

**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»**

## **АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ**

Материалы Международной научно-практической конференции,  
посвященной 105-летию кафедры мелиорации и водного хозяйства

Горки, 11–12 апреля 2024 г.



**Горки  
БГСХА  
2024**

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»

**АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ**

Материалы Международной научно-практической конференции,  
посвященной 105-летию кафедры мелиорации и водного хозяйства

Горки, 11–12 апреля 2024 г.

Горки  
БГСХА  
2024

УДК 631.6:574(06)

ББК 40.6я43

А43

Редакционная коллегия:

В. И. Желязко (гл. ред.), А. А. Волчек, Ю. А. Мажайский,  
Ю. Н. Дуброва, В. М. Лукашевич, В. В. Копытовский,  
М. Г. О. Мустафаев, В. В. Васильев,  
И. А. Романов (отв. секретарь)

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент О. П. Мешик

**А43 Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель** : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию кафедры мелиорации и водного хозяйства / редкол.: В. И. Желязко (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2024. – 219 с.  
ISBN 978-985-882-548-5.

Приведены научные статьи ученых из стран СНГ. В статьях выделяется проблема загрязнения и дефицита водных ресурсов. Особое внимание уделяется важности оросительных мелиораций в Беларуси, учитывая нестабильное естественное влагообеспечение в этом регионе.

Для научных работников, преподавателей и специалистов в области мелиорации земель. Подготовленные научные материалы печатаются с компьютерных оригиналов. За точность и достоверность представленных материалов ответственность несут авторы статей.

УДК 631.6:574(06)

ББК 40.6я43

**ISBN 978-985-882-548-5**

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2024

## **АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ КОЗЛОВСКИЙ** (к истории первого русско-белорусского дренажа)

А. Н. Козловский является выпускником Горы-Горецкого земледельческого института. Он родился в 1832 г. в Могилевской губернии в семье обедневшего шляхтича. В 1848 г. он окончил Минскую гимназию и продолжил образование в Горы-Горецком земледельческом институте. В 1852 г. окончил его «с весьма хорошими успехами» по всем изучаемым предметам. По представлению Совета института и с «утверждения г. Министра государственных имуществ» был удостоен звания агронома.

С 1853 г. в институте организовывались сельскохозяйственные съезды, задачей которых являлось развитие и улучшение сельского хозяйства многих губерний России. Членами съезда могли быть все «помещики и сельские хозяева» (лица, не владеющие поместьями, но занимающиеся сельским хозяйством). Члены съезда собирали сведения по земледелию, скотоводству, лесоводству и пропагандировали передовой опыт в этих отраслях. Съезды проводились ежегодно до 1856 г. Уже на первом сельскохозяйственном съезде в 1853 г. поднимались вопросы дренирования сельскохозяйственных угодий, снегозадержания. На этом съезде Курляндский помещик Фиркс ознакомил участников съезда *«с пользой дренажа для полеводства, с распространением его за границей»*. Он рекомендовал помещикам организовать товарищество, приобрести машину для изготовления керамических труб и пригласить инженера для организации строительства дренажа. Это решение было поддержано Департаментом сельского хозяйства, направив в земледельческий институт агронома А. Н. Козловского, который стал там работать на должности профессора. В 1855 г. он приступил к устройству дренажа.

По инициативе профессора А. Н. Козловского и при участии других преподавателей и студентов был разработан проект организации Могилевского земледельческого общества. 10 августа 1861 г. состоялся его первый съезд в Горках. На этом съезде в числе 5 членов от Горы-Горецкого земледельческого института присутствовал А. Н. Козловский.

В одной из своих статей он писал, что *«дренирование земель при Горыгорецких учебных заведениях первоначально предпринято в 1853 г. в виде опыта в самом малом масштабе, а с 1856 г. оно получило более обширные размеры»*. Поэтому 1853 г. считают годом устройства первого русского дренажа.

Главная цель дренирования земель института состоит в *«доставлении воспитанникам, равно как и всем другим лицам, посещающим эти заведения, возможности практически ознакомиться с правильным производством и пользой этой важной земледельческой операции»*.

