит + фитостимифос	85	88	74	98
<b>Клевер ползучий</b>				
Без инокуляции	53	49	48	45
Сапронит	55	52	49	57
Сапронит + фитостимифос	54	52	49	56
<b>Орошение + P<sub>60</sub>K<sub>110</sub> + N<sub>40</sub></b>				
<b>Клевер луговой</b>				
Без инокуляции	91	100	78	75
Сапронит	102	105	83	77
Сапронит + фитостимифос	99	102	81	81
<b>Клевер ползучий</b>				
Без инокуляции	58	55	51	43
Сапронит	60	58	53	56
Сапронит + фитостимифос	60	57	52	57

Исследования показали, что орошение многолетних бобово-злаковых травосмесей оказало положительное действие на динамику накопления клубеньков на корнях клевера лугового и клевера ползучего. Так, при использовании орошения и применения минеральных удобрений в дозе  $P_{60}K_{110}$  содержание клубеньков на корнях клевера лугового в 2021 г. в варианте без инокуляции повысилось до 81 шт/растение, в варианте с инокуляцией семян бобовых сапронитом соответственно до 86 шт/растение. На клевере ползучем были получены аналогичные значения. Количество клубеньков при использовании препаратов сапронит и фитостимифос было достоверно выше, однако не превышало вариант с использованием препарата сапронит в отдельности.

Использование стартовой дозы азотных удобрений на фоне с орошением привело к существенному повышению содержания клубеньков, количество которых достигало на варианте с инокуляцией семян бобовых трав сапронитом в 2021 г. 102–105 шт/растение.

В 2022 г. тенденция действия изучаемых факторов опыта не изменилась, однако со старением травостоя их количество по сравнению с прошедшим годом существенно снизилось.

Таким образом, данные опытов показывают, что использование орошения дождеванием и применение минеральных удобрений привело к активизации симбиотических процессов, что выразилось в увеличении количества клубеньков на корнях растений бобовых до 102–105 шт/растение. При этом клубеньки имели правильную форму и розоватый цвет, это указывает, что обеспечение и поддержание в почве оптимальной влажности на протяжении вегетационного периода способствует накоплению в клубеньках легеммоглобина, а, следовательно, усиливает процесс фиксации клубеньковыми бактериями атмосферного азота. Это в свою очередь создает предпосылки для снижения доз азотных удобрений при возделывании многолетних бобовых и бобово-злаковых трав или отказа от их применения, что снижает экологическую нагрузку на экосистему и экономит финансовые средства на закупку, подготовку и внесение дорогостоящих удобрений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов, А. А. Продвижение эспарцета в засушливые и степные районы и роль клубеньковых бактерий / А. А. Корнилов, В. Г. Вергелецкая // Микробиология. – 1952. – Вып. 4. – Т. 20. – С. 423–428.
2. Мишустин, Е. Н. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс / Е. Н. Мишустин, В. К. Шильникова. – М.: Наука, 1973. – 288 с.

УДК 631.45:631.847.21:633.2/.3"550.3":631.6

**Мальцев К. Ю.**, студент 3-го курса

**Рустемов Ф. Ш.**, магистрант

## **ПРИМЕНЕНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ – ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛУГОВЫХ УГОДИЙ**

*Научный руководитель – Кукреш А. С., канд. с.-х. наук, доцент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Оптимизация кормопроизводства с учетом обеспеченности полноценными кормами животных и наличия материальных ресурсов на современном этапе является весьма актуальной задачей. Решение ее связано с проблемами биологизации земледелия, сохранением плодородия почвы и охраны окружающей среды. В этой связи важное значение приобретает планирование и организация адаптивного кормопроизводства путем подбора культур и совершенствования технологий их возделывания на основе использования бактериальных препаратов минеральных удобрений и орошения кормовых угодий [1, 2, 3, 4].

В сложившихся условиях важным показателем успешного функционирования симбиотического аппарата является наличие достатка питательных элементов в почве, влаги, а также ее микробиологическая активность. Особо важным фактором при этом является содержание усвояемого азота, подвижного фосфора. В Республике Беларусь проведен ряд опытов по изучению использования данного типа препаратов на различных сельскохозяйственных культурах. Исследования показывают высокую эффективность этих препаратов на таких культурах, как горох посевной, люпин узколистный, соя, галега восточная, однако исследований по изучению эффективности применения на сенокошных травостоях бактериальных препаратов не проводилось.

**Методика и материалы исследований.** Для решения этих задач в 2018–2020 гг. на опытном поле «Тушково» УО БГСХА были проведены исследования по выявлению эффективности совместного применения диазотрофных и фосфатмобилизующих препаратов и минеральных удобрений при возделывании бобово-злаковой травосмеси, включающей: клевер луговой Долголетний, клевер ползучий Волат, тимофеевка луговая Волна, кострец безостый Моршанский 760.

Схема опыта включала следующие блоки: Контроль (без удобрений),  $P_{60}K_{110}$ , и  $P_{60}K_{110} + N_{40}$ . Блоки включали по четыре варианта: контроль (без инокуляции), инокуляция бобовых компонентов травосмеси

сапронитом, инокуляция злаковых компонентов азобактерином, совместная инокуляция бобовых и злаковых компонентов сапронитом и фитостимифосом.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Результаты исследований показали, что использование бактериальных препаратов для обработки семян многолетних трав на фоне минеральных удобрений способствовало повышению урожайности травостоя (таблица). В среднем за годы исследований использование минеральных удобрений способствовало увеличению урожайности травосмеси в сумме за 2 укоса на 1,26 т/га, а использование стартовой дозы азота вдобавок к фону минерального питания  $P_{60}K_{110}$  соответственно на 2,84 т/га. Из изучаемых бактериальных препаратов наиболее эффективным было использование для обработки семян бобовых компонентов травосмеси симбиотического препарата сапронит. Применение данного препарата способствовало повышению урожайности бобово-злаковой травосмеси на контроле без удобрений на 0,85;  $P_{60}K_{110}$  – 1,09 и  $N_{40}P_{60}K_{110}$  + орошение – на 1,24 т/га по сравнению с соответствующими вариантами без инокуляции.

**Эффективность использования бактериальных препаратов при возделывании бобово-злаковой травосмеси**

Варианты	Урожайность т/га с. в.	Сбор к. ед., т/га	Сбор переваримого протеина, кг/га
<b>Контроль (удобрений)</b>			
Без инокуляции	6,91	5,0	565,8
Сапронит	7,76	5,68	703,1
Азобактерин	7,15	5,19	601,7
Сапронит + фитостимифос	7,41	5,40	639,9
<b><math>P_{60}K_{110}</math></b>			
Без инокуляции	8,17	5,97	712,0
Сапронит	9,26	6,83	896,7
Азобактерин	8,63	6,32	778,1
Сапронит + фитостимифос	8,91	6,55	831,8
<b><math>P_{60}K_{110} + N_{40}</math></b>			
Без инокуляции	9,75	7,17	869,8
Сапронит	10,99	8,15	1095,6
Азобактерин	10,40	7,67	964,7
Сапронит + фитостимифос	10,65	7,90	1026,6
НСР <sub>05</sub> (А)		0,14–0,46	
НСР <sub>05</sub> (В)		0,16–0,33	

Использование бактериальных препаратов помимо положительного влияния на урожайность способствовало увеличению продуктивности травостоев (таблица). Так, наибольший эффект был получен при сочетании применения минеральных удобрений в дозе  $P_{60}K_{110}$  с использованием стартовой дозы азота  $N_{40}$  и инокуляции семян бобовых сапронитом. При этом увеличение сбора переваримого протеина составило 529,8 кг/га, сбора кормовых единиц – 3,15 т/га, обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином – 20,6 г по сравнению с вариантом без инокуляции на удобренном блоке.

Расчет экономической эффективности применения бактериальных препаратов (таблица) показал, что наиболее высокие ее показатели отмечены в варианте с сочетанием использования на фоне  $P_{60}K_{110}$  стартовой дозой азота  $N_{40}$  и инокуляции семян бобовых компонентов травосмеси сапронитом. Это выразилось в снижении затрат совокупной энергии на производство 1 кг сырого протеина и кормовой единицы, себестоимости единицы продукции и повышения коэффициента энергетической эффективности, а также рентабельности производства. Так, при сочетании инокуляции бобовых компонентов сапронитом с минеральными удобрениями в дозе  $P_{60}K_{110} + N_{40}$ , затраты совокупной энергии на производство килограмма сырого протеина по сравнению с вариантом без инокуляции на блоке без удобрений уменьшились на 6,6 МДж, затраты на одну кормовую единицу на 0,6 МДж, а коэффициент энергетической эффективности повысился на 0,3 ед. Сочетание орошения на фоне с использованием стартовой дозы азота  $N_{40}$  и инокуляции бобовых компонентов сапронитом позволило снизить себестоимость 1 ц сена на 0,570 тыс. руб., повысить рентабельность производства до 147,6 %.

**Выводы.** Таким образом, наиболее перспективным приемом повышения продуктивности и эффективности возделывания бобово-злаковых травосмесей является использование бактериального препарата сапронит на фоне с внесением стартовой дозы азота  $N_{40}$ . Это позволит улучшить условия произрастания многолетних трав и развития полезной микрофлоры, получать высокие урожаи многолетних трав высокого качества, а также сократить дозы применения азотных удобрений. Последнее, в современной экологической ситуации носит важный характер.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов, А. А. Продвижение эспарцета в засушливые и степные районы и роль клубеньковых бактерий / А. А. Корнилов, В. Г. Вергелецкая // Микробиология. – 1952. – Вып. 4. – Т. 20. – С. 423–428.

2. Мишустин, Е. Н. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс / Е. Н. Мишустин, В. К. Шильникова – М.: Наука, 1973. – 288 с.
3. Bushby, H. V. A. Water status of rhizobia in relation to their susceptibility in desiccation and to their protection by montmorillonite / H. V. A. Bushby, K. C. Marschall // Microbiology. – 1977. – Vol. 99. – Issue 1. – P. 19–27. Doi.org/10.1099/00221287-99-1-19.
4. Агафонова, Е. В. Применение ризоторфина на горохе / Е. В. Агафонова, М. Ю. Стукалов, Л. Н. Агафонова // Земледелие. – 2002. – № 5. – С. 28.
5. Ганичева, В. В. Влияние луговых трав на агрохимические свойства почвы / В. В. Ганичева // Кормопроизводство. – 2002. – № 9. – С. 19–21.

УДК 628.88

**Мамруков С. В.**, студент 1-го курса

## **РЕГУЛИРОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА СООРУЖЕНИЙ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА**

*Научный руководитель – Цвыр А. В., ст. преподаватель*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Применение сооружений закрытого грунта в климатических условиях Республики Беларусь, позволяет значительно увеличить вегетационный период. Однако традиционные теплицы, используемые в хозяйствах, имеют некоторые недостатки:

- низкая проникающая способность для лучей, падающих на покрытие теплицы под острыми углами в утренние и вечерние часы, что ведет к недостатку тепла для развития растений;
- резкое понижение температуры внутри сооружения в ночные часы, особенно во время заморозков;
- резкое повышение температуры воздуха в теплице в период максимальной солнечной активности;
- потери влаги, а так же углекислого газа и азота через форточки и двери при проветривании. Устранить данные недостатки можно путем применения систем регулирования теплового режима в сооружениях закрытого грунта.

Основой классических систем регулирования теплового режима в теплицах являются различного вида обогреватели. В воздушных системах отопления используют различные воздушонагреватели или теплогенераторы, осуществляющие нагрев воздуха сооружения. В качестве первичного вида энергии в таких устройствах используют разные виды:

- тепловую энергию (в виде пара или горячей воды);

– химическую энергию (преобразуемую в тепловую при сгорании жидкого или газообразного топлива);

– электрическую энергию.

Воздухонагреватели состоят из узла преобразования энергии и вентилятора. Вентилятор ускоряет процесс теплообмена между узлом преобразования энергии и воздухом теплицы.

При осуществлении водяного отопления, вода, являясь теплоносителем, переносит тепло от узла преобразования энергии к отопительным приборам, которые в свою очередь прогревают воздух и почву теплицы.

Многолетний опыт использования систем водяного и воздушного отопления сооружений закрытого грунта показывает их невысокую экономическую рентабельность. Это связано с ограниченным сроком службы при эксплуатации их в условиях повышенной влажности. Кроме того, сложно осуществить необходимую циркуляцию воздуха для равномерного прогрева теплицы.

Также для подогрева применяют твердотопливные генераторы длительного горения. Экономия применения печей или котлов длительного горения заключается в использовании более дешевого топлива.

Принцип действия печного отопления заключается в следующем: горячие газы проходят по дымоходу, в результате в его стенках аккумулируется тепловая энергия, которая затем нагревает воздух в теплице. Существуют и более сложные системы сжигания твердого топлива, такие как котлы с автоматическим регулятором температуры (для обеспечения безопасной работы системы отопления). Но такие котлы имеют более высокую цену, и нуждаются в особых условиях монтажа и эксплуатации.

Для обогрева теплиц, в последнее время, применяются радиационные обогреватели. Использование излучающих обогревателей или инфракрасных (ИК) – панелей для обогрева теплиц приобрело широкую популярность. При помощи особого принципа обогрева, ИК обогреватели потолочные прогревают сначала землю (почву), а уже потом окружающий воздух, с помощью длинноволновых тепловых лучей.

Перечисленные выше способы создания необходимого теплового режима в теплице требуют дополнительных расходов ресурсов. Повысить эффективность сооружений закрытого грунта, можно применяя в системах тепловых аккумуляторов, позволяющих накапливать излишки солнечного тепла и затем, в холодное время суток, «отдавать» его воздуху теплицы. Количество теплоты накопленной таким аккумулятором зависит от вида теплоаккумулирующего материала.

На практике находят применение тепловые аккумуляторы с водой в качестве теплоаккумулирующего вещества. Однако использование так их аккумуляторов сопряжено с некоторыми трудностями. Во-первых, емкости для воды имеют значительные объемы и габариты, что исключает из пользования полезную площадь теплицы; во-вторых, происходит постоянное изменение параметров аккумулятора во время отбора теплоты (снижается температура теплоаккумулирующего материала).

Уменьшить габариты аккумулятора и улучшить его теплофизические показатели можно применяя в качестве теплоаккумулирующего материала (ТАМ) вещества, накапливающие тепло при смене их фазового состояния. Для наших климатических условий целесообразно использовать низкотемпературный теплоаккумулирующий материал, например, мирабилит (гауберова соль), который осуществляет фазовый переход (вещество плавится) при температуре 32,4 °С. При такой температуре происходит аккумулярование тепловой энергии в размере 251 кДж/кг теплоаккумулирующего материала. Для сравнения, вода, при данной температуре, накапливает 4,2 кДж/кг, что почти в 60 раз меньше чем мирабилит, что позволяет уменьшить массу и габариты аккумулятора. Отбор тепла от теплового аккумулятора фазового перехода осуществляется при постоянной температуре, равной температуре плавления, что положительно сказывается на теплофизических характеристиках устройства. В качестве теплоаккумулирующего вещества можно использовать и другие вещества. Например, хлорид кальция имеет температуру плавления 29 °С и удельную теплоту плавления 175,85 кДж/кг.

Из приведенных данных видно, что применение в качестве накопителей тепла аккумуляторов фазового перехода, позволяет повысить эффективность сооружений закрытого грунта в климатических условиях Республики Беларусь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Левенберг, В. Д. Аккумуляция тепла / Д. В. Левенберг, М. Р. Ткач, А. В. Гольстрем. – Киев: Техника, 1991. – 112 с.
2. Шишко, Г. Г. Отопление и вентиляция теплиц / Г. Г. Шишко, В. А. Потапов, Л. Л. Злобин. – Киев: Будівельник, 1984. – 112 с.
3. Сотникова, О. А. Аккумуляторы теплоты теплогенерирующих установок систем теплоснабжения / О. А. Сотникова, В. С. Турбин, В. А. Григорьев // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, 2004. – Вып. 1–2. – С. 82–86.

УДК 33:631(476)

**Мельников И. Н.**, студент 3-го курса

## **СОВРЕМЕННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ НА АГРОЛАНДШАФТАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Научный руководитель – Ткачева Т. Н., ст. преподаватель*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Экологическая ситуация на территории Беларуси в последние годы оставалась относительно благополучной. Высокие темпы экономического роста не сопровождалась усилением воздействия на окружающую среду. В структуре земельного фонда продолжились благоприятные в экологическом отношении изменения, связанные со снижением доли пахотных и увеличением доли лесных земель. Общая площадь, занятая природными экосистемами (лесными, луговыми, болотными и водными), в два раза превысила таковую, занятую угодьями, преобразованными хозяйственной деятельностью (пашней, застроенными и нарушенными землями). Данное соотношение естественных и измененных хозяйственной деятельностью природных комплексов способствует сохранению экологического равновесия, а также ландшафтного и биологического разнообразия. Вместе с тем продолжали действовать факторы, вызывающие проблемные ситуации, связанные с загрязнением окружающей среды и деградацией природно-ресурсного потенциала. Они обусловлены, во-первых, функционированием национальной экономики и, в первую очередь, производственного комплекса, во-вторых, трансграничным переносом загрязняющих веществ, в-третьих, наличием на территории страны унаследованных проблем, не решенных в прошлом.

Не менее важной и значимой для республики является проблема качества и использования водных ресурсов. В последние годы сложилась тенденция к уменьшению сброса недостаточно очищенных сточных вод в водные объекты, снижению использования воды на производственные нужды, сельскохозяйственное водоснабжение, увеличению объемов воды в системах оборотного и повторно-последовательного водоснабжения.

Дальнейший рост населения и промышленного производства неизбежно приводит к увеличению опасности загрязнения. Основными загрязняющими веществами, содержание которых в атмосфере регламентируется стандартами, являются: диоксид серы, оксиды азота, ок-

сид углерода, газообразные углеводороды, а также сероводород, сероуглерод, аммиак, различные галогеносодержащие газы. Загрязнения окружающей среды подразделяют на природные, вызванные какими-то естественными, обычно катастрофическими причинами, и антропогенные, возникающие в результате деятельности людей.

Последствия загрязнения далеко не всегда ощущаются сразу. Скачкообразным проявлением загрязнения нередко предшествуют скрытые. Именно поэтому в настоящее время ученые интенсивно ищут способы своевременной косвенной индикации загрязнения в самые начальные его моменты [1].

Основные источники загрязнения окружающей среды городов Республики Беларусь: промышленные предприятия; автомобильный транспорт; энергетика.

Исходя из масштабов распространения и величины вызываемых негативных последствий, на территории Беларуси выделяется совокупность экологических проблем, связанных с загрязнением окружающей природной среды, истощением природно-ресурсного потенциала, угрозой снижения биологического разнообразия, риском возникновения техногенных аварий на экологически опасных объектах, повторением экстремальных природных явлений.

Проблемы, связанные с загрязнением окружающей природной среды, включают в себя радиоактивное загрязнение территории и антропогенное. Последнее включает в себя: загрязнение атмосферного воздуха городов, подземных и поверхностных вод, накопление отходов, особенно токсичных [2].

*Радиоактивное загрязнение территории.* Зона распространения охватывает 20,1 % от общей площади страны. В ее пределах проживает 1463 тыс. чел., что составляет примерно седьмую часть населения Беларуси. С течением времени, в силу естественного распада радиоактивных элементов, зона радиоактивного загрязнения уменьшается.

*Загрязнение атмосферного воздуха городов.* Повышенные уровни загрязнения ежегодно отмечались в половине наблюдаемых городов. Превышения допустимых величин различных загрязняющих веществ по максимальным разовым концентрациям доходили по отдельным элементам до 2–3 и более раз.

*Загрязнение подземных вод.* По различным данным, более половины колодцев отличаются повышенным химическими треть – микробиологическим загрязнением. Проблему для питьевого водоснабжения в Беларуси создает также обусловленное природными факторами по-

вышенное содержание в подземных водах железа. Оно фиксируется более чем в 70 % артезианских скважин на территории страны.

В последние 5 лет около 60 % поверхностных вод Беларуси относятся к категории относительно чистых. По отдельным загрязняющим веществам (азот аммонийный и нитритный, железо общее, медь, марганец, фенолы) превышения ПДК фиксировались во всех наблюдаемых водоемах.

*Загрязнение почв.* В городах общая площадь загрязнения почв тяжелыми металлами и нефтепродуктами достигает четверти и более городской территории. Линейно вытянутые полосы загрязнения формируются также вдоль дорог, локализованные участки есть в зонах влияния различных источников выбросов загрязняющих веществ (промышленные предприятия, свалки) [3].

*Накопление отходов.* Складирование отходов на полигонах при отсутствии на большинстве из них необходимой экологической инфраструктуры вызывает локальное загрязнение вод и почв.

Изменение природных комплексов обусловлено спрямлением русел рек, уничтожением на больших площадях естественной растительности, снижением уровня грунтовых вод. Эрозия почв охватывает примерно десятую часть пахотных земель. Преобладает плоскостной смыл, который наблюдается почти на 80 % эродированных угодий. Разрушение торфяных почв связано преимущественно с ускоренной минерализацией торфа, которая происходит при использовании этих почв под пашню.

Риск возникновения техногенных аварий существует в связи с функционированием крупных производственных объектов. Угрозу для населения представляют также находящиеся в соседних странах атомные электростанции – Чернобыльская, Ровенская, Игналинская, Смоленская.

Экстремальные природные явления обусловлены, главным образом, климатическими и биологическими факторами. С первыми из них связаны такие явления как наводнения, град, молнии; снегопады, ураганы, заморозки в вегетационный период; лесные и торфяные пожары; засухи. Со вторыми – эпидемии и эпизоотии. Для экстремальных природных явлений характерна высокая вариабельность. Число случаев их проявления изменяется в различные годы в несколько раз [4].

Таким образом, можно сказать, что загрязнение среды – сложный многообразный процесс, а источники его весьма разнообразны: среди них не только промышленные предприятия и теплоэнергетический

комплекс, но и бытовые отходы, отходы животноводства, транспорта, а также химические вещества, намеренно вводимые человеком в экосистемы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Комарова, Л. Г. Геоэкология и природопользование / Н. Г. Комарова. – Минск: Академия, 2000. – 192 с.
2. Ясовеев, М. Г. Геоэкологические исследования в условиях техногенеза / М. Г. Ясовеев. – Минск: Беларусь, 2001. – 120 с.
3. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2009 г. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Минсктиппроект, 2010. – 196 с.
4. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2001 г. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Минсктиппроект, 2002. – 193 с.

УДК 539.16 (476)

**Мельников И. Н.**, студент 3-го курса

### **РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯНЕНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Научный руководитель – Ткачева Т. Н., ст. преподаватель*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Радиоактивное загрязнение природной среды является наиболее серьезной экологической и социально-экономической проблемой страны.

Радиоактивное загрязнение территории является наиболее обширным по занимаемой площади видом загрязнения в Беларуси. Более  $\frac{2}{3}$  от общей площади радиоактивного загрязнения занимают территории с уровнем загрязнения цезием-137 до 5 Ки/км<sup>2</sup>, 21,9 % – от 5 до 15 Ки/км<sup>2</sup>, 7,3 % – от 15 до 40 Ки/км<sup>2</sup>, 1,4 % – свыше 40 Ки/км<sup>2</sup>.