В Горьгорецком земледельческом институте к подбору преподавательских кадров относились очень серьезно. При подготовке к профессорскому званию воспитанников института отправляли в командировки за границу, но не сразу после его окончания, а после предварительного изучения ими отрасли отечественного сельского хозяйства или же после работы некоторое время в сельском хозяйстве. После ознакомления с отечественным сельским хозяйством на месте и определения будущей преподавательской специальности, по которой планировалось использовать выпускников в вузе, их отправляли за границу. Среди окончивших земледельческий институт, которых готовили к научно-педагогической деятельности, был А. Н. Козловский. Для изучения применения дренажа его командировали в 1853 г. в Германию, а в 1858 г. в Англию. Однако А. Н. Козловский не успел защитить диссертацию на соискание ученой степени, так как был выслан из Горок за участие в политическом движении в 1860-х гг.

В начале 1860-х гг. в Горьгорецком земледельческом институте появились кружки, на которых рассматривалось политическое положение России и отношение людей к отмене крепостного права в 1861 г. В кружках института участвовали не только студенты. Они организовывали собрания, на которых обсуждались вопросы, волновавшие людей. Студенты собирались как на частных квартирах, так и в квартирах преподавателей, в том числе и у А. Н. Козловского. В результате такой деятельности он попал в поле зрения полицейского надзора. Под следствием оказались 5 институтских преподавателей. Их обвинили в том, что они знали о готовящемся в Горках восстании 1863 г. и в связях с повстанцами. Под следствием оказались 5 институтских преподавателей. В результате А. Н. Козловский был выслан в Таврическую губернию. Там он работал агрономом-инженером по обводнительным и другим мелиоративным работам.

А. Н. Козловский опубликовал в журнале ГЗИ до сих пор известные статьи по дренированию земель Горьгорецкого земледельческого института. Он также издавал научные статьи в Петербурге в «Трудах вольного экономического общества» (ВОЭ) и выступал с докладами по вопросам обработки почв. По данным Б. С. Маслова, после работы в Таврической губернии он переехал в Сибирь и дальнейшая его судьба неизвестна. Архивные поиски о дальнейшей деятельности и биографических данных пока не привели к успехам.

Однако вернемся к мелиоративному наследию А. Н. Козловского. В 1855 г. в Горках были построены дренажный и кирпичный заводы, печи для обжига, навес для сушки трубок и кирпича. Керамические трубы для устройства дренажа А. Н. Козловский изготавливал с помощью пресса, приобретенного в Англии. За 1856–1860 гг. было изготовлено около 300 тыс. трубок, которые использовали для осушения земель и продавали частным лицам для применения в своих хозяйствах

на переувлажненных землях. Сложная политическая обстановка в те годы приостановила дальнейшие работы по осушению земель с помощью дренажа.

Судьба дренажа, созданного в 1853–1856 гг. возможно была бы неизвестна, если бы он не вызвал интерес у академика А. Д. Дубаха, работавшего в 1920-х годах в сельскохозяйственном институте на кафедре мелиорации. Он провел обширные исследовательские работы и обнаружил в архиве института упоминания об уникальном дренаже А. Н. Козловского. Он сумел организовать и произвести поиски дренажных систем. В результате были проведены некоторые ремонтные работы и дренажные линии, уложенные 60 лет назад, начали функционировать в прежнем режиме. И в дальнейшем исторический дренаж не оставался без внимания сотрудников БГСХА. Почти через 100 лет после устройства дренажа, в середине 1950-х гг., исследовательскую работу на дренаже А. Н. Козловского организовали заведующий кафедрой мелиорации Б. И. Яковлев и ассистент В. И. Клипперт. На эти цели были выделены специальные средства. К работе привлекались преподаватели и студенты. После оценки состояния дренажа и частичной его реконструкции дрены начали работать в штатном режиме.

Последнее изучение состояния дренажа А. Н. Козловского на площади около 25 га было проведено в 1997 г. (почти через 150 лет после его строительства) работниками кафедры мелиорации и водного хозяйства. И в настоящее время коллекторная сеть дренажа продолжает работать. Удивляет хорошее состояние дренажных труб, уложенных в почву около 160 лет назад. Участок дренажа А. Н. Козловского является одной из баз учебных практик кафедры. Здесь студенты могли замерить дренажный сток, определить глубину заложения дрен, установить положение уровня грунтовых вод, провести поиски элементов дренажной сети.

В память о создателе первого русского дренажа А. Н. Козловском на учебном корпусе № 11 академии установлена мемориальная доска. Студентам-отличникам мелиоративно-строительного факультета назначают стипендии имени известного мелиоратора. В его честь проводятся научные конференции. Дренаж А. Н. Козловского является местом пропаганды мелиоративных достижений и укрепления авторитета академии. Этот объект посещали известные белорусские и российские ученые и производственники, были здесь представители мелиоративных кругов Польши, Литвы, Латвии и даже американские фермеры.

*Заведующий кафедрой мелиорации  
и водного хозяйства,  
д-р с.-х. наук, профессор В. И. Желязко*

## МОДЕРНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО КАНАЛООЧИСТИТЕЛЯ ОКН-0,5

**Х. А. Абдулмажидов**, канд. техн. наук, доцент кафедры организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ  
РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева,  
г. Москва, Россия

**В. И. Балабанов**, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ  
РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева,  
г. Москва, Россия

**Ключевые слова:** осушительные каналы, очистка каналов, наносы, заиления, растительность в каналах.

**Аннотация.** В статье предлагается модернизация рабочего оборудования каналоочистителя ОКН-0,5. Модернизация рабочего оборудования, касающаяся преимущественно рабочего органа каналоочистителя направлена, проведение операций по очистке закрепленного дна осушительных каналов от наносов, заилений и растительности, когда применение каналоочистителей или экскаваторов поперечного копания может привести к разрушению креплений дна.

**Key words:** drainage canals, canal cleaning, sedimentation, siltation, vegetation in canals.

**Summary.** The article proposes the modernization of the working equipment of the ОКН-0.5 canal cleaner. Modernization of the working equipment, mainly related to the working body of the canal cleaner, is aimed at cleaning the fixed bottom of drainage channels from sediments, silts and vegetation, when the use of canal cleaners or cross-digging excavators can lead to the destruction of bottom fasteners.

Объектом исследования в статье являются мелиоративные осушительные каналы и каналоочистительные машины для ухода за мелиоративными каналами. В работах [1, 2] представлены осушительные каналы в земляном теле и каналы с креплением дна и откосов. На мелиоративных осушительных системах Российской Федерации значительную долю составляют каналы без крепления дна и откосов (рис. 1, а). На таких системах в качестве очистительных машин широко исполь-

зуются общестроительные экскаваторы поперечного копания с уширенными ковшами. Кроме того, одним из наиболее распространенных специальных каналоочистительных машин, выпускаемых в настоящее время, является очиститель каналов навесной с ковшовым рабочим оборудованием ОКН-0,5, он применяется на очистных работах. По режиму работы каналоочиститель относится к машинам периодического действия, по технологии проведения работ к машинам поперечного копания.

Однако, при очистке осушительных каналов с закрепленным дном и откосами с помощью дощатых (рис. 1, б), фашинных и каменных конструкций, несмотря на их меньшие протяженности по сравнению с каналами без крепления дна, применение экскаваторов и каналоочистителей поперечного копания приведет к разрушению элементов крепления. В такой ситуации весьма актуальным становится применение рабочих органов продольного или позиционного копания. Одним из примеров каналоочистительных машин с продольным по оси копания наносов на дне закрепленного осушительного канала является каналоочиститель РР-303 [3], разработанный в конце 80-х годов в Московском гидромелиоративном институте, который в настоящее время не выпускается.



*а* *б*  
Рис. 1. Осушительные каналы:  
*а* – без крепления дна и откосов; *б* – с креплением дна

На основе проведенного анализа состояния и протяженностей осушительных каналов с закрепленным дном целью исследований принята модернизация каналоочистителя ОКН-0,5 для работы по очистке дна и откосов каналов с учетом конструкций их крепления.

Каналоочиститель ОКН-0,5, выпускаемый Кохановским экскаваторным заводом, представляет собой очистительное оборудование установленное в виде боковой навески на пневмоколесный трактор МТЗ-1221. В качестве сменного рабочего оборудования к каналоочистителю выпускаются «очистной ковш», «косилка роторная» и «фотор-метатель». Перечисленные виды сменного рабочего оборудования в целом не подходят для очистки каналов с закрепленным дном [4].

В настоящей работе для решения проблемы очистки закрепленного дна осушительных каналов от наносов, заилений и растительности представлен метод разработки нового рабочего оборудования (рис. 2, а).