Среди видов земель в большей степени подвержены радиоактивному загрязнению лесные земли – 19,1 %. Доля загрязненных цезием-137 сельскохозяйственных земель несколько ниже – 12,9 %.

Организованный в Беларуси после аварии на Чернобыльской АЭС радиационный мониторинг природной среды позволяет регулярно проводить оценку радиационной обстановки на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, и прогнозировать изменение радиационно-экологического состояния природной среды в будущем с целью разработки рекомендаций по принятию управленческих решений.

Основными показателями для оценки радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха являются мощность дозы гамма-излучения и суммарная бета-активность естественных атмосферных выпадений. В настоящее время на территории страны функционирует 55 дозиметрических постов, на которых ежедневно измеряются уровни мощности дозы, на 27 постах контролируются радиоактивные выпадения из приземного слоя атмосферы. На 21 дозиметрическом посту пробы для определения суммарной бета-активности отбираются ежедневно, 6 постов работают в дежурном режиме.

В семи городах – Браславе, Гомеле, Минске, Могилеве, Мозыре, Мстиславле и Пинске – производится отбор проб радиоактивных аэрозолей в приземном слое атмосферы с использованием фильтровентиляционных установок [1].

Радиационная обстановка на территории страны остается стабильной. Уровни мощности дозы, превышающие доаварийные значения, регистрируются в городах, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения – Брагине, Наровле, Славгороде, Хойниках, Чечерске.

Наибольшие среднемесячные уровни суммарной бета-активности регистрируются в городах Могилевской и Гомельской областей (Могилеве, Наровле, Славгороде и Костюковичах).

Основными показателями для оценки радиоактивного загрязнения поверхностных вод являются концентрация цезия-137 и стронция-90. Мониторинг радиоактивного загрязнения поверхностных вод проводится в Беларуси с 1987 г., что позволяет оценить перенос радиоактивных веществ через трансграничные створы рек, протекающих по территории Беларуси, России и Украины.

В 2005–2009 гг. мониторинг проводился на шести реках Беларуси, протекающих по территориям, загрязненным в результате аварии на Чернобыльской АЭС: Днепре (г. Речица), Припяти (г. Мозырь), Соже (г. Гомель), Ипути (г. Добруш), Беседи (д. Светиловичи), Нижней Брагинке (д. Гдень) и на оз. Дрисвяты (д. Дрисвяты).

Анализ радиоактивного загрязнения рек показал, что радиационная обстановка на контролируемых водных объектах остается стабильной. За счет процессов водного переноса, седиментации взвесей на дне водоемов и естественного распада концентрации цезия-137 и стронция-90 в воде больших и средних рек значительно уменьшились. Однако для большинства контролируемых рек их активность выше доаварийных уровней [2].

Оценка переноса радиоактивного загрязнения через трансграничные створы проводится на реках Припяти, Ипути и Беседи. Начиная

с 1991 г., наблюдается четкая тенденция к уменьшению выноса цезия-137 через створы рек Беларуси, протекающих по территории России и Беларуси. Основными факторами снижения содержания цезия-137 в воде рек является уменьшение количества его обменных форм в почвах водосборов, а также естественный распад.

Основным показателем для оценки радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных почв является плотность загрязнения земель цезием-137 и стронцием-90. Проблема снижения дозовых нагрузок на население была наиболее острой в течение первых десяти лет после аварии, но остается актуальной и в настоящее время.

Основным критерием эффективности защитных мер является уменьшение поступления радионуклидов из почвы в пищевую цепочку и получение продукции с содержанием радионуклидов в пределах допустимых уровней, которые периодически пересматриваются. За послеаварийный период в Беларуси переход цезия-137 из почвы в сельскохозяйственную продукцию снизился более чем на порядок. По экспертной оценке, около половины этого снижения обусловлено проведением контрмер, другая половина приходится на природные факторы распада и фиксации почвой радионуклидов цезия.

В настоящее время радиационная обстановка на сельскохозяйственных землях Беларуси значительно улучшилась. Произошел распад короткоживущих радионуклидов. Концентрация долгоживущих радионуклидов цезия-137 в почве уменьшилась примерно на 40 % только по причине естественного распада.

В обрабатываемой дерново-подзолистой супесчаной почве около 90 % валового запаса цезия-137 и 75 % стронция-90 находится в пахотном горизонте 0–25 см. Наибольший переход радионуклидов из почвы в растительность отмечается на песчаных и торфяных почвах в естественных условиях, наименьший – на окультуренных землях. Количество радионуклидов стронция-90 и цезия-137 расположено в корнеобитаемом слое и интенсивно включается в биологический круговорот [3].

Наряду с сохранением во всех экосистемах довольно высокого уровня долгоживущих радиоизотопов цезия-137, стронция-90, трансурановых элементов начался распад плутония-241 с образованием америция-241, что увеличивает опасность перехода радионуклидов в пищевые цепочки. Максимальное накопление этого элемента в почве ожидается, согласно расчетам специалистов, к 2050 г., и его активность почти в два раза будет превышать активность плутония-239 и

240. Таким образом, суммарная альфа-активность трансураниевых элементов к 2050 г. может увеличиться в два раза [4].

В республике разработаны Государственные программы по ликвидации и минимизации последствий катастрофы на ЧАЭС, ряд законов и постановлений правительства. Их реализация способствовала некоторому смягчению общей ситуации, в частности, нормализации радиационного фона атмосферного воздуха в большинстве населенных пунктов республики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2001 г. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Минсктиппроект, 2002. – 193 с.
2. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2011 г. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Минсктиппроект, 2012. – 193 с.
3. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 1999 г. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Минсктиппроект, 2000. – 172 с.
4. Комар, И.В. Рациональное использование природных ресурсов и ресурсные циклы / И. В. Комар. – Минск: Наука, 1975. – 212 с.

УДК 556. 5:551.44(476)

**Мельников И. Н.**, студент 3-го курса

### **ПРОБЛЕМЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Научный руководитель – Ткачева Т. Н., ст. преподаватель*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», Горки, Республика Беларусь

Главной причиной неудовлетворительного качества подземных вод, используемых для централизованного водоснабжения, выступает повышенное содержание в них железа и в меньшей степени марганца, обусловленное естественными факторами. Локальное загрязнение подземных вод азотом аммонийным и нитратами наблюдается там, где не в полной мере соблюдаются санитарные нормы (неудовлетворительное состояние зон санитарной охраны, застроенная городская территория, наличие промышленных предприятий и др.).

Антропогенному влиянию в наибольшей степени подвержены водные объекты в бассейнах рек Днепра, Припяти и Западного Буга. Приоритетными веществами, избыточные концентрации которых чаще других регистрировались в поверхностных водах, явились азот аммонийный и фосфор фосфатный, реже – азот нитритный. Повышенное

содержание в поверхностных водах металлов (железа, меди, марганца и цинка) связано, как правило, с природными факторами.

Беларусь располагает достаточными ресурсами возобновляемых пресных поверхностных и подземных вод для удовлетворения как текущих, так и ожидаемых в перспективе потребностей в воде. В среднем по водности год ресурсы речных вод в Республике Беларусь составляют 57,9 км<sup>3</sup>, а естественные ресурсы пресных подземных вод – 15,9 км<sup>3</sup>, в то время как отбор вод на бытовые и хозяйственные нужды не превышает 5–7 % от ежегодно возобновляемых водных ресурсов. Кроме того, более половины от объема забираемой воды после очистки повторно сбрасывается в водные объекты [1].

Наряду с количественными показателями, которые для нашей республики в целом достаточно благополучны, при оценке водных ресурсов необходимо учитывать и их качественные характеристики.

Подземные воды более чем в 70 % разведанных месторождений Республики Беларусь не отвечают санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к качеству природных вод, обладают высокой коррозионной активностью и поэтому без предварительной очистки и стабилизационной обработки не могут быть использованы для целей питьевого водоснабжения.

Отличительной особенностью водных ресурсов Республики Беларусь является их принадлежность к бассейнам Черного и Балтийского морей, обуславливающая тесные территориальные и хозяйственные связи с сопредельными странами (Россией, Украиной, Польшей, Литвой и Латвией), и необходимость выполнения определенных международных обязательств, поскольку до 80 % стока рек формируется на территории Беларуси [2].

Ухудшение качества подземных вод связано с обусловленными природными причинами высокими концентрациями железа и, в меньшей степени, – марганца. Для колодцев оно связано с нитратным загрязнением, вызванным хозяйственной деятельностью [3].

Выполненные в последние годы расчеты по оценке баланса качества поверхностных вод показали, что определяющее влияние на качество речных вод оказывают рассредоточенные (неточечные) источники загрязнения, обусловленные преимущественно сельскохозяйственной деятельностью (животноводческие стоки, смывы с не канализованных территорий и с сельскохозяйственных угодий избытков органических и минеральных удобрений и пестицидов, сухие и мокрые выпадения из атмосферы и др.).

В бассейнах большинства рек нашей республики объем загрязнений, поступивших в реки и водоемы, обусловленных действием неточечных источников (азот аммонийный, нитратный, фосфаты, органические вещества), превышает 50 % от их общего объема.

Существенное влияние на качество подземных и поверхностных вод в республике оказывают крупные животноводческие комплексы по выращиванию крупного рогатого скота и откорму свиней.

По своему воздействию на природные объекты неочищенные стоки животноводческих комплексов эквивалентны отходам высшей категории вредности, в составе которых преобладают органические вещества, аммонийный азот, фосфаты, тяжелые металлы, оказывающие негативное влияние на воду, ухудшающие ее гигиенические и санитарно-химические показатели.

На территориях, прилегающих к крупным комплексам, отмечается повреждение деревьев, закисление почв. Повышение кислотности почв увеличивает миграционную способность тяжелых металлов и способствует загрязнению ими подземных вод.

В производственном секторе потребление воды несколько выросло. Уменьшился и объем сточных вод, причем снижение коснулось и такой их категории, как загрязненные сточные воды. Соответственно сократилось и поступление в водные объекты загрязняющих веществ [4].

Качество поверхностных вод в целом улучшилось. В воде основных рек снизилась повторяемость концентраций загрязняющих веществ выше ПДК. Тем не менее, по данным, полученным на сети мониторинга поверхностных вод Департамента по гидрометеорологии, подобные превышения имели место. По различным веществам и разным рекам они изменялись в широком диапазоне.

Между бассейнами основных рек существуют различия по качеству вод. Исходя из этих различий, бассейны распределяются в следующей последовательности (в порядке ухудшения качества): бассейн Немана – Западной Двины – Припяти – Западного Буга – Днепра.

Наиболее чистыми являются реки Неман и Западная Двина. Качество вод этих рек и большинства их притоков не опускалось ниже такой квалификационной характеристики, как относительно чистые. Однако вода отдельных притоков по качеству относилась к умеренно загрязненной категории.

Принятие правительством Республики Беларусь в качестве программного документа модели устойчивого развития вызывает необхо-

димось решения проблем восстановления благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала страны для удовлетворения потребностей ее жителей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Романова, Э. П. Природные ресурсы мира: учеб. пособие / Э. П. Романова, Л. И. Куракова, Ю. Г. Ермаков. – М.: МГУ, 1993. – 304 с.
2. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2009 г. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Минсктиппроект, 2010. – 196 с.
3. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 1999 г. / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Минсктиппроект, 2000. – 172 с.
4. Челноков, А. А. Экологические проблемы Республики Беларусь и пути их решения / А. А. Челноков. – Минск: Высш. шк., 2000. – 247 с.

УДК 614.76(476)

**Мельников И. Н.**, студент 3-го курса  
**ДЕГРАДАЦИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Научный руководитель – Ткачева Т. Н., ст. преподаватель*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Одним из важнейших факторов, сдерживающих устойчивое землепользование и ухудшающих экологическое состояние почвенного покрова, являются процессы деградации земель. К деградационным процессам, связанным с хозяйственной деятельностью, относятся водная и ветровая эрозия, минерализация осушенных торфяных почв, трансформация земель в результате добычи полезных ископаемых и строительства, снижение плодородия сельскохозяйственных земель, радиоактивное и химическое загрязнение, выгорание осушенных торфяников и лесных земель.

Процессы деградации земель наносят значительный экономический, экологический и социальный вред, внося коррективы в земельную и природоохранную политику страны [1].

Проявление эрозионных процессов имеет региональный характер. В Белорусском Поозерье и Центральной Беларуси наиболее активно протекают водно-эрозионные процессы. В Белорусском Полесье заметное развитие получили процессы ветровой эрозии. Эрозионные процессы наиболее выражены на землях сельскохозяйственного использования, что обусловлено постоянной трансформацией верхнего горизонта почв в результате распашки земель [2].

По данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии», наибольшие площади сельскохозяйственных земель, подверженных эрозионным процессам, характерны для Минской и Витебской областей, наименьшие – для Гомельской и Брестской.

Наибольшие площади земель, подверженных водной эрозии, расположены в Витебской области и составляют 7 % от общей площади сельскохозяйственных земель области. В Могилевской, Минской и Гродненской областях водно-эрозионные процессы характерны соответственно для 6,2 %, 5,5 и 5,0 % сельхозугодий.

Минимальные площади сельскохозяйственных земель, подверженных водной эрозии, расположены в Брестской и Гомельской областях – 2 и 0,8 % соответственно. Площади земель, подверженных дефляции, незначительны и территориально приурочены преимущественно к Гродненской, Гомельской и Минской областям, где занимают соответственно 1,7 %, 1,6 и 1,1 % от общей площади сельскохозяйственных земель. В остальных областях доля таких земель не превышает 1 % сельхозугодий [3].

Установлено, что при современном характере использования эрозионно-опасных и эродированных земель со смываемой и выдуваемой почвой с одного гектара ежегодно выносятся в среднем до 10–15 т твердой фазы почвы, 150–180 кг гумусовых веществ, 10 кг азота, 5 кг фосфора и калия, 5 кг кальция и магния, что отрицательно сказывается на плодородии почв. При этом наблюдается значительное снижение урожаев возделываемых культур на эродированных разновидностях почв от 5 до 60 %.

В целях борьбы с эрозией необходимо осуществлять систему организационно-хозяйственных, технологических, агротехнических, лесо- и гидромелиоративных противоэрозионных мероприятий, выполнение которых будет способствовать сохранению и восстановлению эрозионно-опасных и эродированных земель.

Эрозия почв в Беларуси проявляется на 6,3 % сельскохозяйственных и на 8,7 % пахотных угодий. Преобладающим является водный вид эрозии. Данному виду подвержено 5,3 % сельскохозяйственных земель и 7,5 % пашни; ветровой эрозии – соответственно, 1,0 и 1,2 %.

Эрозия почвенного покрова наносит экономический и экологический ущерб. Она приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, а также заилению и загрязнению водоемов.

Наряду с развитыми эрозионными процессами, в Беларуси имеют место и такие негативные изменения почв сельскохозяйственных угодий, как снижение их плодородия из-за недостаточного внесения удобрений.

В связи с чем, наряду с развитием эрозионных процессов в Беларуси, проявляются и такие негативные изменения почв, как снижение их плодородия из-за недостаточного внесения удобрений. Подобные изменения отмечаются примерно в половине районов страны [4].

Согласно Национальному докладу Республики Беларусь об осуществлении Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием и деградацией земель одним из факторов деградации является химическое загрязнение земель. Имеющиеся к настоящему времени данные мониторинга земель и локального мониторинга, а также результаты эколого-геохимических исследований почв свидетельствуют о том, что химическое загрязнение характерно преимущественно для городов и прилегающих к ним территорий, придорожных полос автомобильных дорог, зон влияния участков складирования отходов, сельскохозяйственных угодий, промышленных площадок промышленных предприятий.

Из тяжелых металлов основными загрязняющими веществами выступают кадмий, цинк и свинец. Загрязнение почв кадмием характерно для 72 % обследованных городов, цинком – 77 %, свинцом – для 61 % городов. Превышение допустимого уровня кадмия в два раза и более отмечено в восьми городах, свинца – в девяти городах.

Медь в повышенных концентрациях встречалась на территории четырех городов. Загрязнение почв никелем и марганцем в обследованных городах не отмечалось. Единичные случаи загрязнения почв сульфатами, превышающее допустимый уровень, отмечены в 39 % городов. Превышение нормативов по нитратам характерно для почв только трех городов [5].

По результатам локального мониторинга земель выявлено, что приоритетными загрязняющими веществами в почвах на промышленных площадках предприятий машиностроения и металлообработки являются цинк и кадмий, в меньшей степени медь, никель, свинец и хром.

На промышленных площадках предприятий, специализирующихся на выпуске строительных материалов, почвы загрязнены мышьяком. Среднее содержание элемента в почвах отдельных промышленных площадок в несколько раз выше норматива.

Химическое загрязнение почв имеет место преимущественно в городах и зонах их влияния, в придорожных полосах транспортных магистралей, в зонах влияния полигонов складирования отходов, в местах нефтедобычи и на сельскохозяйственных землях.

В городах основными загрязнителями почв выступают нефтепродукты и тяжелые металлы и, в меньшей степени, – сульфаты. Среди

тяжелых металлов ведущая роль принадлежит кадмию, свинцу и цинку. В целом, химическое загрязнение земель носит локальный характер и не оказывает существенного влияния на экологическое состояние природной среды на региональном уровне [6].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Милютин, А. Г. Экология: геоэкология недропользования / А. Г. Милютин, Н. К. Андосова, И. С. Калинин. – Минск: Высш. шк., 2007. – 440 с.
2. Челноков, А. А. Экологические проблемы Республики Беларусь и пути их решения / А. А. Челноков. – Минск: Высш. шк., 2000. – 247 с.
3. Галай, Е. И. Использование природных ресурсов и охрана природы / Е. И. Галай. – Минск: Высш. шк., 2007. – 252 с.
4. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2011 г. / под ред. В. Ф. Логинава. – Минск: Минсктиппроект, 2012. – 193 с.
5. Капельщиков, Н. А. Методическое руководство по оценке устойчивости природной среды Беларуси / Н. А. Капельщиков. – Минск: БелНИЦ «Экология», 1999. – 41 с.
6. Гречко, А. М. Оценка загрязнения почв, грунтов и природных вод в Республике Беларусь нефтепродуктами / А. М. Гречко. – Минск: Наука, 2001. – 362 с.

УДК 502:334.716(476)

**Мельников И. Н.**, студент 3-го курса

### **ДЕГРАДАЦИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Научный руководитель – Ткачева Т. Н., ст. преподаватель*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

На современном этапе развития общества деятельность человека стала глобальным техногенным фактором, изменяющим облик нашей планеты. Особенно значительные геоэкологические проблемы возникают в результате функционирования горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности, а также крупных промышленных предприятий, что приводит к возникновению сложных, а в ряде регионов и кризисных геоэкологических ситуаций.

Одним из районов интенсивного развития горнодобывающей промышленности в Беларуси является центральная часть Белорусского Полесья. На этой территории ведется добыча калийных солей, разрабатывается Микашевичское месторождение строительного камня, в районе Глушковичей расположен действующий карьер по добыче облицовоч-

ного камня, эксплуатируется большое количество месторождений песков, глин и другого местного сырья, разведаны Житковичское, Бриневское и Тонежское месторождения бурого угля, Любанское и Туровское горючих сланцев, а также перспективные месторождения каменной соли (Петриковское и Октябрьское). С высокой степенью вероятности можно предположить, что уже в недалеком будущем эта часть Белорусского Полесья будет значительно трансформирована под влиянием разработки полезных ископаемых. В связи с этим, весьма важно комплексно оценить степень техногенного воздействия на геосистемы разрабатываемых месторождений, чтобы в будущем избежать многих негативных последствий, связанных с разработкой перспективных участков [1].

В зоне влияния четырех рудоуправлений ПО «Беларуськалий» наблюдается интенсивное загрязнение компонентов геосистем отходами калийного производства, что приводит к появлению значительных геоэкологических проблем.

Причиной выбросов пыли являются сырьевые заводы, печи для обжига, клинкерные холодильники, цементные мельницы. Основная особенность этих процессов — это то, что горячий отработанный газ или отработанный воздух проходит через измельченный до состояния пыли материал, что приводит к образованию дисперсионной смеси газа и пыли. Основные свойства частиц зависят от исходного материала, клинкера или цемента.

Газообразные выделения от системы печей, выбрасываемые в атмосферу, являются проблемой номер один в борьбе с загрязнением окружающей среды при производстве цемента сегодня. Основные газы, которые выбрасываются в атмосферу это  $\text{NO}_2$  и  $\text{SO}_2$  [2].

Так же негативно воздействие на атмосферный воздух оказывает разработка месторождений полезных ископаемых. Степень такого влияния во многом зависит от способа разработки месторождений и объемов добычи полезных ископаемых.

Исходя из горно-геологических условий залегания полезных ископаемых применяются скважинный, карьерный и шахтный способы разработки месторождений. Посредством буровых скважин производится разработка месторождений пресных вод и минеральных подземных вод, поваренной соли и нефти. Самая глубокая нефтяная скважина (5420 м) находится в Светлогорском районе.

В процессе эксплуатации месторождений нефти наносится значительный вред прилегающим к скважинам территориям. Источником загрязнения помимо нефтепродуктов являются отработанные буровые

растворы и шламы, загрязненные сточные воды, которые попадают в местные водные объекты.

Сложная геоэкологическая ситуация на территории исследований характерна для района добычи строительного камня (Микашевичское месторождение). Для зоны влияния Микашевичского карьера установлена существенно неблагоприятная и крайне неблагоприятная геоэкологическая обстановка. Среди природных территориальных комплексов преобладают аллювиальные террасированные комплексы. В зоне влияния месторождения возникли техногенные формы рельефа (отвалы), изменились гидрогеологические условия (понижился уровень грунтовых вод, нарушилась естественная гидродинамическая обстановка, активизировались ранее гидродинамические уравновешенные зоны повышенной водопроницаемости: тектонические разломы, участки повышенной трещиноватости кристаллического фундамента, палеоврезы речных долин), произошло геохимическое загрязнение геокомпонентов (вод, почв, грунтов, воздуха) [3].

Большая часть территории Житковичского месторождения характеризуется существенно и крайне неблагоприятной геоэкологической обстановкой по природным факторам, что необходимо учитывать при планировании строительства бурого угольных разрезов. Уровень грунтовых вод находится на глубине 1–3 м, они относятся к категории слабо защищенных и незащищенных. В таких условиях строительство карьера может быть осуществлено только при проведении предварительного осушения месторождения, что приведет к изменению гидрогеологических и гидрологических условий территории (понижится уровень подземных вод, снизятся дебиты водозаборных скважин, эксплуатирующих верхний водоносный комплекс, неминуемы потери вод из рек, каналов, прудов). Возможна утрата высокопродуктивных пахотных земель и лесных массивов, активизация процессов радионуклидного загрязнения, исчезновение малых рек, изменение рельефа (карьеры, отвалы пустой породы).

Бриневское месторождение бурого угля находится в более благоприятных геоэкологических условиях, чем Житковичское. Флювиогляциальные отложения представлены в основном песчаными разностями. Глубина залегания грунтовых вод – 3–5 м, воды относятся к категории относительно защищенных. Возможность разработки данного месторождения в настоящее время наиболее реальна.