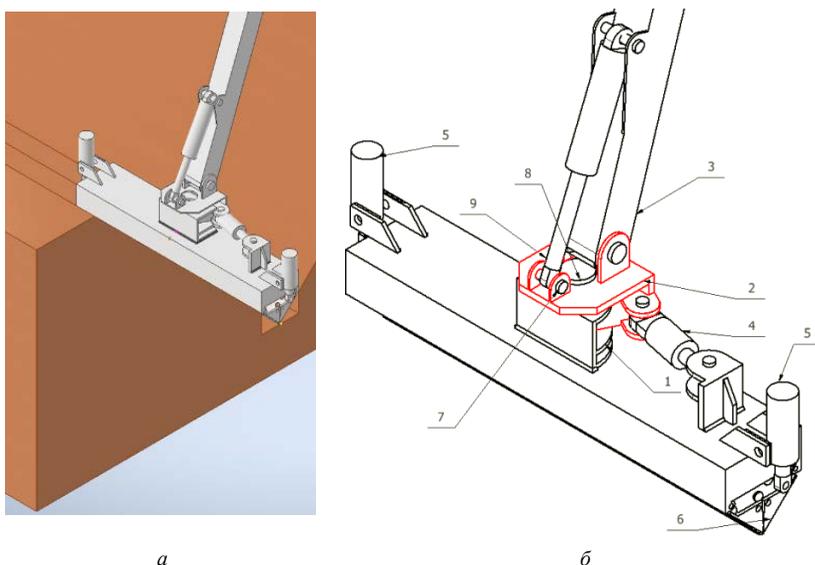


Рис. 2. Предлагаемый уширенный ковш к каналоочистителю ОКН-0,5:  
*а* – в работе; *б* – конструктивные элементы ковша

Модернизация каналоочистителя ОКН-0,5 заключается в разработке сменного рабочего оборудования, представляющего собой уширенный ковш (рис. 2, б), состоящий из верхнего корпуса 1 с проушинами, шарнирно соединенного посредством вилки 2 с рукоятью каналоочистителя 3, гидравлического поворотного узла 4 и нижней режущей части, которая приводится в действие двумя концевыми короткоходными гидроцилиндрами 5. Нижняя часть выполнена в виде двух ре-

жущих ножей 6. Ось 7 соединяет гидроцилиндр 9 регулирующий положение ковша в вертикальной плоскости с пружинами вилки. В горизонтальной плоскости ковш поворачивается с помощью гидроцилиндра 4 вокруг вертикального вала 8. Операции цикла предлагаемого технического решения по очистке закрепленных каналов близки к работе грейферного ковша, однако отличается от него широкой конструкцией ковша и гидравлическим механизмом поворота в горизонтальной плоскости.

По режиму работы каналоочиститель относится к машинам периодического действия и работает позиционно. Поворотный механизм в предлагаемой конструкции обеспечивает точную подачу рабочего органа в пространство между дощатыми креплениями дна и откосов в случаях невозможности установки базового трактора строго параллельно оси и креплениям канала. Такое техническое решение не предусматривает поперечное к оси канала движение ковша, которое может разрушить конструкцию крепления [5, 6].

Операции рабочего цикла машины выполняются в следующей последовательности: с помощью стрелы и рукояти ковш опускается на дно закрепленного канала, точную подачу в пространство между креплениями обеспечивает механизм поворота ковша; в момент подачи режущие ножи ковша направлены вертикально вниз, после внедрения ножей в наносы происходит их смыкание короткоходными гидроцилиндрами, что позволяет разрабатывать наносы. Далее ковш поднимается с помощью стрелы и рукояти, а с помощью основного механизма поворота рабочее оборудование поворачивается в плане назад в сторону бермы, где производится разгрузка ковша гидроцилиндрами, после чего машина переезжает на новую позицию и цикл повторяется [7]. Производительность  $\Pi$  каналоочистителя с предлагаемым рабочим оборудованием, как машины цикличного действия, определяется по формуле:

$$\Pi = q \cdot n,$$

где  $q$  – вместимость ковша, м<sup>3</sup>;

$n$  – количество циклов в час,  $n = \frac{3600}{T_{\text{ц}}}$ ; где  $T_{\text{ц}}$  – продолжительность цикла,  $T_{\text{ц}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$ .

Продолжительность (с) цикла складывается из времени на подачу рабочего органа в забой в пространство между креплениями дна  $t_1$ , времени на разработку грунта (наносов и заилений)  $t_2$ , времени на

подъем ковша на требуемую высоту  $t_3$ , времени на поворот ковша  $t_4$  и времени на разгрузку ковша  $t_5$ .

**Выводы:** для увеличения производительности такие операции цикла как подъем и поворот, в зависимости от уровня квалификации машиниста, могут быть объединены; разработанная конструкция ковша позволит производить очистку закрепленного дна сохраняя при этом элементы крепления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынова, Н. Б. Расчет машин и оборудования природообустройства: учебно-методическое пособие / Н. Б. Мартынова, Х. А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов. – Москва: Редакция журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства», 2020. – 86 с.

2. Абдулмажидов, Х. А. Применение каналоочистителя ОКН-0,5 для восстановления осушительных каналов / Х. А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов, Н. Б. Мартынова // Инновационные технологии: опыт, проблемы, перспективы развития, Тверь, 25 октября 2023 года. – Тверь: Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. – С. 347–351.

3. Карапетян, М. Л. Теоретическое исследование динамики рабочего органа каналоочистителя РР-303 / М. Л. Карапетян, Х. Л. Абдулмажидов // Природообустройство. – 2015. – № 2. – С. 78–80.

4. Поддубный, В. И. Статический расчет технологических машин природообустройства / В. И. Поддубный, Х. А. Абдулмажидов. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, 2019. – 30 с.

5. Абдулмажидов, Х. А. Разработка сменного ковша с дополнительным захватом для каналоочистителя ОКН-0,5 / Х. А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов, М. В. Карпов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2023. – Т. 17, № 3. – С. 54–60.

6. Абдулмажидов, Х. А. Разработка новых рабочих органов мелиоративных каналоочистителей для зоны осушения / Х. А. Абдулмажидов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. – 2023. – Т. 15, № 2. – С. 76–81.

7. Абдулмажидов, Х. А. Очистка каналов мелиоративных систем с помощью машин с различными видами сменного рабочего оборудования / Х. А. Абдулмажидов // Овощи России. – 2023. – № 2. – С. 91–96.

**ОБЩЕЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОГО  
ВОЗДУХА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И ТРАНСГРАНИЧНЫЙ  
ПЕРЕНОС ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ТЕРРИТОРИЙ  
ГРАНИЧАЩИХ СТРАН**

**З. Ю. Арганистова, А. Л. Мазаева**

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

*Научный руководитель – Ю. А. Мажайский, д-р с.-х. наук, профессор*

**Ключевые слова:** воздух, загрязняющие вещества, экология.

**Аннотация.** Анализ и мониторинг экологического состояния атмосферного воздуха в Республике Беларусь и соседних странах является важным для обеспечения здоровья людей, сохранения биоразнообразия и устойчивого развития региона в целом.

**Key words:** air, pollutants, ecology.

**Summary.** Analysis and monitoring of the ecological state of atmospheric air in the Republic of Belarus and neighboring countries is important for ensuring human health, preserving biodiversity, and promoting sustainable development of the region as a whole.

**Введение.** Источниками загрязнения окружающей среды выступают природные явления (извержения вулканов, лесные пожары и т. д.), на долю которых выпадает меньшая степень воздействия на среду, техногенные катастрофы (антропогенное воздействие), которые в свою очередь оказывают значительное влияние по сравнению с природными факторами.

Загрязнения окружающей среды обусловлено не только промышленными выбросами предприятий с территорий находящихся в определенном радиусе, но и с помощью их переноса по воздушным потокам на различные расстояния. Помимо промышленных выбросов предприятий (стационарные), выхлопные газы транспортных средств, также загрязняют атмосферный воздух планеты в целом (мобильные источники загрязнений).

Проблеме загрязнения атмосферы в период современности уделяется пристальное внимание, поскольку последствия подобных загряз-

нений оказывают негативное влияние на всех живых существ (люди, животные, растения) [2].

Учет, анализ и контроль трансграничного переноса загрязняющих веществ в атмосфере для общества, в целом, являются приоритетом [2].

Объектом исследования является антропогенные источники загрязнений атмосферного воздуха.

Цели и задачи исследования: установить степень воздействия локального антропогенного воздействия на атмосферу территории Республики Беларусь; определить потенциальные источники загрязнений территории Беларуси от близлежащих стран.

**Материалы и методы исследований.** Статья представляет собой аналитический обзор информации современных открытых источников об экологическом состоянии атмосферного воздуха Беларуси и общей экологической ситуации прилегающих стран.