В крайне неблагоприятных геоэкологических условиях расположено Туровское месторождение горючих сланцев, разработка которого связана с изменением гидрологического режима поймы Припяти [4].

В связи с этим разработку месторождений целесообразно вести так, чтобы формируемые при этом новые ландшафты, выемки, отвалы, инженерные сооружения могли в последующем с максимальным эффектом использоваться для других народнохозяйственных целей. Это обеспечит снижение негативного воздействия горных работ на окружающую среду и уменьшит затраты на ее восстановление.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин, Д. П. Окружающая среда и человек: учеб. пособие / Д. П. Никитин, Ю. В. Новиков. – Минск: Высш. шк., 1986. – 415 с.
2. Акимова, Т. А. Экология, Природа – человек – техника / Т. А. Акимова. – Минск: НИИ «Природа», 2001. – 343 с.
3. Ясовеев, М. Г. Геоэкологические проблемы разработки Микашевичского месторождения строительного камня / М. Г. Ясовеев. – Минск: Высш. шк., 2001. – 163 с.
4. Миланова, Е. В. Использование природных ресурсов и охрана природы: учеб. пособие / Е. В. Миланова, А. М. Рябчиков. – Минск: Высш. шк., 1986. – 286 с.

УДК 725.85/.89

**Морозов С. П.**, студент 4-го курса  
**ВОПРОСЫ КЛАССИФИКАЦИИ  
СПОРТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

*Научный руководитель – Дрюгомилев Р. А., канд. архитектуры, доцент*  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Спортивные сооружения представляют собой специально оборудованные сооружения, которые обеспечивают возможность проведения различных спортивных соревнований, учебно-тренировочного процесса, физкультурно-оздоровительных работ по различным видам спорта [1, 2, 3].

По назначению спортивные сооружения можно выделить на следующие виды:

- спортивно-зрелищные – это специальные сооружения с трибунами или отдельными рядами мест для зрителей с хорошим обзором. К ним относятся Дворцы спорта, стадионы, вело- и автодромы и др.
- учебно-тренировочные – предназначены для учебно-тренировочного процесса. В них входят различные спортивные комплексы учебных заведений и тренировочные базы для обучения спортсменов.

По способу формирования объема сооружения:

- крытые – соревнования и тренировочные занятия проводятся в крытых залах, манежах, бассейнах и т. д. К ним также относятся сооружения с навесом на открытом воздухе.

- открытые – мероприятия проводятся на открытом воздухе;

По архитектурно-планировочным особенностям спортивные сооружения могут быть следующих видов:

- отдельно стоящие здания сооружений;
- приспособленные сооружения, переоборудованные под спортивные;
- встроенные в здания спортивного назначения;
- плоские спортивные сооружения: дорожки (беговые и конькобежные), лыжные и горнолыжные трассы и др.

По признаку комплексности спортивные сооружения можно разделить на:

- специализированные сооружения для одного вида спорта: футбольные стадионы, хоккейные арены, ипподромы, велотреки и др.
- комплексные сооружения, которые состоят из нескольких спортивных элементов, совмещенных общей территорией или объемом здания: стадионы со спортивным ядром и для занятия легкой атлетикой и футболом, спортивные комплексы учебных заведений и др.

Все отдельные спортивные элементы структурно выполнены из трех составляющих:

- основное сооружение – где проходят соревнования и специальные спортивные занятия;
- вспомогательные спортивные сооружения и помещения – сооружения, сделаны специально для обслуживания занимающихся и участников соревнований, к ним относятся комнаты для обслуживания занимающихся, комнаты и элементы инженерно-технических служб, хозяйственные и подсобные помещения, помещения для администрации, для судей, СМИ, медицинского персонала, персонала, обеспечивающего безопасность, и др.;
- сооружения для зрителей – трибуны, ряды сидений (стульев, скамеек) и отведенные места для зрителей стоя и др. (павильоны, буфеты, фойе, санузлы и т. п.).

Таким образом, в данной статье была предложена классификация спортивных сооружений по различным типологическим признакам, более точно раскрывающая характер и особенности разнообразных спортивных сооружений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Другомилов, Р. А. Спортивные сооружения как элемент благоустройства сельских населенных мест / Р. А. Другомилов, В. И. Кумачев // Научный поиск молодежи XXI века: материалы VIII Междунар. науч. конф. студентов и магистрантов, Горки, 23–25 окт. 2006 г. : в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: А. Р. Цыганов (гл. ред.) [и др.]. – Горки, 2006. – Ч. 1. – С. 274–276.
2. Другомилов, Р. А. Архитектурное благоустройство сельских поселений: традиции и современность: монография / Р. А. Другомилов, Ю. А. Мажайский. – Рязань: ФГБУО ВО РГАТУ, 2021. – 96 с.
3. Физкультурно-спортивные сооружения: монография / под общ. ред. Л. В. Аристовой. – М.: Изд-во «СпортАкадем-Пресс», 1999. – 536 с.

УДК 624.137.5

**Новакович Е. Ф.**, студент 4-го курса

### **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ МАССИВНОЙ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ЕЕ НАПОРНУЮ ГРАНЬ ВОДОПРОНИЦАЕМОГО ГРУНТА СОВМЕСТНО С ВОДОЙ**

*Научный руководитель – Дятлов В. В., канд. техн. наук, доцент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки Республика Беларусь*

При проектировании подпорных сооружений используются различные методы расчёта: аналитический расчет, графоаналитический расчет, проектирование с применением программно-вычислительных комплексов. При освоении студентами инженерно-строительных специальностей дисциплины «Строительная механика» расчёты выполняются в основном аналитическим и графоаналитическим способом. Однако аналитический расчет предполагает применение громоздких полуэмпирических и эмпирических формул, достаточно тяжелых для восприятия и использования при ручных расчетах, а графоаналитический способ требует предельной точности выполнения графических построений, для того чтобы точность получаемых результатов не выходила за допускаемые пределы.

Прибегая к использованию адаптированных программно-вычислительных комплексов (ПВК) при проектировании инженерных и строительных конструкций и сооружений, возможно выполнить расчёт и получить результаты с погрешностью в гарантированных пределах.

Принятые исходные характеристики к расчетной схеме: полная высота стенки –  $H_{\text{полн.}} = 10$  м;  $\gamma_{\text{воды}} = 10$  кН/м<sup>3</sup>; по грунту – ненарушенный – объемный вес легкого суглинка –  $\gamma_{\text{грунт}} = 16,7$  кН/м<sup>3</sup>; угол есте-

стенного откоса –  $\varphi = 30^\circ$ ; угол трения грунта по поверхности напорной грани –  $\varphi_0 = 10^\circ$ ; пористость –  $\varepsilon = 50\%$ ; для насыщенного водой грунта –  $\varphi = 20^\circ$ ;  $\varphi_0 = 5^\circ$ ; по материалу кладки подпорной стенки –  $\gamma_{\text{кладки}} = 25 \text{ кН/м}^3$ ;  $f = 0,35$  – коэффициент трения материала кладки по влажному грунту в плоскости подошвы фундамента стенки.

Требуется определить сжимающее напряжение в грунте подошвы фундамента и проверить устойчивость стены на опрокидывание и сдвиг. Подпорная стенка представлена на (рис. 1).

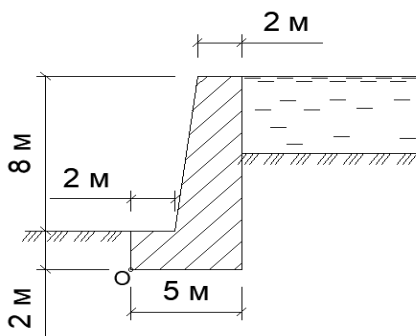


Рис. 1. Расчетная схема подпорной стенки

Порядок выполнения работы:

1. Строим контур подпорной стенки, используя инструмент «Полилиния» (рис. 2).

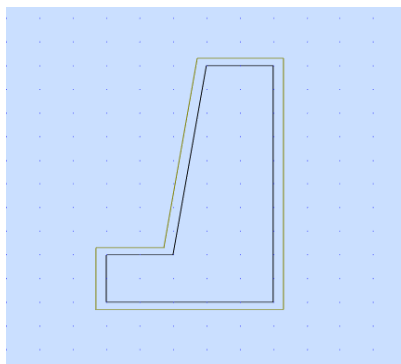


Рис. 2. Контур профиля подпорной стенки

2. Из данного контура нам необходимо создать «Тело». Для этого переходим на вкладку «Редактор» → «Изменение подконструкции» → «Модификация объекта». В открывшемся окне нажимаем на любое ребро нашего контура. Затем под надписью «Добавить изменение объекта» кликаем на вкладку «Выдавливание». После этого, нажав на вкладку «Параметры изменений объекта», вводим следующие координаты (0,0; 1,0; 0,0). Таким образом, задав координату  $x = 1$ , мы создали подпорную стенку толщиной 1 погонный метр (рис. 3).

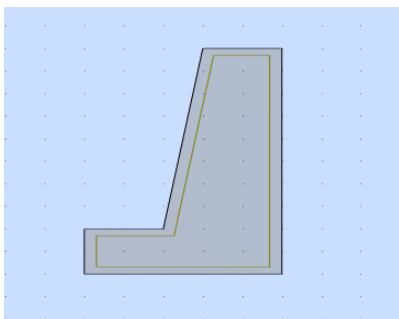


Рис. 3. Создание тела подпорной стенки

3. Создадим нагружение «Собственный вес» (рис. 4).

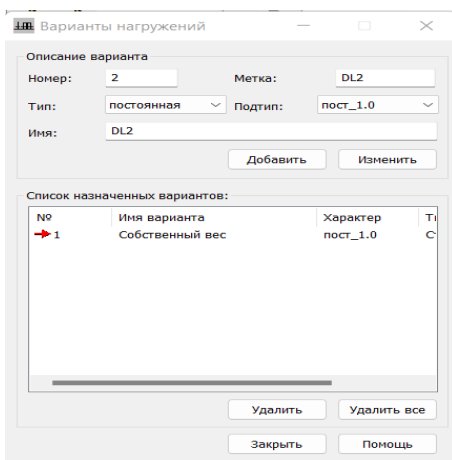


Рис. 4. Создание нагружения «Собственный вес»

4. Для создания необходимого материала для подпорной стенки переходим на вкладку «Свойства твёрдого тела» и создаём необходимый материал (рис. 5).

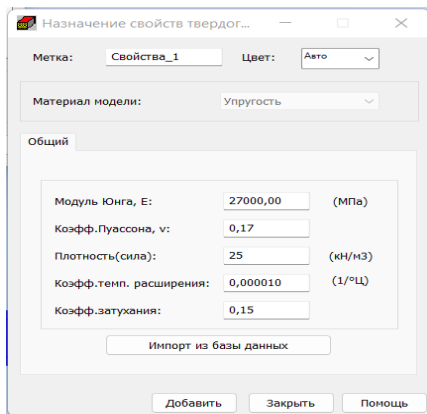


Рис. 5. Создание материала для подпорной стенки

5. Для назначения активного давления грунта создадим нагружение «Давление грунта активное» (рис. 6).

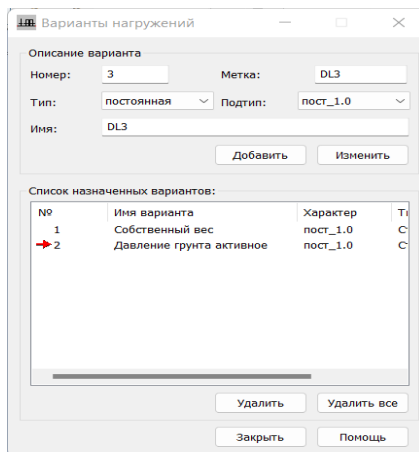


Рис. 6. Создание нагружения «Давление грунта активное»

6. Затем выберем из меню «**Нагрузки**» → «**Специальные нагрузки**» → «**Давление грунта**», в открывшемся диалоговом окне «**Давление грунта**», нажимаем кнопку «**Параметры**», и запускаем диалог для формирования нагрузки от грунта.

Затем нажимаем на вкладку «**Параметры**». Переносим бегунок в положение **КА**, что соответствует активному давлению грунта. Вносим в таблицу отметку грунта, его плотность, наклон грунта, наклон стены, угол трения грунта (рис. 7). В первую очередь определим объёмный вес взвешенного грунта:

$$\gamma_{\text{грунт}}^{\text{взв}} = \gamma_{\text{грунт}} - \gamma_{\text{воды}} \left(1 - \frac{\varepsilon}{100}\right);$$

$$\gamma_{\text{грунт}}^{\text{взв}} = 16,7 - 10 \cdot \left(1 - \frac{50}{100}\right) = 11,7 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}.$$

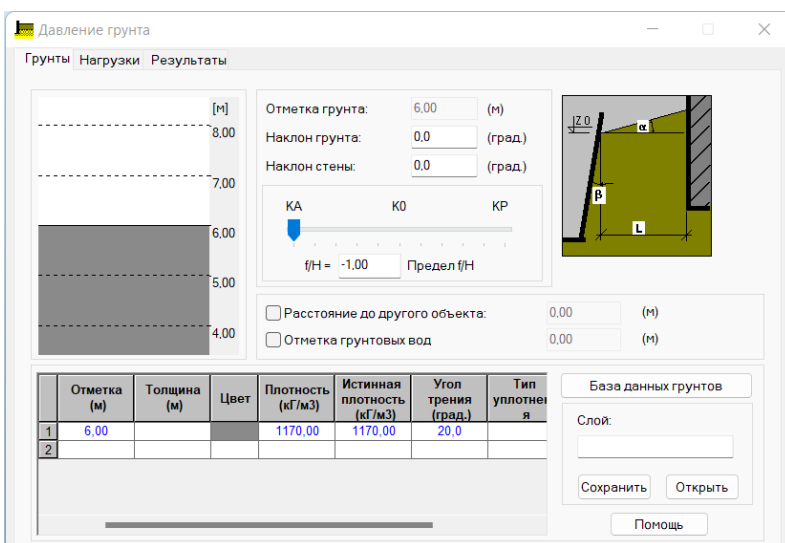


Рис. 7. Создание активного давления грунта, действующего на напорную грань подпорной стенки с передней (лицевой) стороны

Затем нажимаем кнопку «**Применить**».

7. Далее нам необходимо начертить стержень по напорной грани подпорной стенки, к которому мы будем прикладывать активное давление грунта. Для этого используем инструмент «Стержень». После этого выбираем «Стержень», направление нагрузки «Местное» и в окне «Список объектов» выбираем стержень, который мы только что создали.

После этого нажимаем кнопку «Применить». В результате чего мы создали активное давление грунта в нижней части напорной грани подпорной стенки (рис. 8).

Теперь нам необходимо создать давление воды. Для этого переходим на вкладку «Нагрузки» → «Стержень» → «Трапецидальная нагрузка».

Так как высота подпорной стенки 10 м, нижняя ордината давления воды равна  $100 \text{ кН/м}^2$ .

В разделе «Трапецидальная нагрузка» вводим следующие данные: значение  $p_1 = 100 \text{ кН/м}^2$  – это значение нижней ординаты,  $x_2 = 10 \text{ м}$  – это высота подпорной стенки. После этого выбираем координаты «Абсолютные», систему координат «Общая», для направления нагрузки против системы координат ставим знак минус перед значением нижней ординаты давления воды и нажимаем кнопку «Добавить» (рис. 9).

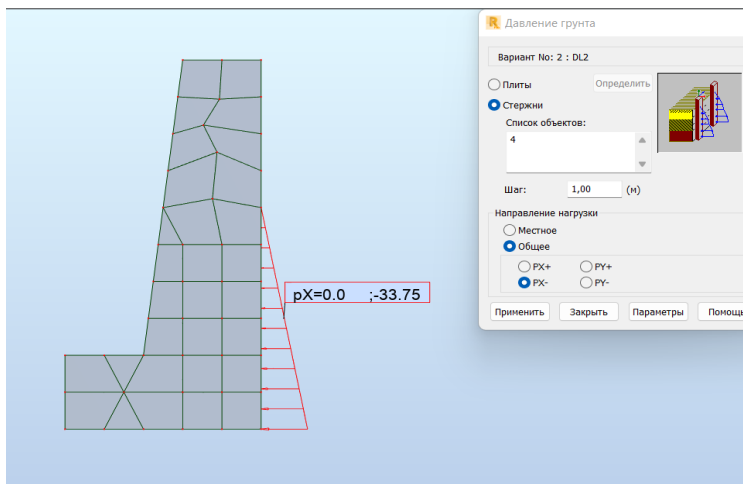


Рис. 8. Действие активного давления грунта на нижнюю часть лицевого участка напорной грани стенки

Тип:

Направление действия нагрузки  
 X  Y  Z

Коорд. сист.:  Общая  Местная

Значения		Координаты	
( кН/м )		<input type="radio"/> Относит. ( x/L )	<input checked="" type="radio"/> Абсолют. ( м )
p1 =	<input type="text" value="-100,00"/>	x1	<input type="text" value="0,00"/>
p2 =	<input type="text" value="0,00"/>	x2	<input type="text" value="10,00"/>

Уголки (град.)  
X =  Y =  Z =

Спроектированная нагрузка

Рис. 9. Приложение нагрузки от воды

Затем создаём стержень по всей передней напорной грани подпорной стенки и нажимаем на кнопку «**Применить**».

В результате чего мы приложили гидростатическое давление воды на передней (лицевой) грани подпорной стенки (рис. 10).

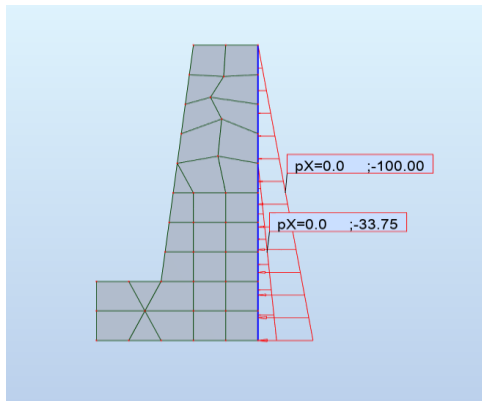


Рис. 10. Результат приложения нагрузки от воды

8. ПVK «Робот» не учитывает шероховатость поверхности подпорной стенки, поэтому нам необходимо заменить распределенное активное давление грунта сосредоточенной результирующей силой, действующей под углом трения на контакте грунта с расчётной (напорной) плоскостью  $\varphi_0 = 5^\circ$ . К эпюре интенсивности гидростатического давления воды это положение не относится, т.к. давление воды действует по нормали к напорной поверхности.

Определим результирующую силу активного давления грунта:

$$E_1 = 33,75 \cdot 6 \cdot 0,5 = 101,25 \text{ кН.}$$

Приложим все найденные силы к граням подпорной стенки.

Для этого переходим на вкладку «Нагрузки», выбираем «Осевая сила» и задаём необходимое значение осевой силы и угол её приложения (рис. 11). Угол равен  $\varphi = 360 - 5 = 355^\circ$ .

В результате чего мы заменили активное давление распределенного грунта сосредоточенной результирующей силой в нижней части лицевой напорной грани стенки (рис. 12).

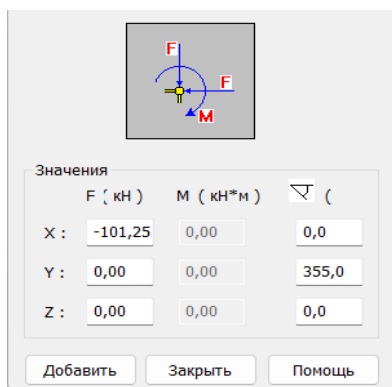


Рис. 11. Приложение активной осевой сосредоточенной силы от взвешенного грунта

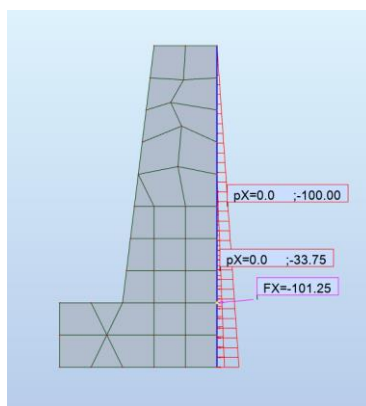


Рис. 12. Замена распределенного давления грунта сосредоточенной силой в нижней части напорной грани подпорной стенки

Затем удалим из таблицы нагрузок активное давление распределенного грунта.

9. Создадим активное давление грунта с тыльной стороны подпорной стенки (рис. 13).

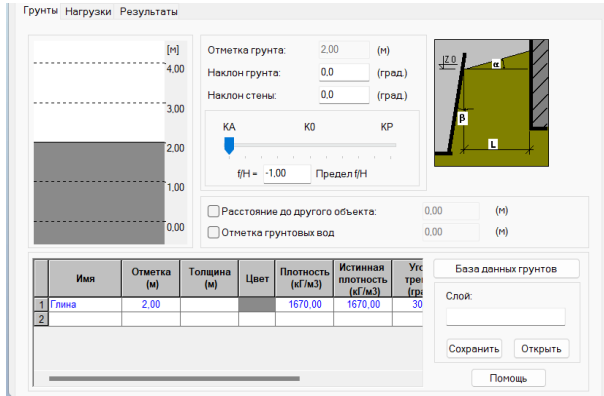


Рис. 13. Создание активного давления грунта с тыльной стороны стенки

Приложим активное давление грунта аналогичным образом (как и с лицевой стороны) (рис. 14).

10. Затем заменим активное давление распределенного грунта сосредоточенной силой (рис. 15). Угол равен  $\varphi = 10^\circ$ .

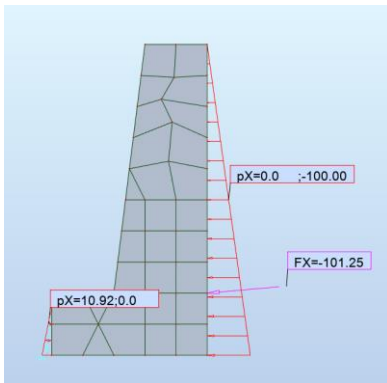


Рис. 14. Приложение распределенного активного давления грунта с тыльной стороны стенки

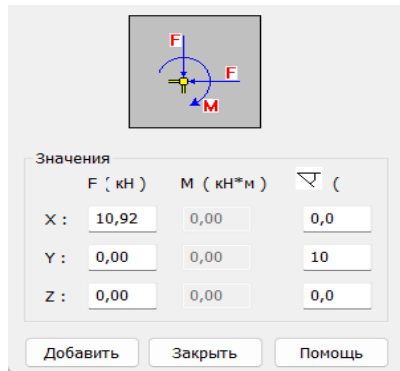


Рис. 15. Приложение сосредоточенной силы активного давления грунта на тыльном участке подпорной стенки

И удалим из таблицы нагрузок активное давление распределенного грунта. В результате чего получим следующий результат (рис. 16).

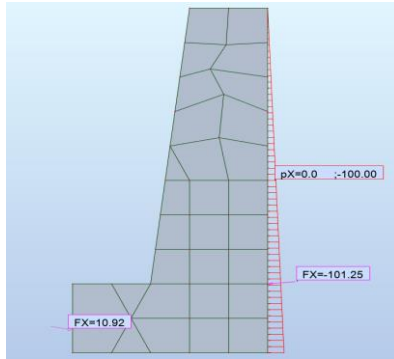


Рис. 16. Результат приложения сил

11. Затем проверяем устойчивость стены на опрокидывание вокруг внешнего ребра  $o$ . Вычисляем коэффициент устойчивости на опрокидывание:

$$k_{\text{опр.}} = \frac{\sum M_{o \text{ удер.}}}{\sum M_{o \text{ опр.}}}$$

где  $M_{o \text{ удер}}$  – момент от всех удерживающих сил;

$M_{o \text{ опр}}$  – момент от всех опрокидывающих сил.

ПВК «Робот» считает моменты относительно нуля координат, поэтому для определения удерживающего и опрокидывающего моментов, совмещаем точку  $O$  с нулём координат.

Нажимаем кнопку «Расчёт». Затем переходим на вкладку «Результаты» → «Реакции» (рис. 17).

Узел/Нагружение	FX (кН)	FY (кН)	FZ (кН)	MX (кНм)	MY (кНм)	MZ (кНм)
Нагружение	Собственный вес					
Сумма вел.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма реакц	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма сил	0,0	0,0	-751,91	376,11	2499,06	0,0
Контр. вел.	0,0	0,0	-751,91	376,11	2499,06	0,0
Точность	5,94857e+01	6,38676e+12				
Нагружение	Давление грунта активное					
Сумма вел.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма реакц	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма сил	-590,11	0,0	-10,72	8,82	-1817,18	-600,86
Контр. вел.	-590,11	0,0	-10,72	8,82	-1817,18	-600,86
Точность	2,82892e+00	3,66324e+12				

Рис. 17. Реакции

$$M_{0 \text{ удер}} = 2501,87 \text{ кНм};$$

$$M_{0 \text{ опр}} = 1817,18 \text{ кНм}.$$

Вычисляем коэффициент устойчивости на опрокидывание:

$$k_{\text{опр}} = \frac{2501,87}{1817,18} = 1,38;$$

$$k_{\text{опр}} = 1,38 < [k_{\text{опр}}] = 1,5.$$

Таким образом, полученное неравенство показывает, что условие устойчивости на опрокидывание не выполняется.

12. Коэффициент устойчивости на сдвиг в плоскости подошвы фундамента определяем по выражению:

$$K_{\text{сдв}} = \frac{f \cdot \Sigma Q}{\Sigma T_{\text{сдв}}};$$

где  $\Sigma Q$  – сумма всех вертикальных удерживающих сил;

$f$  – коэффициент трения кладки по грунту в плоскости подошвы фундамента;

$\Sigma T_{\text{сдв}}$  – сумма всех горизонтальных сдвигающих сил.

$$K_{\text{сдв}} = \frac{0,35 \cdot (751,91 + 10,72)}{590,11} = 0,45;$$

$$K_{\text{сдв}} = 0,45 < [K_{\text{сдв}}] = 1,3.$$

Таким образом, полученное неравенство показывает, что условие устойчивости на сдвиг в плоскости подошвы фундамента не выполняется.

13. Определение крайних сжимающих напряжений на грунт под подошвой стены.

Совместим центр тяжести подошвы подпорной стенки с нулём координат. Для этого определим середину подошвы подпорной стенки и перемещаем всю стенку на необходимое расстояние, используя инструмент «Перемещение».

Эксцентриситет приложения всех сил относительно оси, проходящей через центр тяжести подошвы подпорной стенки равен:

$$e = \frac{M_o}{F_v};$$

где  $F_v$  – сумма проекций всех вышележащих сил на вертикальную плоскость;

$M_o$  – сумма моментов всех вертикальных и горизонтальных сил относительно оси, проходящей через центр тяжести подошвы. Необходимые данные берём из раздела «Реакции» (рис. 18).

Узел/Нагружение	FX (кН)	FY (кН)	FZ (кН)	MX (кНм)	MY (кНм)	MZ (кНм)
<b>Нагружение DL1</b>						
Сумма вел.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма реакц	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма сил	0,0	0,0	-751,54	375,92	620,21	0,0
Контр. вел.	0,0	0,0	-751,54	375,92	620,21	0,0
Точность	3,72798e+01	5,64812e+11				
<b>Нагружение DL2</b>						
Сумма вел.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма реакц	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма сил	-590,11	0,0	-10,72	8,82	-1843,98	-600,86
Контр. вел.	-590,11	0,0	-10,72	8,82	-1843,98	-600,86
Точность	1,68693e+00	3,76137e+12				

Рис. 18. Реакции

Определим эксцентриситет:

$$e = \frac{M_o}{F_v} = \frac{-1843,98 + 620,21}{-751,54 - 10,72} = 1,6 \text{ м.}$$

Определим максимальное и минимальное краевое напряжение:

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{F_v}{b} \cdot \left(1 \pm \frac{6e}{b}\right) = \frac{-751,54 - 10,72}{5} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot 1,6}{5}\right);$$

$$\sigma^{\max} = -445,159 \text{ кН/м}^2;$$

$$\sigma^{\min} = 140,25 \text{ кН/м}^2.$$

По полученным данным строим эпюру сжимающих напряжений на грунт в подошве подпорной стенки (рис. 19).

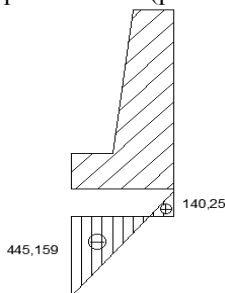


Рис. 19. Эпюра краевых напряжений в грунте подошвы стенки

Как видно по значениям крайних сжимающих напряжений на грунт, напряжения под подошвой стенки разных знаков, что практически всегда не удовлетворяет требованиям рационального проектирования подпорных стен.

УДК 624.137.5

**Новакович Е. Ф.**, студент 4-го курса

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ В ПРОГРАММЕ  
ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS МАССИВНОЙ  
ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ ПРИ ДЕЙСТВИИ НА ЕЕ ЛОМАНУЮ  
НАПОРНУЮ ГРАНЬ ДВУХСЛОЙНОГО ГРУНТА**

*Научный руководитель – Дятлов В. В., канд. техн. наук, доцент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

При проектировании подпорных сооружений используются различные методы расчёта: аналитический расчет, графоаналитический расчет, проектирование с применением программно-вычислительных комплексов. При освоении студентами инженерно-строительных специальностей дисциплины «Строительная механика» расчёты выполняются в основном аналитическим и графоаналитическим способом. Однако аналитический расчет предполагает применение громоздких полуэмпирических и эмпирических формул, достаточно тяжелых для восприятия и использования при ручных расчетах, а графоаналитический способ требует предельной точности выполнения графических построений. Применение потенциальных возможностей адаптированных программно-вычислительных комплексов (ПВК) при проектировании элементов инженерных и строительных конструкций и сооружений в целом возможно выполнить расчёты в допустимых в строительстве границах погрешности.

Нами в работе была поставлена задача показать возможную последовательность действий при расчете предложенной схемы подпорной стенки с помощью вычислительного комплекса RSA со следующими исходными данными: угол наклона подъема грунта за напорной гранью –  $\alpha = 10^\circ$ , объемная плотность грунта в нижней части –  $\gamma_{гр} = 18 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$ , объемная плотность грунта в верхней части –  $\gamma_{гр} = 15 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$ , угол естественного откоса грунта в нижней –  $\varphi = 33^\circ$ , угол естественного от-

коса грунта в верхней части –  $\varphi = 30^\circ$ , угол отклонения от нормали из-за трения грунта о поверхность напорной грани стенки в её нижней части  $\varphi_0 = 12^\circ$ , угол отклонения от нормали из-за трения грунта о поверхность напорной грани стенки в её верхней части  $\varphi_0 = 10^\circ$ , плотность материала подпорной стенки (бетона)  $\gamma_{\text{бет}} = 25 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$ , угол наклона грани подпорной стенки  $\angle \varepsilon = 15,9^\circ$ , коэффициент трения кладки по грунту в плоскости подошвы фундамента  $f = 0,45$ .

Требуется определить сжимающее напряжение в подошве фундамента и проверить устойчивость стены на опрокидывание и сдвиг.

Подпорная стенка представлена на (рис. 1).

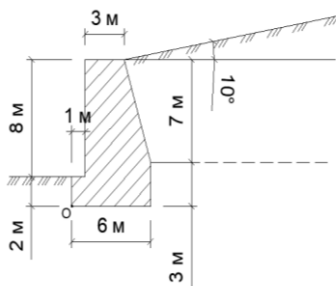


Рис. 1. Подпорная стенка

Порядок выполнения работы:

1. Строим контур подпорной стенки, используя инструмент «Поллиния» (рис. 2).

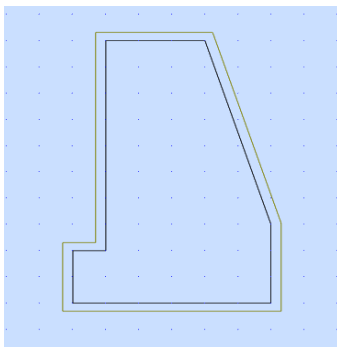


Рис. 2. Контур подпорной стенки

2. Из данного контура нам необходимо создать «тело». Для этого переходим на вкладку «Редактор» → «Изменение подконструкции» → «Модификация объекта». В открывшемся окне нажимаем на любое ребро нашего контура. Затем под надписью «Добавить изменение объекта» кликаем на вкладку «Выдавливание». После этого, нажав на вкладку «Параметры изменений объекта», вводим следующие координаты (0,0; 1,0; 0,0). Таким образом, задав координату  $x = 1$ , мы создали подпорную стенку толщиной 1 м (рис. 3).

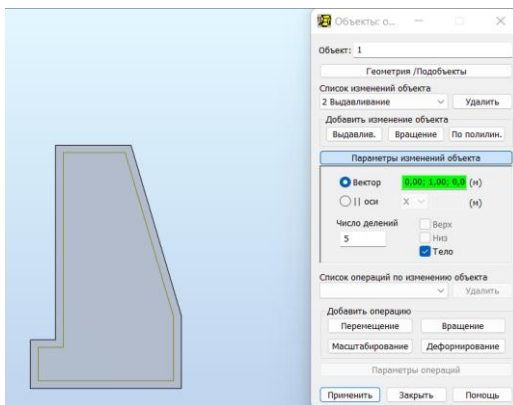


Рис. 3. Создание тела подпорной стенки

3. Создадим нагружение «Собственный вес» (рис. 4).

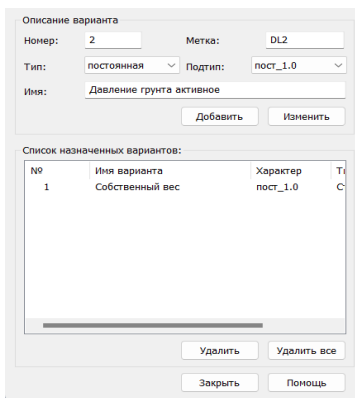


Рис. 4. Создание нагружения «Собственный вес»

4. Для создания необходимого материала для подпорной стенки переходим на вкладку «Свойства твёрдого тела» и создаём необходимый материал (рис. 5).

Метка:	Свойства_1	Цвет:	Авто
Материал модели:	Упругость		
Общий			
Модуль Юнга, E:	27000,00	(МПа)	
Козфф. Пуассона, v:	0,17		
Плотность(сила):	25	(кН/м3)	
Козфф. темп. расширения:	0,000010	(1/°C)	
Козфф. затухания:	0,15		
Импорт из базы данных			
Добавить		Закрыть	
Помощь			

Рис. 5. Создание материала для подпорной стенки

5. Создадим слой грунта, который будет давить на подпорную стенку. Для этого также используем инструмент «Полилиния» и вкладки «Редактор» → «Изменение подконструкции» → «Модификация объекта» (рис. 6).

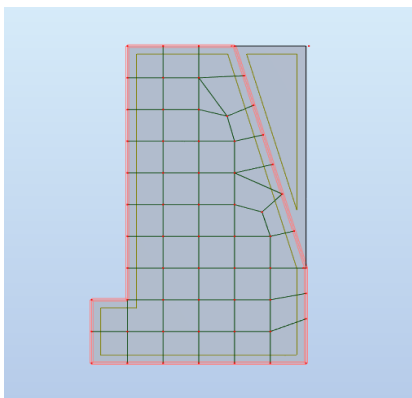


Рис. 6. Создание грунта

6. И зададим грунту необходимую плотность, используя вкладку «Плотность твёрдого тела» (рис. 7).

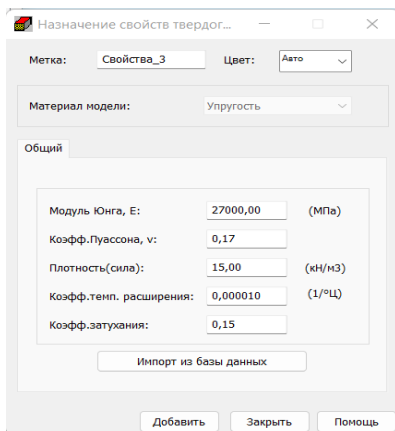


Рис. 7. Создание плотности грунта

7. Для назначения активного давления грунта создадим нагружение «Давление грунта активное» (рис. 8).

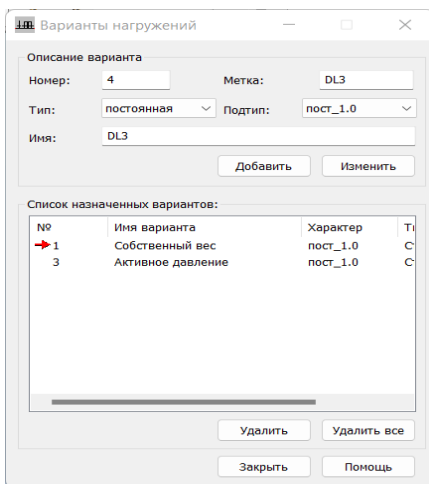


Рис. 8. Создание нагружения «Активное давление»

8. Затем выберем из меню «Нагрузки» → «Специальные нагрузки» → «Давление грунта», в открывшемся диалоговом окне «Давление грунта» нажимаем кнопку «Параметры», и запускаем диалог для формирования нагрузки от грунта.

Затем нажимаем на вкладку «Параметры». Переносим бегунок в положение КА, что соответствует активному давлению грунта. Вносим в таблицу отметку грунта, его плотность, наклон грунта, наклон стены, угол трения грунта (рис. 9).

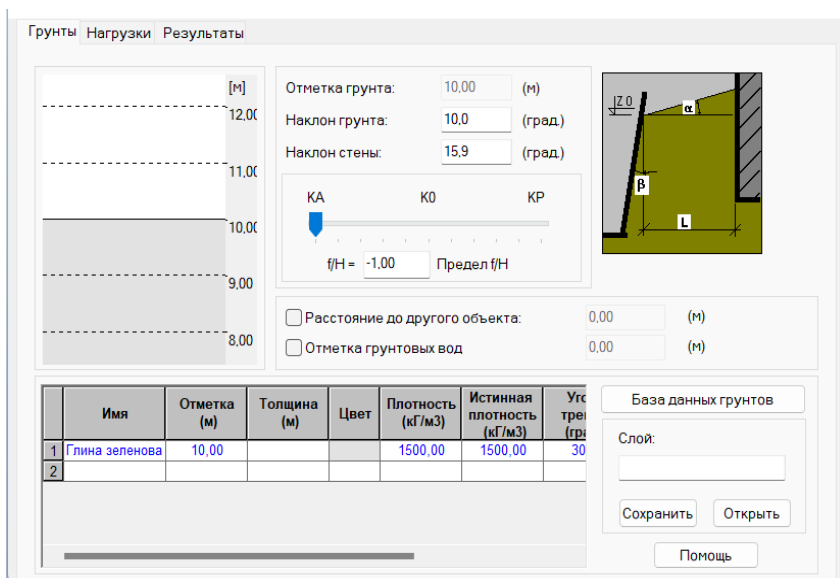


Рис. 9. Создание активного давления грунта в верхней части напорной грани подпорной стенки – т. е. с лицевой стороны

Затем нажимаем кнопку «Применить».

9. После нам необходимо начертить стержень по грани подпорной стенки, к которому мы будем прикладывать активное давление грунта. Для этого используем инструмент «Стержень». После этого выбираем «Стержень», направление нагрузки «Местное» и в окне «Список объектов» выбираем стержень, который мы только что создали (рис. 10).

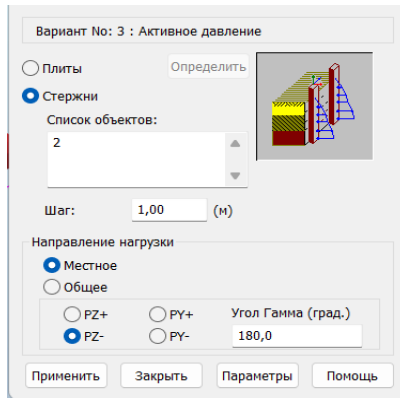


Рис. 10. Приложение активного давления грунта в верхней части напорной грани

После этого нажимаем кнопку «**Применить**». В результате чего мы создали активное давление грунта в верхней части напорной грани подпорной стенки (рис. 11).

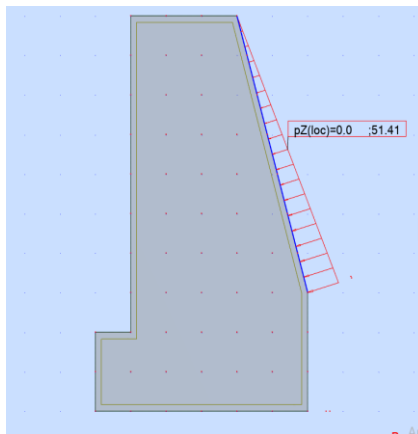


Рис. 11. Активное давление грунта в верхней части подпорной стенки

10. Аналогично создаём давление грунта в нижней части напорной грани стенки (рис. 12).

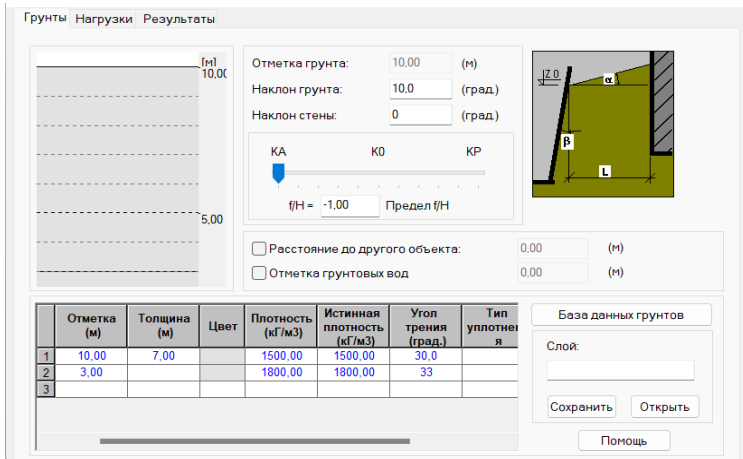


Рис. 12. Создание активного давления грунта в нижней части напорной грани подпорной стенки

Прикладываем давление аналогичным образом.

В результате чего мы создали активное давление грунта на всю напорную грань подпорной стенки – т. е. с лицевой стороны (рис. 13).

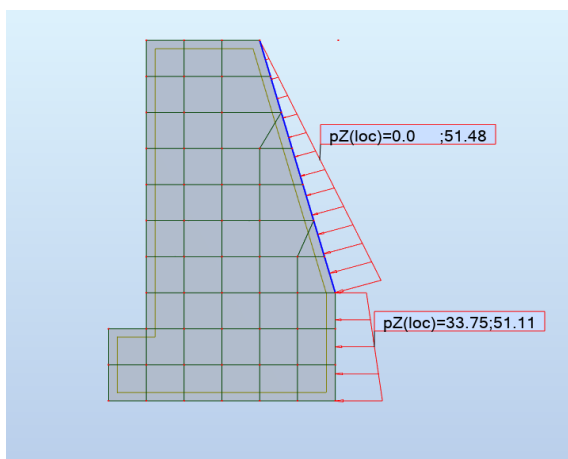


Рис. 13. Активное давление грунта на напорную грань подпорной стенки

11. Программно-вычислительный комплекс «**Робот**» не учитывает шероховатость поверхности напорной грани подпорной стенки, поэтому нам необходимо заменить активное давление грунта результирующей силой под углом трения на контакте грунта с расчётной плоскостью (верхним и нижним участками напорной грани)  $\varphi_0 = 10^\circ$  и  $\varphi_0 = 12^\circ$ .

Определим результирующую силу давления грунта.

Для верхней части напорной грани подпорной стенки получим:

$$E_1 = 51,48 \cdot 7,28 \cdot 0,5 = 187,39 \text{ кН};$$

Для нижней части напорной грани подпорной стенки имеем:

$$E_2 = \frac{33,75 + 51,11}{2} \cdot 3 = 127,29 \text{ кН}.$$

Приложим найденные силы к напорным граням подпорной стенки.

Для этого переходим на вкладку «**Нагрузки**», выбираем «**Осевая сила**» и задаём необходимое значение осевой силы и угол её приложения (рис. 14). Угол равен  $\varphi = 360 - 15,9 - 10 = 334,1^\circ$ .

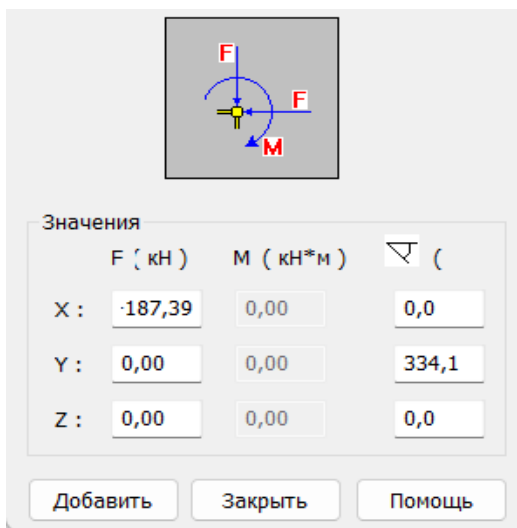


Рис. 14. Приложение осевой силы

В результате чего мы заменили распределенное активное давление грунта результирующей (сосредоточенной) силой в верхней части напорной грани (рис. 15).

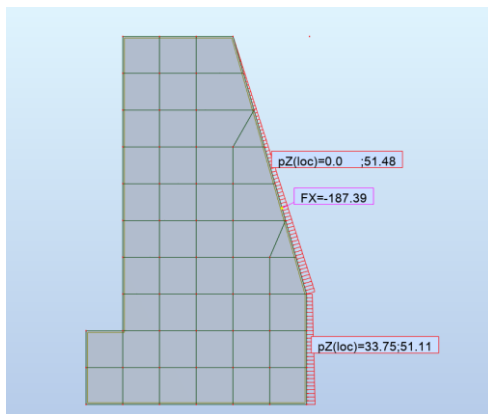


Рис. 15. Замена активного давления грунта сосредоточенной силой в верхней части напорной грани подпорной стенки

12. Таким же образом заменяем давление грунта в нижней части напорной грани подпорной стенки.