Для сбора и анализа необходимого теоретического материала изучались отчеты «Состояние природной среды Беларуси» за 2020 год, «Экология в регионах России. Оценка масштаба проблемы на основании доступных статистических данных, 2020–2021 гг.», Государственный кадастр атмосферного воздуха. Издание официальное (информационный бюллетень) Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (РУП «Бел НИЦ «Экология») за 2017 год, а также изучена информация большого количества информационных источников сети интернет.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Общее состояние атмосферного воздуха определяется исходя из степени воздействия природных и антропогенных факторов. Основными (глобальными) источниками загрязнения атмосферы являются выбросы предприятий и выхлопные газы транспортных средств [1, 2].

По данным наблюдений за состоянием загрязненности атмосферы на территории Беларуси наблюдается снижение этого уровня. Данная тенденция спада уровня загрязненности воздушного пространства возможна благодаря реализации мероприятий по их снижению:

1) выпуск и использование топливных средств (бензин) только соответствующего экологического класса К5;

2) постепенное развитие и переход наземного транспорта к его электрификации – переход от использования горючего топлива к движению с помощью электричества (электромобили и т. п.);

3) сокращение выбросов в атмосферу от предприятий по основным загрязняющим веществам (диоксид серы, оксид углерода, диоксид азота, оксид азота, тяжелые металлы и др.);

4) реконструкции, модернизации и строительство газоочистных установок, схем теплоснабжения, а также внедрение новых энергосберегающих технологий.

На территории Беларуси источники загрязнений атмосферного воздуха можно классифицировать по видам деятельности и степени загрязнения атмосферы в процентном соотношении (табл. 1) [1, 2].

**Таблица 1. Классификация источников загрязнения атмосферного воздуха на территории Беларуси по видам деятельности и степени загрязнения атмосферы в процентах**

Видовой класс источника загрязнения атмосферы	Наименование	Процент приносимого загрязнения (%)
1	Обрабатывающая промышленность	39,5
2	Сельское, лесное и рыбное хозяйство	34,5
3	Снабжение электроэнергией, газом, паром	15
4	Транспортная деятельность, складирование	5,8
5	Водоснабжение, сбор, обработка и удаление отходов, деятельность по ликвидации загрязнений	2,4
6	Строительная деятельность	1,0
7	Горнодобывающая промышленность	1,0
8	Прочие виды деятельности	0,8 [1]

Несмотря на положительную тенденцию уменьшения уровня загрязненности атмосферы на территории Беларуси, переход воздушных масс на различные расстояния не обратим. Поэтому загрязняющие вещества, так или иначе, будут поступать с территорий других стран по воздушным путям. Наибольшее воздействие будут оказывать страны, которые находятся территориально близко. Республика Беларусь, в связи со своим географическим положением, граничит с такими странами, как Россия (северо-восточная часть границ), Украина (южная часть), Польша (западная часть), Литва (северо-западная часть) и Латвия (северная часть границ). По процентному соотношению граничащих территорий большая часть приходится на Россию (35 % от общей территории границ страны), немногим меньше располагается Украина (30 %), затем Литва (19 %), Польша (11 %), и наименьший процент границ занимает Латвия (5 %) [3].

Трансграничный перенос загрязняющих веществ по воздушным потокам оказывает непосредственное влияние на ближайшие территории из густонаселенных и быстроразвивающихся стран. При превышении предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосфере ухудшаются условия, и снижается общий уровень жизни людей, повышается риск возникновения большого количества респираторных заболеваний [4].

По данным Росгидромета на территории Российской Федерации наблюдается повышение уровня загрязнения атмосферного воздуха. Больше всего страдают города находящиеся в азиатской части территории России [4].

На территории Украины также отмечается тенденция повышения уровня загрязнения атмосферного воздуха.

Не лучшая экологическая ситуация и в Польше. Поскольку энергообеспечение страны, по большей части, основано на добыче и сжигании угля, жители страны страдают от смога и пыли, больше всего в зимние месяцы при полном или частичном отсутствии потоков ветра и высокой влажности воздуха [5]. Данная проблема особенно остро ощущается жителями крупных городов. Аналогичная ситуация по загрязненности атмосферного воздуха наблюдается и в Литве и Латвии.

Воздушные потоки не только привносят частицы загрязняющих веществ на одни территории, но и переносят их на территорию других стран, поэтому каждая страна является как источником, так и объектом загрязнения.

Ужесточаются нормативные показатели качества атмосферного воздуха, при которых его можно считать чистым и безопасным для жизни.