Определяем положение центра тяжести эпюры (рис. 16).

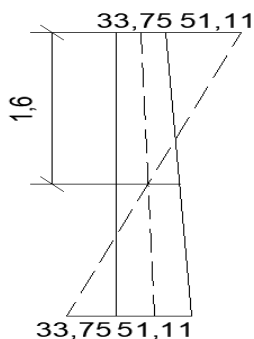


Рис. 16. Определение положения центра тяжести эпюры

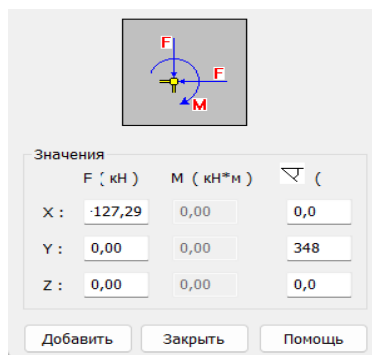


Рис. 17. Приложение сосредоточенной силы

Прикладываем сосредоточенную силу (рис. 17). Угол равен  $\varphi = 360 - 12 = 348^\circ$ .

После этого удаляем распределенную нагрузку от грунта (рис. 18).

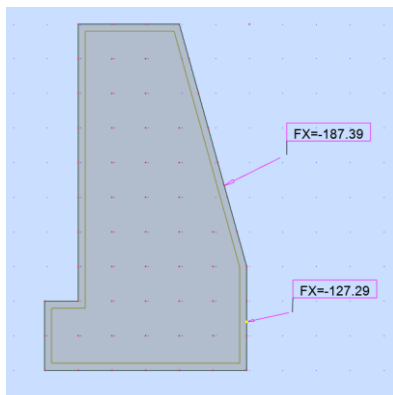


Рис. 18. Приложенные сосредоточенные силы со стороны напорной грани

13. Создадим активное давление грунта с обратной (тыльной) стороны подпорной стенки (рис. 19).

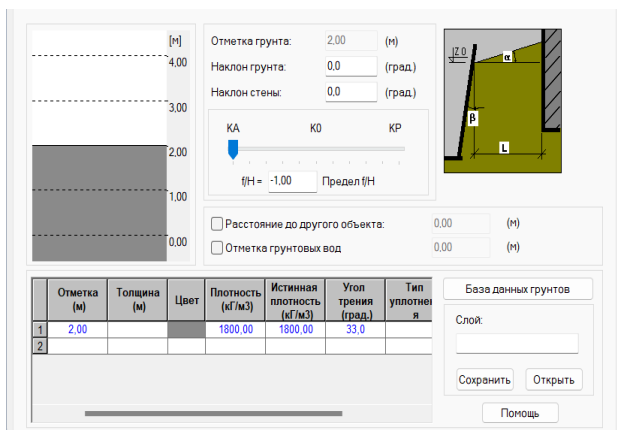


Рис. 19. Создание активного давления грунта с тыльной стороны подпорной стенки

Приложим активное давление грунта аналогичным образом (как и с лицевой стороны) (рис. 20).

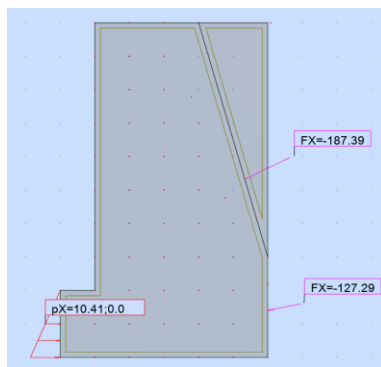


Рис. 20. Приложение активного давления грунта с тыльной стороны

14. Затем заменим треугольную эпюру активного давления грунта сосредоточенной силой (рис. 21). Угол равен  $\varphi = 12^\circ$ .

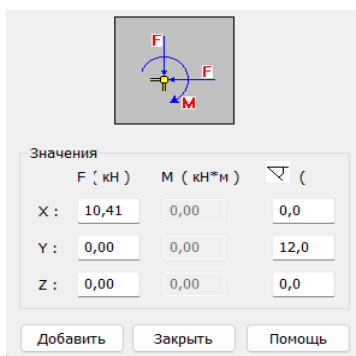


Рис. 21. Приложение сосредоточенной силы

Затем удаляем из таблицы нагрузок распределенное активное давление грунта. В результате чего мы получаем действие на подпорную стену активного давления грунта только в виде сосредоточенных сил. (рис. 22).

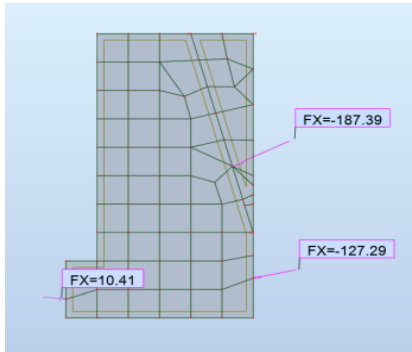


Рис. 22. Результат приложения сосредоточенных сил

15. Затем проверяем устойчивость стены на опрокидывание вокруг внешнего ребра  $o$ . Вычисляем коэффициент устойчивости на опрокидывание:

$$k_{\text{опр.}} = \frac{\sum M_{o \text{ удерж.}}}{\sum M_{o \text{ опро.}}}$$

где  $M_{o \text{ удерж.}}$  – момент от всех удерживающих сил;

$M_{o \text{ опро.}}$  – момент от всех опрокидывающих сил.

ПВК «Робот» считает моменты сил относительно нуля координат, поэтому для определения удерживающего и опрокидывающего моментов совмещаем точку  $O$  с нулём координат (рис. 23).

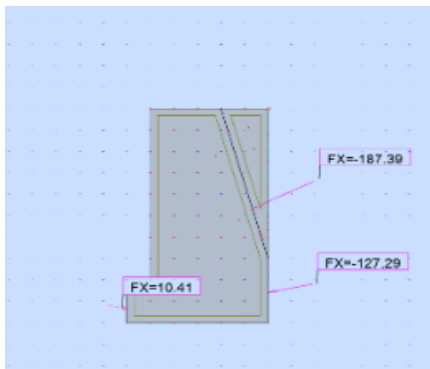


Рис. 23. Совмещение точки  $O$  с нулём координат

Нажимаем кнопку «**Расчёт**». Затем переходим на вкладку «**Результаты**» → «**Реакции**» (рис. 24).

Узел/Нагружение	FX (кН)	FY (кН)	FZ (кН)	MX (кНм)	MY (кНм)	MZ (кНм)
<b>Нагружение Собственный вес</b>						
Сумма вел.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма реакц	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма сил	0,00	0,0	-1232,04	-615,15	4033,61	0,0
Контр. вел.	0,00	0,0	-1232,04	-615,15	4033,61	0,0
Точность	2,01979e+02	1,66485e+13				
<b>Нагружение Активное давление</b>						
Сумма вел.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма реакц	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма сил	-282,89	0,0	-110,48	0,0	-471,75	0,0
Контр. вел.	-282,89	0,0	-110,48	0,0	-471,75	0,0
Точность	1,47290e+00	2,22550e+11				

Рис. 24. Реакции

$$M_{o\_удер} = 4033,61 \text{ кНм};$$

$$M_{o\_опр} = 471,75 \text{ кНм}.$$

Вычисляем коэффициент устойчивости на опрокидывание

$$k_{опр} = \frac{4033,61}{471,75} = 8,55;$$

$$k_{опр} = 8,55 > [k_{опр}] = 1,5.$$

Таким образом видно – условие устойчивости на опрокидывание выполняется.

15. Коэффициент устойчивости на сдвиг в плоскости подошвы фундамента определяем по выражению

$$K_{сдв} = \frac{f \cdot \Sigma Q}{\Sigma T_{сдв}};$$

где  $\Sigma Q$  – сумма всех вертикальных удерживающих сил,

$f$  – коэффициент трения кладки по грунту в плоскости подошвы фундамента;

$\Sigma T_{сдв}$  – сумма всех горизонтальных сдвигающих сил.

$$K_{сдв} = \frac{0,45 \cdot (1232,04 + 110,48)}{282,89} = 2,14;$$

$$K_{с д в} = 1,9 > [K_{с д в}] = 1,3.$$

Таким образом видно – условие устойчивости на сдвиг выполняется.

16. Определение крайних сжимающих напряжений на грунт под подошвой подпорной стены.

Совместим центр тяжести подошвы подпорной стенки с нулём координат. Для этого определим середину подошвы подпорной стенки и перемещаем всю стенку на необходимое расстояние, используя инструмент «Перемещение» (рис. 25).

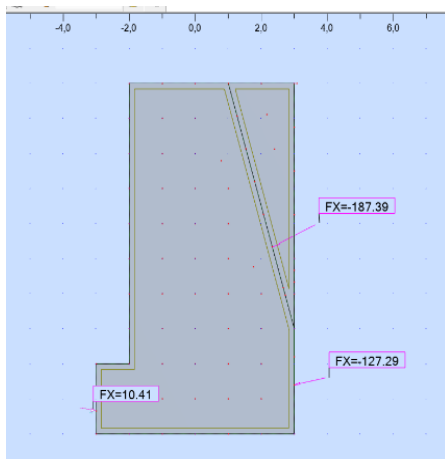


Рис. 25. Совмещение центра тяжести подошвы подпорной стенки с нулём координат

Эксцентриситет приложения всех сил относительно оси, проходящей через центр тяжести подошвы подпорной стенки равен:

$$e = \frac{M_o}{F_v},$$

где  $F_v$  – сумма проекций всех сил на вертикальную плоскость;

$M_o$  – сумма моментов всех вертикальных и горизонтальных сил относительно оси, проходящей через центр тяжести подошвы.

Необходимые данные берём из раздела «Реакции» (рис. 26).

Определим величину эксцентриситета –

$$e = \frac{M_o}{F_v} = \frac{-803,20+339,75}{-1232,04-110,48} = 0,35 \text{ м.}$$

Определим максимальное и минимальное краевое напряжение

Узел/Нагружение	FX (кН)	FY (кН)	FZ (кН)	MX (кНм)	MY (кНм)	MZ (кНм)
Нагружение	Собственный вес					
Сумма вел.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма реакц	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма сил	0,00	0,0	-1232,04	-615,15	339,75	0,0
Контр. вел.	0,00	0,0	-1232,04	-615,15	339,75	0,0
Точность	4,47517e+02	1,51792e+12				
Нагружение	Активное давление					
Сумма вел.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма реакц	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Сумма сил	-282,89	0,0	-110,48	0,0	-803,20	0,0
Контр. вел.	-282,89	0,0	-110,48	0,0	-803,20	0,0
Точность	1,97959e+01	6,45126e+11				

Рис. 26. Реакции

$$\sigma_{\min}^{\max} = \frac{F_v}{b} \cdot \left(1 \pm \frac{6e}{b}\right) = \frac{-1232,04-110,48}{6} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot 0,35}{6}\right);$$

$$\sigma^{\max} = -302,067 \text{ кН/м}^2;$$

$$\sigma^{\min} = -145,44 \text{ кН/м}^2.$$

По полученным данным строим эпюру сжимающих напряжений на грунт в подошве подпорной стенки (рис. 27).

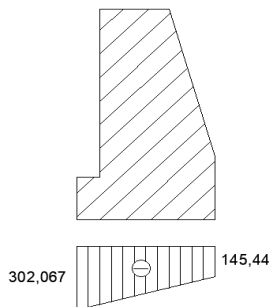


Рис. 27. Эпюра крайних напряжений в грунте подошвы стенки

Как видно по значениям краевых сжимающих напряжений на грунт, напряжения под всей подошвой стенки одного знака, что удовлетворяет требованиям проектирования.

УДК 535.4

**Потапенко М. В.**, студент 1-го курса

## **ГОЛОГРАФИЯ. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПРИМЕНЕНИЕ**

*Научный руководитель – Кириленко Л. Е., канд. с.-х. наук, доцент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

В настоящее время для создания и демонстрации голограмм используют физический метод (для оптических дисплеев) и компьютерный для очков дополненной реальности). Впервые принцип голографии был изложен английским ученым Деннисом Габором в 1947 г. В то время важность этого открытия не была оценена должным образом из-за отсутствия подходящего источника света, который обладал бы таким важным свойством как когерентность. И только в 1960 г., после того, как был изготовлен первый лазер, получили наконец прибор, создающий свет достаточной когерентности. Американские ученые Иммет Лейт и Юрис Упатниекс смогли использовать лазер для получения первых голограмм, создающих изображения предметов во всех трех измерениях. В 1971 г. Габор получил Нобелевскую премию по физике за открытие принципа голографии.

Голографию можно охарактеризовать как объемную фотографию с использованием лазера. Можно сказать, что голография является техническим методом, позволяющим производить запись внешнего вида предмета. Создается трехмерное изображение, которое выглядит так же реально как материальный предмет. Именно использование лазеров имело решающее значение в развитии голографии. Увиденная впервые голограмма удивляет и завораживает, но физическое объяснение, как она работает, производит не меньшее впечатление. И тогда становятся понятны перспективы применения голографии.

Суть явления голографии состоит в том, что согласно принципу Гюйгенса – Френеля, можно восстановить картину волнового поля, образованного электромагнитной волной в любой момент времени и в любой точке пространства. Для этого надо записать распределение амплитуд и фаз волн на произвольной поверхности или ее части, охва-

тывающей источник волн. Чтобы «заморозить» электромагнитные волны во всем пространстве достаточно «заморозить» их только на некоторой поверхности. Для того чтобы «разморозить» световую волну необходимо задать параметры, характеризующие среду. Например, чтобы восстановить плоскую волну мы должны задать для любой плоскости равномерно распределенные источники колебаний с определенной начальной фазой. Элементарные источники колебаний должны находиться на поверхности, перпендикулярной направлению распространения волн. Далее необходимо зарегистрировать на некоторой поверхности мгновенные картины линий постоянной фазы. Далее, благодаря интерференции, происходит сравнение пространственных структур двух пучков света, а затем их регистрация на фотопластинку. Голография позволяет воспроизвести в пространстве картину электромагнитных волн предмета, когда самого предмета уже нет.

Существует несколько видов голограмм. Мультикомплексная голограмма – это голограмма на которой записано одновременно много изображений, либо раздельно записаны отдельные части одного изображения. Также может быть записано единственное изображение несколько раз. Составные голограммы это голограммы, которые формируют изображения, состоящие из отдельных частей, каждая из которых записывается самостоятельно. В последнее время широко используются цветные голограммы. Эти голограммы способны воспроизводить цветные изображения. Сущность цветных голограмм состоит в том, что это мультикомплексные голограммы, восстанавливающие перекрывающиеся изображения, каждое в своем цвете. Если голограмма записана на тонком материале, то она восстанавливает многократно повторяющиеся изображения, которые соответствуют многим дифракционным порядкам. Голограммы, записанные в толстой среде, могут иногда не восстанавливаться освещением с исходной длиной волны из-за усадки или набухания эмульсии.

Голограммы находят широкое применение в различных областях науки и техники и имеют огромные перспективы в будущем. Известны голограммы, играющие роль линз, разлагающих свет в спектр. Голографические дифракционные решетки содержат свыше 5000 полос на один миллиметр. Метод голографии позволяет записывать на заданном малом участке фотоэмульсии в 100–500 раз больше страниц печатного текста, чем метод обычной микрофотографии.

Одна голограмма это страница книги, а одна пластинка это большая книга. Перспективным является применение голографии при рас-

познавании образов и символов, что позволяет создавать читающие автоматы, обладающие большой надежностью. С помощью голографии возможен контроль размеров, формы и качества обработки сложных деталей. Объединение голографии и нелинейной оптики в динамическую голографию показывает, что это приводит к появлению новых направлений в науке и технике.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Островский, Ю. И. Голография и ее применение / Ю. И. Островский. – М.: Наука, Ленинградское отделение, 1994. – 180 с.
2. Голография. Методы и аппаратура /ред. В. М. Гинзбург, Б. М. Степанов [и др.]. – М.: Советское радио, 1994. – 376 с.
3. Савельев, И. В. Курс общей физики / И. В. Савельев. – Т. 2. – М.: Наука, 1985. – 495 с.

УДК 345.67

**Разумовский М. А.**, студент 1-го курса

#### **АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

*Научный руководитель – Астахова О. М., канд. пед. наук, доцент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Энергетика – область хозяйственно-экономической деятельности человека, совокупность больших естественных и искусственных подсистем, служащих для преобразования, распределения и использования энергетических ресурсов всех видов. Ее целью является обеспечение производства энергии путём преобразования первичной, природной энергии во вторичную, например в электрическую или тепловую энергию.

Энергетика сегодня по-прежнему наиболее распространенными источниками энергии остаются углеводороды и атомная энергия. Продукты переработки нефти используют не только в качестве топлива для транспорта: подавляющее большинство теплоэлектростанций работают на мазуте или отходах, получаемых при производстве бензина и дизельного топлива. Таких электростанций в настоящее время в мире подавляющее большинство – порядка 60 % от общего количества.

Кроме того, до сих пор для получения электричества используют такой источник энергии, как вода. Подтверждение этому – достаточно широкое распространение гидроэлектростанций. Правда, до ТЭЦ им

далеко – их доля в общемировом количестве составляет всего 16 %. Это связано со сложностью возведения: такой тип станций требует обязательного наличия плотины.

Уже сейчас наметилась тенденция отказа от неэкологичных и невозможных источников энергии – углеводов и радиоактивных элементов. Развитые государства получают ее способами, не наносящими вреда окружающей среде и, по сути, неисчерпаемыми. К ним относятся: солнечная энергия; ветер; геотермальная активность Земли.

Например, система отопления в Исландии построена на использовании тепла, выделяемого гейзерами, а большая часть электричества в Нидерландах производится ветрогенераторами.

Кроме того, происходит постепенный отказ от двигателей внутреннего сгорания. Так, согласно директиве парламента ЕС, к 2040 г. все страны Европы должны перейти на электромобили, полностью отказавшись от традиционных авто.

Еще одна тенденция – обслуживание электростанций роботами и автоматизация их управления. В будущем человек будет выполнять минимум функций в этой области – большую часть работы будут делать машины и специально написанные программы.

Плюсы энергетических систем. Современная энергетика представляет собой совокупность энергетических отраслей, организованных в энергетические системы, которые производят, перерабатывают и распределяют среди потребителей топливно-энергетические ресурсы и энергию. Эти системы взаимосвязаны: выходной продукт одной является входным для другой. Так, газ – топливо для электростанций, ТЭЦ и котельных, электроэнергия используется на нефтеперекачивающих станциях и т. д.

Энергетические системы, особенно в экономически развитых странах, все более приобретают черты инфраструктурных, т. е. таких, без которых немислимы жизнь современного человека и экономика. Одна из таких черт – возможность получить продукт или услугу требуемого качества в любом месте на планете и по доступной цене. Конечно, в этом плане энергетические системы пока уступают, например, той же телефонной связи или Интернету, но это пока.

Надежность, качество и эффективность достигаются за счет так называемых системных эффектов, наиболее хорошо изученных для электроэнергетических систем. Например, снижение установленной мощности электростанций может обеспечиваться за счет совмещения

суточных максимумов нагрузки потребителей, находящихся в разных часовых поясах. Или за счет совмещения годовых максимумов. По оценкам специалистов, для Единой энергосистемы бывшего СССР суммарный системный эффект равнялся в энергетическом эквиваленте работе более пяти дополнительных Братских ГЭС.

Однако, как известно, за все надо чем-то платить. Энергетические системы – не исключение. Одним из новых системных свойств стало единство режимов работы энергетических систем. Это означает, что в каждый момент времени в каждом узле разветвленной сетевой структуры должен соблюдаться баланс входящих и выходящих потоков энергоресурса. И любое отклонение от обычного режима в любом из элементов (изменение нагрузки, аварийное отключение и др.) сразу же отражается на потоках всей системы.

Среди всех альтернативных источников энергии на гелиоэнергетику возлагаются немалые надежды. Первые работающие технологии появились в 70-х годах прошлого столетия. Сегодня солнечные электростанции уже используются на практике, хотя доля вырабатываемой ими энергии не велика. Основные преимущества гелиоэнергетики – использование возобновляемых ресурсов и простотой принцип работы. Недостаток – немалая стоимость оборудования и зависимость от климатических условий.

Хорошо подходит использование энергии солнца для энергообеспечения удаленных районов, где возникают затруднения с прокладкой кабелей, сельской местности. Небольшие солнечные батареи можно использовать даже в качестве автономной электростанции для конкретно взятого дома.

Еще одно направление ветровая энергетика, способное стать альтернативой традиционной энергетике. Впервые интерес к этому источнику энергии возник в 70-е годы прошлого века, в связи с нефтяным кризисом. Прошло десятилетие, и в сельских районах Европы, Индии, Китая заработали ветровые электрогенераторы. Выработка электричества в таких электростанциях осуществляется за счет вращения лопастей, подключенных к генератору. Большая электростанция, оснащенная мощными турбинами, способна обеспечить основные нужды в энергоснабжении. Небольшие турбины и ветряки могут применяться в качестве автономных электрогенераторов. Недостатки ветровой энергетике те же, что и у солнечной – зависимость от климатических условий, высокая стоимость оборудования.

Справедливости ради стоит отметить, что над преодолением климатической зависимости альтернативных электростанций ведется весьма успешная работа. Уже разработаны электростанции, способные аккумулировать энергию даже в условиях плохой освещенности.

Таким образом, можно сделать следующие выводы: главный из них заключается в том, что уже совсем скоро будут востребованы профессии, связанные с природной энергетикой, робототехникой, другими смежными техническими сферами человеческой деятельности. Готовить детей в этом направлении можно уже сейчас.

УДК 633.367.3

**Романова Н. А.**, аспирант

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ НА ДЛИНУ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА**

**ЛЮПИНА БЕЛОГО**

*Научный руководитель – Равков Е. В., канд. с.-х. наук, доцент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

Горки, Республика Беларусь

В период интенсивной биологизации земледелия и растениеводства возрастает спрос на продукцию, не содержащую ГМО, в следствие сокращение потребления генно-модифицированной сои. На сегодняшний день, потребность в растительном белке в кормовых рационах в животноводстве восполняется за счет импорта дорогостоящей сои и продуктов ее переработки (соевые шроты). Для сокращения зависимости от стран-импортеров, необходимо возделывать зернобобовые культуры, которые по питательной ценности не будут уступать сое [1].

Многочисленные исследования показали, достойная замена сое – люпин белый. Данный вид люпина является позднеспелым, однако созданы сорта адаптированные к почвенно-климатическим условиям нашей страны, длина вегетационного периода до 120 дней. В семенах содержится до 35–40 % протеина и до 12 % жира, при обрушении зерна содержание протеина увеличивается до 48–50 % [1, 2].

Благодаря азотфиксирующей способности, люпин не требует внесения азотных удобрений, что является экономический выгодным аспектом. Семена не содержат ингибиторов трипсина, поэтому можно использовать в кормлении животных без тепловой обработки.

Ценный биохимический состав позволяет использовать люпин не только в рационах кормления, но и для питания человека. Биологические свойства способствуют предотвращению эрозии и улучшают плодородие почвы [2, 3].

Возделывание люпина белого будет способствовать решению проблемы дефицита растительного белка и освобождению от белковой зависимости. Погодные условия являются лимитирующим фактором и оказывают значительное влияние на продолжительность периода вегетации от посева до созревания урожая.

Данную зависимость подтверждает корреляционный и регрессионный анализ. Уравнение регрессии [4]:

$$Z = 139 - 3,06 \cdot X + 0,12 \cdot Y, \quad (1)$$

где  $Z$  – продолжительность вегетационного периода, дней;

$X$  – средняя суточная температура воздуха за исследуемый период, °С;

$Y$  – суммарное количество осадков за исследуемый период, мм.

Коэффициент корреляции  $r = 0,91$ .

Используя метеоданные за 18 лет по метеостанции Горки (ВМО 26774) определим по формуле (1) продолжительность вегетационного периода таблице.

**Продолжительность вегетационного периода люпина белого  
в зависимости от тепловлагообеспеченности**

Год	$X$ , °С	$Y$ , мм	$Z$ , дней
2005	15,8	374,4	136
2006	15,9	401,6	139
2007	16,8	361,1	131
2008	15,5	249,7	122
2009	15,3	370,5	137
2010	19,5	264,7	111
2011	17,4	348,8	128
2012	16,7	412,3	137
2013	17,9	262,1	116
2014	17,1	299,3	123
2015	16,5	122,2	103
2016	17,1	319,5	125
2017	15,3	355,6	135
2018	17,4	283,6	120
2019	16,5	299,3	124
2020	15,9	359,6	133
2021	17,8	268,9	117
2022	16,9	224,7	114

Проанализировав таблицу можно сделать вывод, что продолжительность вегетационного периода может значительно изменяться в зависимости от влагообеспеченности года. Так по нашим расчетам продолжительность вегетационного периода изменялась от 103 до 139 дней.

Таким образом, увеличение осадков способствует удлинению вегетационного периода, что связано с активным отрастанием боковых побегов в соответствии с сортовой архитектурой. Более высокая температура воздуха уменьшает продолжительность вегетационного периода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гатаулина, Г. Г. Соя и другие зернобобовые культуры: импортировать или производить? / Г. Г. Гатаулина, М. Е. Бельшкينا // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31, № 8. – С. 5–11.

2. Люпин: селекция, возделывание, использование. – Брянск: ГУП «Брянское областное полиграфическое объединение», 2020. – 304 с.

3. Яговенко, Т. В. Люпин белый (*Lupinus albus* L.) – перспективная кормовая культура: справ. пособие / Т. В. Яговенко, Е. В. Афонина, А. Е. Сорокина. – Брянск: ООО «Изд-во «Читай-город», 2018. – 30 с.

4. Малышкина, Ю. С. Создание и оценка исходного материала возделываемых видов люпина (*Lupinus* L.) для селекции на скороспелость, продуктивность и антракнозоустойчивость: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Ю. С. Малышкина; Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. – Горки, 2021. – 26 с.

УДК 631.31/37:631.461.3:631.82

**Рустемов Ф. Ш.**, магистрант

**Мальцев К. Ю.**, студент 3-го курса

### **ОРОШЕНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ И БАКТЕРИАЛЬНЫЕ ПРЕПАРАТЫ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ АКТИВНОСТИ СИМБИОТИЧЕСКОГО АППАРАТА МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ**

*Научный руководитель – Кукреш А. С., канд. с.-х. наук, доцент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Важным гарантом продовольственной безопасности страны является обеспечение населения в нужном количестве надлежащего качества сельскохозяйственной продукцией, в частности молоком и мясом. Одной из основных проблем современного животноводства является потребность в сбалансированном по белку и аминокислотному составу корме. В связи с этим большое значение приобретает вопрос создания

условий для получения высоких урожаев многолетних бобовых и злаковых трав с оптимальным химическим составом конечной продукции.

В сложившихся климатических и почвенных условиях важным показателем успешного функционирования симбиотического аппарата является наличие достатка влаги в почве. Так, по данным многих исследователей, понижение влажности почвы до 35 % от максимальной влагоемкости почвы снижает азотфиксирующую способность клевера до 55,8–91,2 %. Известно, что оптимальная влажность, при которой активно образуются клубеньки лежит в пределах 60–70 % от наименьшей влагоемкости. Поэтому использование орошения позволит обеспечить благоприятные условия для роста многолетних трав и создать оптимальные условия для развития клубеньковых бактерий участвующих в биологической фиксации атмосферного азота. Однако исследований по изучению эффективности применения на сенокосных травостоях бактериальных препаратов при условии орошения проведено недостаточно [1, 2, 3].

Для этого на опытном поле «Гушково» УО БГСХА были проведены исследования по выявлению эффективности совместного применения биопрепаратов и орошения при возделывании бобово-злаковой травосмеси, включающей: клевер луговой, клевер ползучий, тимopheвка луговая, кострец безостый.

Схема опыта включала следующие блоки:  $P_{60}K_{110}$  (без орошения),  $P_{60}K_{110}$  + орошение и  $P_{60}K_{110}$  +  $N_{40}$  + орошение. Блоки включали по четыре варианта: контроль (без инокуляции), инокуляция бобовых компонентов травосмеси сапронитом, инокуляция злаковых компонентов азобактерином, совместная инокуляция бобовых и злаковых компонентов сапронитом и фитостимифосом.

Обработка семян многолетних трав бактериальными препаратами велась из расчета 200 г на гектарную норму семян.

Результаты исследований показали, что использование орошения в сочетании с бактериальными препаратами оказало достоверно положительное влияние на накопление травосмесью биологического азота (табл. 1). Так наибольшие значения накопления биологического азота травосмесью прослеживались в вариантах с сочетанием обработки семян бобовых трав сапронитом и орошением. Так, применение сапронита на фоне  $P_{60}K_{110}$  (без орошения) способствовало увеличению накопления биологического азота в среднем за годы исследований на 24,8,  $P_{60}K_{110}$  + орошение соответственно на 34,4 и  $P_{60}K_{110}$  +  $N_{40}$  + оро-

шение – 35,3 кг/га по сравнению с аналогичными вариантами без инокуляции.

**Накопление биологического азота бобово-злаковой травосмесью, кг/га**

Вариант	Годы использования		В среднем за 2 года
	второй	третий	
<b>P<sub>60</sub>K<sub>110</sub> (без орошения)</b>			
Без инокуляции	48,1	29,6	38,8
Сапронит	76,0	51,2	63,6
Азобактерин	57,2	36,4	46,8
Сапронит + фитостимифос	75,4	49,3	62,3
<b>P<sub>60</sub>K<sub>110</sub> + орошение</b>			
Без инокуляции	60,4	40,1	50,2
Сапронит	96,9	72,3	84,6
Азобактерин	78,6	57,8	68,2
Сапронит + фитостимифос	94,8	71,7	83,2
<b>P<sub>60</sub>K<sub>110</sub> + N<sub>40</sub> + орошение</b>			
Без инокуляции	61,2	41,9	51,5
Сапронит	97,3	76,4	86,8
Азобактерин	80,8	62,2	71,5
Сапронит + фитостимифос	96,2	74,9	85,5

Положительный эффект накопления биологического азота за счет фиксации его из атмосферы получен также при совместном применении для инокуляции семян злаковых и бобовых трав симбиотического препарата сапронита и фосфатмобилизующего препарата фитостимифоса.

Несколько меньший, но положительный эффект в накоплении биологического азота бобово-злаковой травосмеси отмечен также при инокуляции семян злаковых трав азобактерином. Увеличение накопления биологического азота травосмесью на фоне без орошения составило 8,0 на фоне с применением орошения 17,0, и на фоне с использованием орошения и стартовой дозы азота – 20,0 кг/га по сравнению с вариантами без инокуляции.

Таким образом, результаты исследований показали, что наиболее оптимальным приемом способствующим усилению процесса накопления биологического азота является использование при инокуляции семян многолетних бобовых трав симбиотического препарата сапронит на фоне орошения дождеванием.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Корнилов, А. А. Продвижение эспарцета в засушливые и степные районы и роль клубеньковых бактерий / А. А. Корнилов, В. Г. Вергелецкая // Микробиология. – 1952. – Вып. 4, Т. 20 – С. 423–428.

2. Мишустин, Е. Н. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс / Е. Н. Мишустин, В. К. Шильникова. – М.: Наука, 1973. – 288 с.

3. Bushby, H. V. A. Water status of rhizobia in relation to their susceptibility in desiccation and to their protection by montmorillonite / H. V. A. Bushby, K. C. Marschall // Gen. Microbiol. – 1977. – Vol. 99. – № 1.

УДК 631.31/.37:631.461.3:631.82

**Рустемов Ф. Ш.**, магистрант

**Мальцев К. Ю.**, студент 3-го курса

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ ДОЖДЕВАНИЕМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ БОБОВО-ЗЛАКОВОЙ ТРАВΟΣМЕСИ**

*Научный руководитель – Кукреш А. С., канд. с.-х. наук, доцент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Оптимизация кормопроизводства с учетом потребности животных и наличия материальных ресурсов на современном этапе становится особо актуальной задачей. Решение ее сводится к обеспечению потребности животноводства в высококачественных кормах и связано с проблемами биологизации земледелия, сохранением плодородия почвы и охраны окружающей среды, поэтому важное значение приобретает планирование и организация адаптивного кормопроизводства путем подбора культур и совершенствования технологий их возделывания с высоким качеством получаемой продукции и низкими экономическими и энергетическими затратами [1, 2].

В связи с этим приоритетным направлением является создание бобово-злаковых травосмесей совместно с использованием бактериальных препаратов, которые наряду со снижением затрат на производство продукции, обеспечивают получение корма с высоким содержанием белка, минеральных веществ и витаминов. Также для обеспечения высоких урожаев многолетних трав важным фактором является создание оптимальных водно-воздушных условий в корнеобитаемом слое почвы. Этого можно добиться путем орошения дождеванием. Поэтому нашей целью и являлось выявить влияние орошения на микробиологическую активность клубеньковых бактерий и продуктивность многолетних трав [3,4].

С этой целью с 2019 по 2020 гг. на опытном поле «Гушково» УО БГСХА были проведены исследования по выявлению эффективности применения бактериальных препаратов в условиях орошения дождеванием при возделывании бобово-злаковой травосмеси, включаю-

щей: клевер луговой Долголетний, клевер ползучий Волат, тимофеевка луговая Волна, кострец безостый Моршанский 760.

Схема опыта включала следующие блоки: контроль (без орошения) и орошение дождеванием. Блоки включали по четыре варианта: контроль (без инокуляции), инокуляция бобовых компонентов травосмеси сапронитом, инокуляция злаковых компонентов азобактерином, совместная инокуляция бобовых и злаковых компонентов сапронитом и фитостимифосом.

Обработка семян многолетних трав бактериальными препаратами велась из расчета 200 г на гектарную норму семян.

Результаты исследований показали, что использование орошения дождеванием в сочетании с бактериальными препаратами оказало достоверно положительное влияние на урожайность и продуктивность возделываемой бобово-злаковой травосмеси (табл. 1).

Таблица 1. Продуктивность бобово-злаковой травосмеси при использовании орошения дождеванием и бактериальных препаратов (в среднем за 2 года)

Варианты	Урожайность т/га с. в.	Сбор к. ед., т/га	Выход ОЭ, ГДж/га	Сбор переваримого протеина, кг/га	Обеспеченность к. ед. переваримым протеином, г/к. ед.
<b>Контроль (орошения)</b>					
Без инокуляции	6,91	5,0	56,6	565,8	113,1
Сапронит	7,76	5,68	63,9	703,1	123,4
Азобактерин	7,15	5,19	58,7	601,7	115,5
Сапронит + фитостимифос	7,41	5,40	61,0	639,9	118,1
<b>Орошение дождеванием</b>					
Без инокуляции	8,17	5,97	67,7	712,0	119,3
Сапронит	9,26	6,83	76,8	896,7	131,1
Азобактерин	8,63	6,32	71,4	778,1	122,8
Сапронит + фитостимифос	8,91	6,55	73,9	831,8	126,5
НСП <sub>05</sub> (А)	0,14–0,46				
НСП <sub>05</sub> (В)	0,16–0,33				

В среднем за годы исследований применение орошения способствовало увеличению урожайности травосмеси в сумме за 2 укоса на 1,26 т/га. Из изучаемых бактериальных препаратов наиболее эффективным было использование для обработки семян бобовых компонентов

травосмеси симбиотического препарата сапронит. Применение данного препарата способствовало повышению урожайности бобово-злаковой травосмеси на блоке опыта без орошения на 0,85; с орошением дождеванием – 1,09 т/га по сравнению с соответствующими вариантами без инокуляции.

Помимо положительного действия орошения и бактериальных препаратов на урожайность травосмеси они оказали существенное влияние на показатели продуктивности. Так, наибольший эффект был получен при сочетании орошения дождеванием и инокуляции семян бобовых сапронитом. При этом сбор переваримого протеина увеличился на 330,9 кг/га, сбор кормовых единиц – 1,83 т/га, выход обменной энергии – 20,2 ГДж, обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином – 18,0 г по сравнению с вариантом без инокуляции и без орошения.

Данные по агроэнергетической и экономической оценке эффективности применения орошения дождеванием в сочетании с бактериальными препаратами подтверждают их высокую эффективность при возделывании бобово-злаковой травосмеси (табл. 2).

Таблица 2. Эффективность использования минеральных удобрений и бактериальных препаратов при возделывании бобово-злаковой травосмеси

Варианты	Затраты совокупной энергии МДж		Энергетический коэффициент	Рентабельность, %
	на 1 кг сырого протеина	на 1 к. ед.		
<b>Контроль (без орошения)</b>				
Без инокуляции	23,4	3,9	2,9	90,5
Сапронит	19,2	3,5	3,2	114,0
Азобактерин	22,5	3,8	3,0	95,8
Сапронит + фитостимифос	21,1	3,7	3,1	103,2
<b>Орошение дождеванием</b>				
Без инокуляции	21,4	3,7	3,0	94,2
Сапронит	17,3	3,3	3,4	120,2
Азобактерин	19,9	3,6	3,1	104,0
Сапронит + фитостимифос	18,7	3,5	3,2	111,0

Так, расчет энергетической и экономической эффективности применения бактериальных препаратов и минеральных удобрений показал, что наиболее высокие ее показатели отмечены в варианте с сочетанием использования орошения дождеванием и инокуляцией семян бобовых компонентов травосмеси сапронитом. Это выразилось в сни-

жении совокупной энергии в расчете на 1 кг сырого протеина и кормовую единицу и повышения коэффициента энергетической эффективности и рентабельности производства. Так при сочетании инокуляции бобовых компонентов сапронитом с орошением дождеванием затраты совокупной энергии на производство килограмма сырого протеина по сравнению с вариантом без инокуляции блока опыта без орошения уменьшились на 6,1 МДж, затраты на одну кормовую единицу на 0,6 МДж, а коэффициент энергетической эффективности повысился на 0,5 ед.

Данные экономической оценки подтверждают данные энергетической эффективности использования бактериальных препаратов и орошения дождеванием. При этом сочетание орошения и инокуляции бобовых компонентов сапронитом позволило повысить рентабельность производства до 120,2 %.

Таким образом, наиболее эффективным приемом повышения эффективности возделывания бобово-злаковых травосмесей является сочетание орошения дождеванием с инокуляцией семян бобовых компонентов травосмесей симбиотическим препаратом сапронит.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов, А. А. Продвижение эспарцета в засушливые и степные районы и роль клубеньковых бактерий / А. А. Корнилов, В. Г. Вергелецкая // Микробиология. – 1952. – Вып. 4. – Т. 20. – С. 423–428.
2. Мишустин, Е. Н. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс / Е. Н. Мишустин, В. К. Шильникова – М.: Наука, 1973. – 288 с.
3. Агафонова, Е. В. Применение ризоторфина на горохе / Е. В. Агафонова, М. Ю. Стукалов, Л. Н. Агафонова // Земледелие. – 2002. – № 5. – С. 28.
4. Ганичева, В. В. Влияние луговых трав на агрохимические свойства почвы / В. В. Ганичева // Кормопроизводство. – 2002. – № 9. – С. 19–21.

УДК 630.907.2.72

**Силиванов Н. А.**, студент 4-го курса

### **АНАЛИЗ ВИДОВ ПЛЯЖНОГО РЕКРЕАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Научный руководитель – Другомиллов Р. А., канд. архитектуры, доцент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь*

Один из самых популярных вариантов проведения свободного времени в летнее время года – пляжный отдых. Поэтому большое значе-

ние имеет качественная организация прибрежной зоны отдыха рек, прудов, озер и др. Для максимального обеспечения всех потребности отдыхающих требуются определенные элементы оборудования, к которому относятся тентовые навесы, беседки, урны, шезлонги, пляжные кабинки, пирсы. В настоящей статье остановимся на анализе последних из указанных выше элементов, которые меньше всего рассматриваются в литературе.

**Шезлонги** стали популярными во Франции уже в XVIII в., затем быстро приобрели популярность и в других странах Европы. Эти «длинные стулья» (именно так переводится «шезлонг» с французского языка) стали незаменимым элементом мест для отдыха. В настоящее время можно встретить шезлонги различных форм: дюшес-бризе (*duches-brisee*) – композиция из вместительного и глубоко кресла с приставным табуретом; складные – превращаются в кресла или же стул, что позволяет перемещать их без различных проблем, имеют поднимающееся и опускающееся подножье, опускающиеся подлокотники и прочие условия; шезлонг-качеля – необычный вид, в конструкции которого главным является стойка, на которой, собственно, и держится сам шезлонг. Также шезлонги по материалу изготовления подразделяются на: пластиковые (их недостаток – низкая прочность); деревянные (прочные, устойчивые, презентабельные, долговечные; плетенные (необычные и прочные); тканевые (имеют обычную складную конструкцию – на каркас из дерева или же металла надевают тканевый чехол; имеют оптимальную цену и компактные размеры, минус – низкая прочность ткани).

**Пляжные кабинки** разделяются на душевые и кабинки для переодевания. Впервые душевые кабины появились в Англии ещё в 1810 г., и они были около 2...2,5 метров в высоту. Ранее душевые кабины производились из металла, который был окрашен сверху. Состояли тогда душевые кабины из насоса, который выкачивал воду из бассейна, тем самым передавая её в специальный бак, а затем уже оттуда вода поступала на умывающегося. Это было не совсем удобно, так как со временем вода имела способность загрязняться. Именно поэтому в 1830 г. в США были изобретены такие виды душевых кабин, которые более схожи с современными. Из различных исторических свидетельств можно узнать, что трубы стали изготавливать не из обычного металла, а из свинца, по которым передавалась теперь не только холодная вода, но и горячая. Уже к концу XIX в. они стали массово распространяться по всей Европе. В настоящее время на прибрежных зонах

можно встретить душевые кабины различных видов: закрытые (в виде конструкции с крышей), «конструкции-топтуны» (чаще используются в тех случаях, когда нет специального участка для установления полноценной кабинки. В большинстве случаев состоят из двух насосов в виде «лягушек» и любого коврика) и полуоткрытые (обычно состоят из трех стен и одной двери). Последний вариант наиболее распространен и экономичен. Душевые кабины разнообразны по материалу изготовления: деревянные (прочные и чаще всего имеют какие-либо декоративные элементы; пластиковые (практичные и экономичные); металлические.

Для безопасного отдыха в прибрежной зоне также устанавливают **пирсы (причалы)**. Однако первоначально они были созданы для другой цели: для облегчения разгрузки кораблей и отправки груза. Но со временем их функции значительно изменились. Пирсы стали использоваться для обустройства прогулочных мест для людей. Местом зарождения пирсов принято считать Великобританию. Именно здесь в начале XIX в. был зарегистрирован первый прогулочный пирс. Самым древним из всех является пирс, который находится в г. Райд (Англия). Он был построен в 1813–1814 гг. Этот пирс представлял собой брусчатую конструкцию в длину более 600 м. В наше время пирсы приобрели популярность, тем самым с каждым годом численность разнообразия их конструкций значительно увеличивается. В зависимости от назначения пирсы бывают: прогулочные; для швартовки; плавучие пирсы. Для максимальной устойчивости пирса следует учитывать функциональные характеристики материалов и в этом контексте пирсы подразделяются на следующие: пирсы из различных пород древесины (лиственница, акация, ясень и т. д.); из термодревесины; из древесно-полимерного композита.

Исходя из вышеупомянутых факторов, качественная организация прибрежной зоны – это огромный труд, который требует большого количества времени и затрат, а также знаний, чтобы данное оборудование могло прослужить достаточное количество времени.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Горюнов, Б. Ф. Специализированные пирсы / Б. Ф. Горюнов. – М.: МИСИ, 1983. – 92 с.
2. Другомиллов, Р. А. Архитектурное благоустройство сельских поселений: традиции и современность: монография / Р. А. Другомиллов, Ю. А. Мажайский. – Рязань: ФГБУО ВО РГТУ, 2021. – 96 с.

УДК 626.8

**Соловьев Н. Д.**, студент 3-го курса  
**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА  
РЕГУЛИРУЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ  
НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ**

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

В Республике Беларусь в сельскохозяйственном использовании находится около 2,9 млн. га мелиорированных земель. Для обеспечения соблюдения проектных норм осушения земель построено 4948 мелиоративных систем. В составе этих мелиоративных систем используется сложный комплекс гидротехнических сооружений (164,6 тыс. километров каналов, 997 тыс. километров закрытой дренажной сети, 2,4 тыс. шлюзов-регуляторов, 27,5 тыс. труб-регуляторов). На площади 701,9 тыс. га (1607 мелиоративных систем) построены мелиоративные системы с двусторонним регулированием водного режима, которые служат не только для осушения, но и для увлажнения почв в засушливые периоды вегетации [1].

Осушительно-увлажнительные системы с увлажнительным шлюзованием осуществляют не только задержание стока с собственного водосбора, но и подачу воды из внешних водоисточников (водохранилищ, рек, прудов, транспортирующих каналов) на увлажнение с целью поддержания уровней грунтовых вод на полях в требуемых для возделывания сельскохозяйственных культур диапазонах в соответствии с принятой технологией увлажнения осушаемых земель.

Конструкция осушительно-увлажнительных систем зависит от выбранного способа и метода увлажнения. Увлажнение путем инфильтрации воды из одиночного канала применяют на нешироких участках поймы (до 500 м). При этом способе в канале устраивают шлюзы-регуляторы, выполняющие роль водоподпорных сооружений. Последние располагают таким образом, чтобы уровень воды в канале на участках между смежными сооружениями поддерживался ниже бровки на 0,3...0,6 м. На каналах устраивают гидротехнические сооружения, которые регулируют уровненный режим. Русловые шлюзы-регуляторы на магистральном канале проектируют в створах, назна-

ченных исходя из условий наилучшего командования над нижерасположенной осушительно-увлажнительной сетью, а на боковой сети на каждом канале в голове и в устье [2].

Отсутствие в нормативных документах научно-обусловленных указаний по размещению регулирующих сооружений приводит к субъективному подходу при расстановке и выборе их количества. Только этим можно объяснить имеющуюся большую неоднородность в армировании такими сооружениями мелиоративных систем.

Степень насыщенности мелиоративных объектов регуляторами уровней при примерно одинаковых природных условиях и рельефе разная. Например, площади обслуживания одним сооружением на обследованных объектах составляют от 29 га (объект «Искра» Ивацевичского района) до 1496 га (объект «Вислица» Пинского района). Вполне понятно, что при таком большом различии в площадях обслуживания, влияние регулирующих сооружений на водный режим мелиорируемых земель будет различным и степень их эффективности неодинаковой.

Определение количества сооружений, устраиваемых на мелиоративной сети, рассмотрим на примере следующих методик:

Рассмотрим типовую схему регулирования водного режима с применением кротового дренажа (рис. 1).

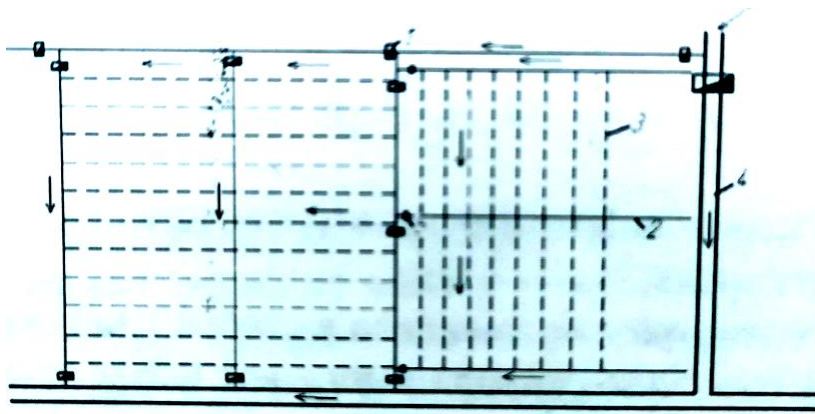


Рис. 1. Типовая схема регулирования водного режима с применением кротового дренажа: 1 – шлюзы-регуляторы; 2 – открытые каналы; 3 – кротовые дрены; 4 – магистральный канал; 5 – распределитель

При такой схеме осушительно-увлажнительной сети количество регуляторов можно определить по формуле (1)

$$N = 2N_y + N_k, \quad (1)$$

где  $N_y$  – количество участков;

$N_k$  – количество коллекторов-увлажнителей.

Количество участков определим по формуле (2)

$$N_y = F_{об} / F_y, \quad (2)$$

где  $F_y$  – площадь участка;

$F_{об}$  – площадь объекта.

Площадь участка определяется по формуле (3)

$$F_y = BL_0, \quad (3)$$

где  $B$  – расстояние между осушителями-увлажнителями, которое находится по формуле (4) Б. Г. Геймана:

$$B = 2 \sqrt{\frac{k}{t} \cdot h(2H - h)}. \quad (4)$$

При применении кротового дренажа расстояние между осушителями-увлажнителями принимается равным длине кротовых дрен при одностороннем вводе дрен и двойной длине дрен при двустороннем вводе дрен.

$L_0$  – длина осушителей-увлажнителей, которая должна быть не больше оптимального расстояния между регуляторами определяется по формуле (5)

$$L_0 = (H_1 - h_k + h_c) / i_n, \quad (5)$$

где  $H_1$  – напор перед шлюзом-регулятором при нормальной глубине воды в канале;

$h_k$  – глубина магистрального канала в створе сооружения;

$h_c$  – глубина сбросного канала в нижнем бьефе последующего водоподпорного шлюза;

$i_n$  – средний уклон по бровке магистрального канала.

Рассмотрим схему закрытой осушительно-увлажнительной системы со шлюзами на магистральном канале (рис. 2).

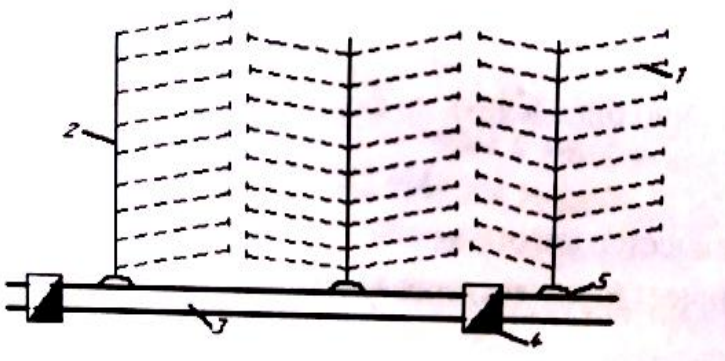


Рис. 2. Схема закрытой осушительной системы со шлюзами на магистральном канале:  
 1 – трубчатые дрены; 2 – коллекторы; 3 – магистральный канал;  
 4 – русловые шлюзы; 5 – устья

Длина дрен из условий осушения в соответствии с нормами не должна превышать 200м при уклоне 0,003 и 250 м при уклоне 0,005. При подаче воды для увлажнения снизу длина дрены зависит от ее уклона и напора вдоль линии дрены: чем больше уклон, тем меньше длина дрены. Максимальная длина дрены увлажнителя – расстояние от устья до пересечения с пьезометрической линией напора определяется по формуле (6)

$$L_{\max} = 10,16 \cdot h \cdot d^5 / \lambda Q_p^2, \quad (6)$$

где  $h$  – напор вначале дрены увлажнителя, м;

$d$  – диаметр дрены;

$\lambda$  – коэффициент сопротивления движения воды в трубах, зависящая от трения  $\lambda = 0,03-0,08$ ;

$Q_p$  – расчетный расход дрены.

Оптимальная для увлажнения длина дрен редко превышает  $0,8 L_{\max}$ . Длина коллектора, подающего воду на увлажнение, ограничивается необходимостью поддержания напора над последней дренай, что необходимо для равномерного увлажнения обслуживаемой им площади [3, 4].

Такие схемы применяются при малых уклонах на проводящем канале. Закрывая нижний шлюз на канале поднимают горизонт воды в нем и заполняют его под напором против уклона коллектора. Из коллектора вода поступает в дрены и инфильтрирует в грунт, увлажняя

почву. Для равномерности увлажнения протяженность коллекторов и их уклоны должны быть минимальными.

Шлюзы-регуляторы располагают на проводящих каналах. Расстояние между шлюзами зависит от уклона поверхности земли и канала может быть определено по следующей формуле (7)

$$L_i = \frac{\Delta h}{I} + i, \quad (7)$$

где  $I$  – уклон дна канала;

$i$  – уклон поверхности земли;

$\Delta h$  – допустимая разница в уровнях между шлюзами, зависит от уклона поверхности и может изменяться согласно рекомендациям от 0,2 м до 0,5 м.

Допускаемая разница в уровнях между шлюзами определяется по формуле (8)

$$\Delta h = h_2 - h_1, \quad (8)$$

где  $h_2$  – глубина воды от бровки у нижнего шлюза;

$h_1$  – глубина воды от бровки у верхнего шлюза.

Оптимальное количество шлюзов-регуляторов на системе можно определить по формуле (9)

$$N = L_k / L_i, \quad (9)$$

где  $N$  – оптимальное количество шлюзов-регуляторов;

$L_k$  – общая длина проводящего канала.

Правильный эксплуатационный режим на мелиоративной системе зависит от надежности сетевых гидротехнических сооружений, которыми она армируется. В современных условиях для армирования мелиоративной сети на 1000 га площади требуется следующее количество сетевых гидротехнических сооружений: открытая оросительная сеть – 55, осушительно-увлажнительная – от 45 до 50 и дренажная сеть от 40 до 45 сооружений.

При шлюзовании одиночного канала увлажнительное действие сказывается на расстоянии до 100 м на торфяниках подстилаемых песком. Дальше влияние подъема уровня практически не проявляется. Многолетними исследованиями А. Шольца на песчаных почвах с коэффициентом фильтрации 13–17 м/сут установлена зона эффективного подпора при шлюзовании равная 200 м. Реальный уровень воды в регулирующей сети подбирается опытным путем для каждой мелиоративной системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февр. 2021 г., № 59 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021. – 115 с.
2. Рекомендации. Проектирование устройств для оперативного контроля водного режима на осушительно-увлажнительных системах. – Минск: РУП «Институт мелиорации», 2008. – 20 с.
3. Коваленко, П. И. Автоматизация мелиоративных систем / П. И. Коваленко. – М.: Колос, 1983. – 304 с.
4. Маслов, Б. С. Осушительно-увлажнительные системы / Б. С. Маслов. – М.: Колос, 1981. – 280 с.

УДК 712

**Тимошенко Н. И.**, студент 3-го курса

### **ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЕКОРАТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БЛАГОУСТРОЙСТВА**

*Научный руководитель – Другомилова О. В., ст. преподаватель  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь*

Под декоративными элементами благоустройства подразумевается декоративные элементы, которые украшают и благоустраивают окружающую среду. Примерно восемь тысяч лет назад люди начали задумываться о том, чтобы украсить свои сады и парки. Примерно в то время начало свое формирование направление в искусстве, которое в данное время мы называем «ландшафтный дизайн». Это считалось символом богатства и престижа и отражало внешний облик человека и отношение к религии.

Всеми известной родиной садов является египетская земля. Они были устроены в классическом стиле, и подразумевали обязательное наличие водоемов, декоративных растений и зон отдыха. Также можно вспомнить о висячих садах Семирамиды, которые находились в Вавилоне и причислены к семи Чудесам Света. Греческий же дизайн отличился тем, что греки не хотели трогать природу и нарушать ее естественную красоту. А древние римляне – наоборот хотели подчинить природу себе. Для их садов характерны специально обдуманные величественные композиции. Люди, которые могли себе позволить сделать такой сад, украшали его строгими, различными фигурами и элементами. Именно здесь возникла стрижка кустарников и

деревьев, в виде художественной картины, которая имеет название «топиари». Такая стрижка увлекательна, так как она придает причудливые формы различным видам растений. В древности подвергали такой обрезке те кустарники и деревья, которые в любое время года остаются зелеными. По легенде основателем топиария был Калвена садовник императора Цезаря. У Калвены было большое число учеников, а также специальные школы фигурного искусства которые подготавливали мастеров своего дела. Именно поэтому данное искусство быстро распространилось за пределы Рима [1].

Виды декоративного оборудования и элементов благоустройства включают в себя различные подпорные стенки и лестницы на откосах, покрытие дорожек, оборудование площадок с использованием газона, разнообразная ограда, декоративные ворота. Благоустройство включает функциональные элементы, аллеи, беседки, клумбы, вазоны, креативные скульптуры, произведения искусства, цветочные композиции, фонтаны, живые изгороди [1, 2, 3]. Далее рассмотрим в данной статье декоративные элементы благоустройства.

Креативные скульптуры – вид изобразительного искусства, произведения которого имеют объемную форму и выполняются из твердых материалов методом высекания, удаления лишнего из начальной массы каменного или иного блока (различные животные, выструганные из дерева, камня или металлических деталей).

Фонтаны – искусственно созданные водные элементы благоустройства. Они являются оригинальным элементом для создания ландшафтного интерьера и нужны для предания красоты и эмоционального настроения человека.

Цветочная композиция – неотъемлемая часть различных объектов озеленения. В связи с этим в цветочной композиции в большей степени проявляется техника ландшафтного дизайна, при помощи которой достигается гармония городской застройки с элементами природы.

Беседки – служат украшением открытых пространств и размещаются в тихих, уединенных местах с возможностью любования природой. Для них важны удобное расположение, красивая конструкция и отделка. Они нужны для отдыха и укрытия от солнечных лучей или дождя.

Клумбы – в ландшафтном дизайне цветочные клумбы могут выполнять различные функции. В первую очередь, они используются для украшения участка и придания ему гармоничности. Но они могут использоваться и для практических целей, например, для маскировки неровностей рельефа.

Вазоны – это атрибут благоустройства и отличное украшение любой территории. Они представляют собой специальные емкости для посадки живых растений. Обычно устанавливаются там, где нет места, чтобы разбить большую клумбу, либо если из-за особенностей грунта посадка растений в почву невозможна на участке.

Живые изгороди – они используются как фон для декоративных композиций, таких как клумбы и цветники. При помощи них можно скрыть или же замаскировать хозяйственную зону, трубы и другие коммуникации. А также они могут использоваться в качестве оград, ветрозащиты или затенения.

Цель благоустройства – улучшить экологическое, эстетическое, функциональное и санитарно-гигиеническое состояние территории. Для этого в городе и его отдельных частях используют разные элементы обустройства. В данной работе было рассмотрено то, что декоративные элементы благоустройства начали применять еще в древние времена и по сей день это не утратило свою ценность а даже наоборот добавило определенное развитие и имеет большую ценность в наше время.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ожегов, С. С. История ландшафтной архитектуры: учеб. для вузов / С. С. Ожегов. – М.: Архитектура-С, 2004. – 232 с.
2. Другомилов, Р. А. Архитектурное благоустройство сельских поселений: традиции и современность: монография / Р. А. Другомилов, Ю. А. Мажайский. – Рязань: ФГБУО ВО РГТУ, 2021. – 96 с.
3. Искусство архитектурно-ландшафтного дизайна / Г. А. Потаев [и др.]; под общ. ред. Г. А. Потаева. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 217 с.

УДК 628.35:728.37

**Чикановский А. С.**, студент

### **ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ЗАГОРОДНЫХ ДОМОВ**

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

Сточные воды образуются в результате хозяйственно-бытовой и производственной деятельности человека. Они тем или иным путем попадают в воды закрытых водоемов, рек, морей и океанов, где и со-

средотачивается все многообразие вредных веществ, производителем которых вольно или невольно является человек.

Утилизация и обезвреживание сточных вод составляет одну из самых важных экологических проблем настоящего времени и в этом направлении наработано множество разнообразных технологических приемов, в основе которых лежат физико-химические или биохимические процессы деградации вредных компонентов сточных вод.

Спасаясь от неблагоприятной экологической обстановки городов, мы ищем убежище на лоне природы. И сами того не ведая, постепенно превращаем не испорченный достижениями технического прогресса участок в рассадник болезнетворных микроорганизмов.

Из-за невозможности подключения к центральной системе водоотведения многие владельцы загородных домов для очистки сточных вод использовали септики – подземные отстойники для перегнивания. Эти сооружения не являются современными системами очистки, так как имеют ряд существенных недостатков: неприятный запах, необходимость частой откачки осадков, небольшой уровень (до 60 %) очистки сточных вод. Поэтому в загородном строительстве и частном секторе сегодня вместо вчерашних технологий очистки применяют различные типы индивидуальных очистных сооружений. Индивидуальные очистные сооружения – это спектр оборудования и устройств, которые выпускаются в заводских условиях, имеют единую технологию очистки сточных вод.



Рис. 1. Герметичный накопительный бак

Системы очистки сточных вод делят на очистку сточных вод (септики с фильтрами); накопление воды (выгребная яма или герметичная

емкость); биологическое очищение (автономная станция с емкостью, по которой циркулирует жидкость и очищается активным илом с бактериями).

При такой системе очистки вода не уходит в почву, а твердые отходы накапливаются в резервуаре. Накопительный бак подойдет для участка, если на нем залегают грунтовые воды на высоком уровне. Для установления на участке накопительного бака необходимо: максимальное пролегание грунтовых вод должно быть не глубже 3 метров; минимальное расстояние от бака: до границы соседнего участка – 3 метра, от колодца – 20 метров, от жилых помещений – 15 метров.



Рис. 2. Септик

Септик очищает воду системами фильтров на 30–40 %. Основная задача септика удалять неорганические осадки раз в год. Существует 4 вида септиков: однокамерный и двухкамерный, с полем фильтрации и биофильтром. Аэрационная система очистки представляет собой компактную конусообразную установку из двух камер – аэрационной и отстаивания. Микроорганизмы (биологически активный ил) получают кислород, нагнетаемый компрессором, и органические вещества из загрязненных бытовых стоков, необходимые для их жизнедеятельности и размножения. Активный ил расщепляет загрязняющие вещества сточных вод, таким образом, очищая их до нормативных показателей. Воздухообмен также способствует удалению летучих продуктов жизнедеятельности микроорганизмов. Активный ил не нужно загружать в систему – биомасса нарастает самопроизвольно, как в природе, однако периодически приходится самостоятельно откачивать избыточный и погибший активный ил портативным насосом.

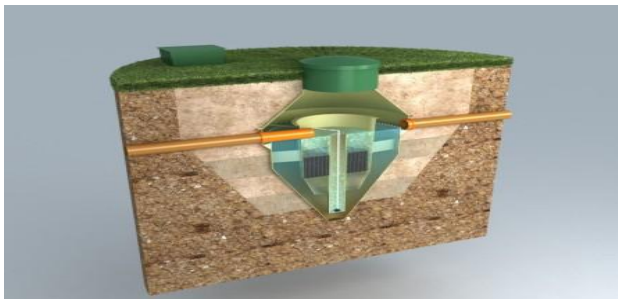


Рис. 3. Аэрационные устройства биологической очистки

Очистка системы осуществляется в зависимости от фактической нагрузки, но не чаще одного раза в год. По мере поступления в очистное устройство новой порции бытовых стоков равный объем очищенной воды вытесняется по выходной трубе через дренажную систему в грунт, насыпь или водоем. Выпуск очищенной воды осуществляется самотеком или с помощью насоса. Данная система по сравнению с септиками имеет ряд достоинств:

- 1) использование оборудования из стеклопластика или пропилена;
- 2) более быстрый монтаж (отсутствие необходимости выполнения бетонных работ);

3) кислород в устройстве делает невозможным развитие гнилостных бактерий, решая, таким образом, проблему неприятного запаха;

4) уровень очистки сточных вод достигает 98 %, небольшой вес. Недостаток чистых природных вод и высокая потребность в очищенной воде определяют необходимость продолжения работ по дальнейшему совершенствованию систем очистки. В этих условиях разработка новых технологических решений, обеспечивающих высокое и стабильное качество очистки сточных вод, является актуальной и востребованной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Водоотведение: учебник / Ю. В. Воронов [и др.]. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 415 с.
2. Водоснабжение и водоотведение: учеб. / В. И. Калицун [и др.]. – М.: Стройиздательство, 2006. – 480 с.
3. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: справочник проектировщика / под общ. ред. В. И. Самохина. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.

УДК 626.8

Соловьев Н. Д., студент 3-го курса

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА РЕГУЛИРУЮЩИХ СООРУЖЕНИЙ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ**

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

Ведение сельскохозяйственного производства на больших площадях мелиорированных угодий требует решения ряда вопросов организационного и экономического характера. Опыт показывает, что атмосферные осадки в течение года выпадают неравномерно, в вегетационный период наблюдается дефицит влаги в почве, что снижает урожай сельскохозяйственных культур. Для восполнения дефицита влаги необходима дополнительная подача воды в корнеобитаемый слой методами внутрпочвенного увлажнения или дождевания.

К мелиоративным системам, обеспечивающим получение высоких и устойчивых урожаев относятся осушительно-увлажнительные системы, позволяющие наиболее полно управлять водно-воздушным, тепловым и пищевым режимами мелиорируемых земель в соответствии с потребностями возделываемых сельскохозяйственных культур. В Республике Беларусь на площади 701,9 тыс. га (1607 мелиоративных систем) построены мелиоративные системы с двусторонним регулированием водного режима [1].

Для обеспечения требуемого водно-воздушного режима почв используются регулирующие сооружения, которые обеспечивают поддержание уровней воды в регулирующей сети и уровней грунтовых вод с заданной точностью. Следует отметить, что важно определить необходимое количество регулирующих сооружений устраиваемых на мелиоративной системе, так как при правильном регулировании будет поддерживаться оптимальный водный режим для сельскохозяйственных культур. При изучении закономерностей определения оптимального количества регулирующих сооружений можно использовать математические методы анализа, в частности двух- и многофакторный регрессионный и дисперсионный анализы, позволяющие рассматривать сложные взаимосвязи факторов в комплексе. При построении экономико-математической модели определения оптимального количества регулирующих сооружений регрессионный анализ всегда должен сопровождаться предварительной оценкой взаимосвязи явлений [2].

Для проведения анализа были взяты данные инвентаризации мелиоративных систем по Брестской области (табл. 1).

Таблица 1. Данные инвентаризации мелиоративных систем по Брестской области

Районы	Общая площадь осушенных земель, га	Площадь осушенных сельскохозяйственных земель, га	Площадь земель, осушенных открытой сетью, га	Площадь земель, осушенных дренажем, га	Площ. земель осуш. сист. двустороннего действия, га	Количество регулируемых сооружений, шт.	Протяжённость открытой сети, км	Протяжённость закрытой осушительной сети, км	Площадь обслуживаемая одним сооружением, га	Протяжённость открытой сети на одно регулир. сооружен., км
Ганцевичский	37475	34811	14408	20403	20934,9	485	2288,08	6101	72	4,72
Барановичский	18411	17515	8923	8592	2502	182	1743,8	1245,4	96	9,58
Березовский	37915	36598	9029	27569	16350	429	1918	10359	85	4,47
Брестский	26996	24917	5545	19372	6960	384	1332,5	7096,4	65	3,47
Дрогичинский	59151	55887	23058	32829	16880	577	2877,59	13711,23	97	5,17
Жабинковский	21421	20026	1023	19003	7309	250	832,92	6292,9	80	3,33
Ивановский	55326	50850	35707	15143	19887	562	2524	11233	90	4,49
Ивацевичский	51519	45515	26003	19512	286	558	3146,1	5893,7	82	5,64
Каменецкий	22740	21628	6015	15613	4125,7	261	1260,018	6095,64	83	4,83
Кобринский	69985	66036	28601	37435	22233	664	3799,7	12847,4	99	5,72
Лунинецкий	75999	64750	37610	27140	22233	854	3701,2	6990,2	76	4,33
Ляховичский	24558	22030	5951	16079	7224	243	1289,2	5159	91	5,31
Малоритский	41789	39289	19561	19728	18184	448	2405	6438	88	5,37
Пинский	94648	87516	27741	59775	40923	816	5549,7	7795,19	107	6,8
Пружанский	50046	47368	30339	17029	19982	624	3217,93	5149,76	76	5,16
Столинский	63384	58379	35295	23084	26225	675	3605,4	8076,8	86	5,34
									$F_{\text{ср}} = 85,8$	$L_{\text{ср}} = 4,93$

Как видно из табл. 1, по Брестской области, земли, осушенные системами двустороннего действия, самую большую площадь занимают в Пинском районе 40923 га, самую малую – в Ивацевичском 286 га. Самое большое количество регулирующих сооружений наблюдается в Лунинецком районе 854 шт., самое малое – в Барановичском 182 шт. Площадь, обслуживаемая одним сооружением, имеющая самую большую величину в Пинском районе, достигает 107 га. Самая малая площадь, обслуживаемая одним сооружением, в Брестском районе 65 га. Из таблицы видно, что среднее значение по площади, обслуживаемой одним сооружением для Брестской области составляет 85,8 га. Среднее значение протяженности открытой сети приходящееся на одно регулирующее сооружение составляет 4,93 км.

Для определения оптимального количества регулирующих сооружений на мелиоративной сети было решено построить корреляционную модель. В данную модель включены факторы, которые в совокупном взаимодействии с указанными определяют оптимальное количество регулирующих сооружений (табл. 2):

$X_1$  – площадь земель осушенных открытой сетью, тыс. га;

$X_2$  – площадь земель осушенных дренажем, тыс. га;

$X_3$  – площадь земель осушенных системами двустороннего регулирования, тыс. га;

$X_4$  – протяженность открытой сети, тыс. км.

Таблица 2. Факторы, определяющие количество сооружений по Брестской области

Районы	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$Y_{\text{факт}}$	$Y_{\text{расч}}$	% отклон
Ганцевичский	14,408	20,403	20,934	2,288	485	432	112
Барановичский	8,923	8,592	2,502	17,438	182	196	93
Березовский	9,029	27,569	16,350	1,918	429	414	104
Брестский	5,545	19,372	6,960	1,332	384	343	112
Дрогичинский	23,058	32,829	16,880	2,877	577	606	95
Жабинковский	1,023	19,003	7,309	0,832	250	224	112
Ивановский	35,707	15,143	19,887	2,524	562	624	90
Ивацевичский	26,003	19,512	0,286	3,146	558	544	103
Каменецкий	6,015	15,613	4,125	1,260	261	297	88
Кобринский	28,601	37,435	22,233	3,799	664	699	95
Лунинецкий	37,610	27,140	22,233	3,701	854	739	116
Ляховичский	5,951	16,079	7,224	1,289	243	267	91
Малоритский	19,561	19,728	18,184	2,405	448	485	92
Пинский	27,741	59,775	40,923	5,549	816	834	97,8
Пружанский	30,339	17,029	19,982	3,217	624	590	106
Столинский	35,295	23,084	26,225	3,605	675	689	98

Совокупное действие изучаемых факторов на количество сооружений для Брестской области, выражается уравнением множественной регрессии:

$$y_x = 131 + 11,7 X_1 + 6,38 X_2 + 0,693 X_3 - 5,49 X_4.$$

Коэффициент множественной корреляции равен 0,968, что свидетельствует о достаточно тесной связи между рассматриваемыми показателями и количеством сооружений, которая предопределяется учитываемыми факторами в среднем на 93,7 %. Увеличение площади земель осушенных открытой сетью на 1000 га по Брестской области увеличит количество сооружений на 11,7 шт. При увеличении площади земель осушенных дренажем на 1000 га повысится количество регулирующих сооружений на 6,4 шт. [3].

По полученной корреляционной модели определяем расчетное количество регулирующих сооружений на мелиоративной сети. Подставляем в корреляционную модель фактическое значение учитываемых факторов, затем полученное расчетное значение сравниваем с фактическим и определяем процент отклонения. Как видно из табл. 2 отклонение фактического значения от расчетного составляет в среднем не более 5 %.

Используя данную модель можно определить оптимальное количество регулирующих сооружений на мелиоративной сети подставив в нее известные фактические значения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февр. 2021 г., № 59 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021. – 115 с.
2. Бусел, И. П. Повышение продуктивности мелиорированных земель / И. П. Бусел. – Минск: Ураджай, 1983.
3. Васильев, В. В. Оптимизация количества регулирующих сооружений на мелиоративных системах / В. В. Васильев, Е. В. Кузнецова // Актуальные проблемы инновационного развития агропромышленного комплекса Беларуси: Материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 45-летию каф. управления / БГСХА. – Горки, 2016. – С. 42–46.

УДК 631.67:633.37(476-18)

**Гапоненко Д. Р.**, студент 2-го курса

## **РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ**

*Научный руководитель – Волынцева В. А., ассистент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Галега восточная – одна из наиболее эффективных многолетних бобовых трав в кормопроизводстве для получения высокобелковых растительных кормов различных видов: свежего зеленого корма, высокопитательного сена, сенажа, силоса и травяной муки. В отличие от клевера лугового и люцерны она может произрастать на одном месте 20 лет и более, ежегодно формируя при этом урожайность зеленой массы от 55 до 75 т/га и выше.

Галега восточная в Республике Беларусь является одной из наиболее эффективных многолетних бобовых трав для производства различных видов высокобелковых растительных кормов, таких как зеленый корм, сено, сенаж, силос, травяная мука. Все виды кормов различаются между собой по питательной ценности, а их качество зависит от способов приготовления и фазы развития растений в период их скашивания [1, 2, 3].

Опыты по изучению режима орошения при возделывании галеги восточной в условиях орошения проводились в 2016–2019 гг. в северо-восточной части Беларуси, в УНЦ «Опытные поля БГСХА» «Тушково-1».

Почва опытного участка дерново-подзолистая, легкосуглинистая, подстилаемая с глубины 1 м моренным суглинком. Почва характеризовалась следующими агрохимическими и водно-физическими показателями: гумус – 1,54 %;  $P_2O_5$  – 283,9 мг/кг;  $K_2O$  – 239,0 мг/кг; pH – 6,43; плотность сложения для расчетного слоя почвы (0–40 см) – 1,32–1,43 г/см<sup>3</sup>; наименьшая влагоемкость для расчетного слоя почвы (0–40 см) – 20,0–22,67 % от массы сухой почвы (105,6–127,0 мм).

Объектом исследований служил отечественный сорт галеги восточной Нестерка.

Схема опыта включала следующие варианты:

- 1) без орошения (контроль);
- 2) орошение галеги восточной при снижении влажности почвы до уровня 80 % НВ в слое 0–40 см (80 % НВ);
- 3) орошение галеги восточной при снижении влажности почвы до уровня 70 % НВ в слое 0–40 см (70 % НВ).

Поддержание почвенной влажности на требуемом уровне для каждого из вариантов увлажнения выполнялось барабанно-шланговой дождевальной установкой Irriland Raptor. Площадь учетной делянки 115,5 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. Расположение делянок систематическое. Метеорологические условия в период вегетации галегии восточной в годы проведения исследований имели существенные различия (табл. 1).

Таблица 1. Отклонение основных метеорологических показателей вегетационных периодов галегии восточной от нормы (2016–2019 гг.)

Год исследований	Сумма осадков за сезон		Средняя температура воздуха за сезон		Средний ГТК за сезон (за вегетационный период)
	мм	% от нормы	°С	% от нормы	
2016	451,2	120	15,2	108	1,53
2017	508,3	131	13,2	97	1,78
2018	402,1	107	15,8	112	1,34
2019	372,1	105	15,3	106	1,49

Анализ полученных результатов ГТК показал, что тепло-влажеообеспеченность в наших исследованиях значительно различалась по годам. Так, 2015 г. характеризовался как засушливый, 2016, 2018 и 2019 гг. были оптимальными по увлажнению, а 2017 г. – избыточно влажным.

Устранение неравномерности распределения атмосферных осадков внутри вегетационных периодов выполнялось с помощью поливов. Количество поливов различалось по годам исследований. В варианте 80 % НВ в 2016–2017 гг. понадобилось по два полива, а в 2018–2019 гг. – по одному поливу нормой 25 мм. В варианте 70 % НВ потребовалось по два полива в 2016, 2018, 2019 гг., а в 2017 г. – три полива нормой 30 мм.

В годы исследований урожайность сухого вещества (табл. 2).

Колебалась от 6,06–19,95 т/га на контрольном варианте опыта до 13,69–26,14 т/га на орошаемых вариантах, достигая максимальных значений на травостоях с нижней границей предполивной влажности 70 % НВ. Дополнительная влага, поступающая в почву, обеспечивает повышение продуктивности орошаемых земель на 3,31–7,63 т/га и 5,80–8,68 т/га на вариантах 80 и 70 % НВ соответственно.

Таблица 2. Урожайность сухого вещества галеги восточной в 2016–2019 гг., т/га

Вариант опыта	Год	Всего	Прибавка урожая	
			±к контролю	±70 % НВ к 80 % НВ
Контроль	2016	6,06	–	–
	2017	9,66	–	–
	2018	12,59	–	–
	2019	19,95	–	–
	Среднее	12,07	–	–
70 % НВ	2016	14,74	8,68	1,05
	2017	15,46	5,8	1,13
	2018	19,97	7,38	2,75
	2019	26,14	6,19	2,88
	Среднее	19,08	7,01	1,95
80 % НВ	2016	13,69	7,63	–
	2017	14,33	4,67	–
	2018	17,22	4,63	–
	2019	23,26	3,31	–
	Среднее	17,13	5,06	–
$\frac{HCP_{05}}{S_x}$	2016	$\frac{0,63}{0,18}$	–	–
	2017	$\frac{0,39}{0,11}$	–	–
	2018	$\frac{0,46}{0,13}$	–	–
	2019	$\frac{0,77}{0,22}$	–	–

Максимальный биологический потенциал галеги восточной раскрывается при регулировании почвенных влагозапасов в пределах 70–100 % НВ. За счет дополнительного увлажнения галеги восточной обеспечивается прибавка урожайности сухого вещества в размере 5,8–8,68 т/га. Достоверная прибавка отмечается и в варианте 80 % НВ, которая составляет 0,91–2,88 т/га в зависимости от возраста травостоя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бушуева, В. И. Галега восточная: монография / В. И. Бушуева, Г. И. Таранухо. – 2-е изд., доп. – Минск: Экоперспектива, 2009. – 204 с.
2. Капустин, Н. К. Теоретические и экспериментальные обоснования новых технологий заготовки травяных кормов с использованием нетрадиционных кормовых культур: монография / Н. К. Капустин. – Минск: БелНИИЖ, 2001. – 253 с.
3. Кшникаткина, А. Н. Козлятник восточный: монография / А. Н. Кшникаткина. – Пенза: РИО ПГСХА, 2001. – 287 с.

УДК 631.67:631.559:633.37

Гапоненко Д. Р., студент 2-го курса

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКИХ И СТАБИЛЬНЫХ УРОЖАЕВ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ**

*Научный руководитель – Волынцева В. А., ассистент*

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Галега восточная в Республике Беларусь является одной из наиболее эффективных многолетних бобовых трав для производства различных видов высокобелковых растительных кормов, таких как зеленый корм, сено, сенаж, силос, травяная мука. Все виды кормов различаются между собой по питательной ценности, а их качество зависит от способов приготовления и фазы развития растений в период скашивания. В зависимости от фазы развития в кормовой массе галеги восточной содержится 18,5–27,6 % протеина, 25,5–33,1 % клетчатки, 2,5 – 3,0 % жира, 7,2–10,6 % золы, 33,0–43,2 % БЭВ, 0,29–0,68 к. ед., 62,6–197,9 г ПП, 5,7–17,3 г Са, 0,79–3,3 г Р и от 27,0 до 142 мг/кг каротина [1–3].

Самые высокие показатели отмечены в зеленом корме, убранным в фазе стеблевания. Менее питательным является корм при скашивании галеги в фазе цветения и созревания [4].

В зеленой массе галеги восточной содержатся 18 аминокислот, из которых доля незаменимых составляет 38–47 %. Она отличается высоким содержанием минеральных солей и каротина, что характеризует ее как ценный поливитаминный корм для всех видов животных. Зеленый корм из галеги характеризуются хорошей переваримостью.

С целью более интенсивного внедрения галеги восточной в сельскохозяйственное производство в Республике Беларусь созданы сорта отечественной селекции: Полесская, Нестерка, Садружнасьць, Надежда, БГСХА-2 и разработаны технологические приемы возделывания [1, 4].

Однако внедрение культуры в производство и расширение посевных площадей сдерживается по ряду причин, среди которых несоблюдение отдельных технологических приемов возделывания культуры, таких как инокуляция и скарификации семян, а также использование для посева участков с повышенной кислотностью почвы [6].

В последние годы в связи с периодическим повторением засушливых весенне-летних периодов, актуальным и эффективным технологическим приемом является орошение культуры [5].

Целью наших исследований было изучение влияния орошения на урожайность сухого вещества кормовой массы галеги восточной. Объектом исследований служил сорт Нестерка, селекции УО БГСХА.

Опыты проводились в 2015–2019 гг. в северо-восточной части Беларуси, в УНЦ «Опытные поля БГСХА» «Тушково-1».

Схема опыта включала варианты:

- 1) без орошения (контроль);
- 2) орошение галеги восточной при снижении предполивной влажности почвы до уровня 80 % НВ в слое 0–40 см (в дальнейшем будет именоваться как 80 % НВ);
- 3) орошение галеги восточной при снижении предполивной влажности почвы до уровня 70 % НВ в слое 0–40 см (далее – 70 % НВ).

Поливы осуществлялись барабанно-шланговой дождевальная установкой итальянского производства *Irriland Raptor*. Поливная норма для варианта 80 % НВ составляла 25 мм, а для 70 % НВ – 30 мм.

Площадь учетной делянки 115,5 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. Расположение делянок систематическое. Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом, плотность почвы

**Урожайность сухого вещества галеги восточной в 2015–2019 гг.**

Варианты опыта	Годы	Ед. измерения	1-й укос	2-й укос	3-й укос	Всего	Прибавка урожая	
							±к контролю	±0,7НВ к 0,8НВ
Контроль	2015	т/га	1,47	–	–	1,47	–	–
		%	100	–	–	100	–	–
	2016	т/га	2,29	2,20	1,57	6,06	–	–
		%	37,79	36,30	25,91	100	–	–
	2017	т/га	4,31	3,48	1,87	9,66	–	–
		%	44,62	36,02	19,36	100	–	–
	2018	т/га	6,2	2,78	3,61	12,59	–	–
		%	49,25	22,08	28,67	100	–	–
	2019	т/га	8,03	6,79	5,13	19,95	–	–
		%	40,25	34,04	25,71	100	–	–
	Среднее за 2016–2019 гг.	т/га	5,21	3,81	3,05	12,07	–	–
		%	43,16	31,60	25,24	100	–	–
0,8НВ	2015	т/га	3,74	–	–	3,74	2,27	–
		%	100	–	–	100	154,42	–
	2016	т/га	4,19	4,47	5,03	13,69	7,63	–
		%	30,61	32,65	36,74	100	125,91	–
	2017	т/га	6,46	5,26	2,61	14,33	4,67	–
		%	45,08	36,71	18,21	100	48,34	–
	2018	т/га	8,21	4,99	4,02	17,22	4,63	–
		%	47,68	28,98	23,34	100	36,78	–
	2019	т/га	9,06	8,02	6,18	23,26	3,31	–
		%	38,95	34,48	26,57	100	16,59	–
	Среднее за 2016–2019 гг.	т/га	6,98	5,69	4,46	17,13	5,06	–
		%	40,76	33,20	26,04	100	41,94	–
0,7НВ	2015	т/га	4,65	–	–	4,65	3,18	0,91
		%	100	–	–	100	216,33	24,33
	2016	т/га	4,39	4,77	5,58	14,74	8,68	1,05
		%	29,78	32,36	37,86	100	143,23	7,67
	2017	т/га	6,81	6,65	2,00	15,46	5,8	1,13
		%	44,05	43,01	12,94	100	60,04	7,89
	2018	т/га	9,54	6,19	4,24	19,97	7,38	2,75
		%	47,77	31,00	21,23	100	58,62	15,97
	2019	т/га	9,72	8,82	7,60	26,14	6,19	2,88
		%	37,18	33,74	29,07	100	31,03	12,38
	Среднее за 2016–2019 гг.	т/га	7,62	6,61	4,86	19,08	7,01	1,95
		%	39,92	34,64	25,45	100	58,12	11,40
НСР05	2015					0,03		
	2016					0,63		
	2017					0,39		
	2018					0,46		
	2019					0,77		

Различия между вариантами с орошением 80 % НВ и 70 % НВ составили 0,91 т/га, но в обоих вариантах урожайность сухого вещества достоверно превысила контроль.

В первый год пользования или второй год жизни травостоев (2016 г.) урожайность сухого вещества варьировала в зависимости от варианта опыта в пределах от 6,06 т/га в контроле до 13,69 в варианте 80 % НВ и 14,74 т/га – 70 % НВ. К пятому году жизни (2019) галега восточная сформировала урожайность сухого вещества 19,95 т/га в контрольном варианте, 23,26 и 26,14 т/га в вариантах 80 % НВ и 70 % НВ, соответственно. Урожайность сухого вещества в варианте 80 % НВ на протяжении всего периода исследований занимала промежуточное положение, превышая аналогичные показатели в контрольном варианте по годам на 2,27–3,31 т/га, а в варианте 70 % НВ превышение над контролем составило 3,18–6,19 т/га.

Анализ структуры распределения сбора сухого вещества по укосам в среднем за все годы исследований показал, что в контрольном варианте доля первого укоса в общей урожайности в среднем составила 43,16 %, второго – 31,60 и третьего – 25,24 %. При орошении в варианте 80 % НВ этот показатель составил 40,76 %, 33,20 и 26,04 % и варианте 70 % НВ – 39,92 %, 34,64 и 25,45 %, соответственно. Начиная со второго года жизни, благодаря своевременному выпадению осадков в летне-осенние периоды, по три укоса, но различного уровня урожайности было получено в травостоях контрольного варианта. В вариантах с орошением не только получено по три укоса, но при этом стабильно повышался уровень урожайности каждого укоса и увеличивалась доля второго укоса в общем урожае на 1,60–3,04 % [5].

Все это подтверждает тот факт, что орошение является важным технологическим приемом, обеспечивающим формирование у галеги восточной более высокой и стабильной по годам урожайности сухого вещества. Наибольшая урожайность сухого вещества формируется при режиме орошения 70 % НВ, которая составила в первый год хозяйственного использования (2016) 14,74 т/га, а на пятый год жизни – 26,14 т/га, превысив контроль на 3,31–7,63 т/га [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бушуева, В. И. Галега восточная: монография / В.И. Бушуева, Г. И. Таранухо. – 2-е изд., доп. – Минск: Экоперспектива, 2009. – 204 с.
2. Ламан, Н. А. Рекомендации по возделыванию галеги восточной на корм и семена / Н. А. Ламан, В. И Прохоров, И. М. Морозова. – Минск, 2004. – 43 с.

3. Галега восточная и ее возможности / П. Т. Пикун [и др.]; под общ. ред. П. Т. Пикун. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 193 с.
4. Шпургалова, В. А. Особенности формирования урожайности галеги восточной сорта Нестерка при различных режимах орошения / В. А. Шпургалова, В. И. Бушуева // Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад. – 2017. – № 2. – С. 71–75.
5. Волынцева, В. А. Организационно-технологические факторы возделывания галеги восточной в условиях орошения / В. А. Волынцева, В. И. Бушуева, Т. Л. Хроменкова // Вестн. Беларус. гос. с.-х. акад. – 2021. – № 3. – С. 122–131.
6. Bushuyeva, Vera Iv. Effectiveness of Seed Inoculation of Galega orientalis with Microbial Agents Vogal and Rhizophos / Vera Iv. Bushuyeva // Journal of Nature Science and Sustainable Technology. Nova Science Publishers New York. – 2015. – Vol. 8, Number 4. P. 619–633.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Арганистова З. Ю.</b> Перспективы внедрения цифровых технологий в мелиорации: системы орошения (увлажнения) сельскохозяйственных растений .....	3
<b>Баженев А. С.</b> Сооружения механической очистки .....	5
<b>Бойко Е. Н.</b> Конструкции регулирующих сооружений на открытых каналах мелиоративных систем .....	9
<b>Бойко Е. Н.</b> Конструкции автоматических регулирующих сооружений на открытой осушительной сети .....	12
<b>Войтко М. Г.</b> Особенности орошения суданской травы .....	15
<b>Гапоненко Д. Р.</b> Исследование режима орошения галеги восточной различными поливными нормами .....	17
<b>Горбач В. А.</b> Аспекты развития ядерной энергетики .....	19
<b>Жабько С. В.</b> Перспективы использования керамзита в дорожном строительстве .....	22
<b>Жалгаскужиева А. С.</b> Анализ величин почвенного стока в северо-восточной части Беларуси .....	26
<b>Кирик А. С.</b> Особенности благоустройства территории в Республике Беларусь ....	29
<b>Козловский П. А.</b> Виды и причины деформации зданий и сооружений .....	32
<b>Латыш И. В.</b> Станция биологической очистки для индивидуальных домов .....	35
<b>Лопух Д. В.</b> Инновационные подходы в проектировании велопарковок .....	38
<b>Мазаева А. Л.</b> Популярный гибрид дождевальной машины и капельного орошения .....	40
<b>Мазаева А. Л.</b> Влияние орошения на бобово-злаковый травостой .....	43
<b>Мальцев К. Ю.</b> Симбиотическая активность многолетних бобовых трав в составе травосмеси в зависимости от орошения и минеральных удобрений .....	46
<b>Мальцев К. Ю., Рустемов Ф. Ш.</b> Применение бактериальных препаратов – путь к повышению продуктивности луговых угодий .....	49
<b>Мамруков С. В.</b> Регулирование микроклимата сооружений закрытого грунта .....	52
<b>Мельников И. Н.</b> Современная экологическая ситуация на агроландшафтах Республики Беларусь .....	55
<b>Мельников И. Н.</b> Радиоктивное загрязнение природной среды Республики Беларусь .....	58
<b>Мельников И. Н.</b> Проблемы загрязнения поверхностных и подземных вод Республики Беларусь .....	61
<b>Мельников И. Н.</b> Деградация и загрязнение почв Республики Беларусь .....	64
<b>Мельников И. Н.</b> Деградация природной среды в зоне влияния крупных промышленных предприятий Республики Беларусь .....	67
<b>Морозов С. П.</b> Вопросы классификации спортивных сооружений .....	70
<b>Новакевич Е. Ф.</b> Сравнительный расчет массивной подпорной стенки при воздействии на ее напорную грань водопроницаемого грунта совместно с водой ..	72
<b>Новакевич Е. Ф.</b> Сравнительный расчет в программе Robot structural analysis массивной подпорной стенки при действии на ее ломаную напорную грань двухслойного грунта.....	84
<b>Потапенко М. В.</b> Голлография. Основные принципы и применение .....	100
<b>Разумовский М. А.</b> Аспекты развития ядерной энергетики .....	102
<b>Романова Н. А.</b> Оценка влияния тепловлагообеспеченности на длину вегетационного периода люпина белого .....	105

<b>Рустемов Ф. Ш., Мальцев К. Ю.</b> Орошение многолетних трав и бактериальные препараты как фактор повышения активности симбиотического аппарата многолетних трав .....	107
<b>Рустемов Ф. Ш., Мальцев К. Ю.</b> Эффективность применения бактериальных препаратов в условиях орошения дождеванием при возделывании бобово-злаковой травосмеси .....	110
<b>Силиванов Н. А.</b> Анализ видов пляжного рекреационного оборудования .....	113
<b>Соловьев Н. Д.</b> Методика определения количества регулирующих сооружений на мелиоративных системах .....	116
<b>Тимошенко Н. И.</b> Вопросы применения различных видов декоративных элементов благоустройства .....	121
<b>Чикановский А. С.</b> Индивидуальные очистные сооружения для загородных домов .....	123
<b>Соловьев Н. Д.</b> Определение оптимального количества регулирующих сооружений на мелиоративных системах .....	127
<b>Гапоненко Д. Р.</b> Режим орошения галеги восточной .....	131
<b>Гапоненко Д. Р.</b> Технологические приемы для формирования высоких и стабильных урожаев галеги восточной в условиях орошения .....	134