Даже учитывая положительный результат контроля выбросов в атмосферу, на территории Беларуси есть города, которые можно отнести к наиболее загрязненным. В списке такие города как:

1) Новополоцк – город, в котором производится большое количество нефтепродуктов;

2) Мозырь – город с большим количеством предприятий различных отраслей (нефтепереработка, деревообработка, химическая и пищевая отрасль);

3) город Минск – работа ТЭЦ, автомобильного и тракторного заводов сказывается на чистоте атмосферного воздуха столицы. Наличие большого количества транспорта способствует сильной загазованности атмосферы города;

4) Солигорск – причиной небезопасного экологического состояния этого города послужила горнодобывающая промышленность (добыча калийной руды);

5) Гомель – экологической проблемой города является его загрязненность радионуклидами, и большого количества промышленных предприятий. Немало важная проблемная особенность города заключается в малых количествах зеленых зон, и процессы озеленения территории проходят малыми темпами [6].

Количество выбрасываемых веществ в атмосферу строго нормируется в зависимости от специфики предприятия и общей экологической ситуации по территории. Список предприятий оказывающих наибольшее вредное воздействие на атмосферу по областям Республики Беларусь, выбросы которых составляют более тысячи тонн в год (табл. 2).

Некоторые из указанных предприятий имеют общее количество выбросов, превышающие даже десять тысяч тонн в год (предприятия по нефтепереработки и энергоснабжению) [7].

Таблица 2. Перечень предприятий с наибольшим количеством выбросов в атмосферу по областям Беларуси

Область	Наименование предприятия
Брестская область	Филиал «Березовская ГРЭС» РУП «Брестэнерго»
	ОАО «Жабинковский сахарный завод»
	Филиал «Брестские ТС» РУП «Брестэнерго»
	Филиал «Кобринское УМГ»
	ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»
	ОАО «Путь новый»
	ОАО «Параховское»
	ОАО «Остромечеве»
Витебская область	КПУП «Брестводоканал»
	ОАО «Нафтан»
	Филиал «Лукомльская ГРЭС» РУП «Витебскэнерго»
	Завод «Полимир» ОАО «Нафтан»
	Оршанское УМГ ОАО «Газпром трансгаз Беларусь» КС «Оршанская»
	Филиал «Новополоцкая ТЭЦ» РУП «Витебскэнерго»
	ОАО «Доломит»
	ОАО «Полоцк – Стекловолокно»
	ОАО «Витебская бройлерная птицефабрика»
	Филиал «Оршанская ТЭЦ» РУП «Витебскэнерго»
ОАО «Полоцктранснефть Дружба»	

Область	Наименование предприятия
Гомельская область	ОАО «Гомельский нефтеперерабатывающий завод»
	ОАО «Светлогорский целлюлозно-картонный комбинат»
	РУП «Производственное объединение «Беларуснефть»
	Филиал «Гомельская ТЭЦ-2» РУП «Гомельэнерго»
	Филиал «Светлогорская ТЭЦ» РУП «Гомельэнерго»
	ОАО «Гомельстекло»
	ПКОО «Корпорация Сюань Юань»
	Филиал «Мозырская ТЭЦ» РУП «Гомельэнерго»
	ОАО «Гомельский химический завод»
	Филиал ЛПДС «Мозырь» ОАО «Гомельтранснефть Дружба»
ОАО «Мозырьсоль»	
Гродненская область	ОАО «Красносельскстройматериалы»
	ОАО «Г родно Азот»
	Филиал «Слонимское УМГ»
	ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»
	ОАО «Скидельский сахарный комбинат»
	ИООО «Кроноспан»
	Филиал «Гродненская ТЭЦ-2» РУП «Гродноэнерго»
	ОАО «Василишки»
ОАО «Мостовдрев»	
Минская область	Филиал «ТЭЦ-5» РУП «Минскэнерго»
	Руководства № 1, 2, 3; Краснослободский рудник 2 РУ; Берез. уч-к 4 РУ; объекты ЖКХ
	Филиал «Несвижское УМГ» (Несвижский район)
	ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»
	Филиал «Минское УМГ» (Минский р-н) ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»
	ОАО «Городейский сахарный комбинат»
	ОАО «Слуцкий сахарорафинадный комбинат»
	Филиал «Крупское УМГ» ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»
	УП «Минскводоканал» «Минскочиствод» (Иловые пруды «Волма»)
	СПК «Агрокомбинат «Снов»
	Филиал «Жодинская ТЭЦ» МРУПЭ «Минскэнерго» (котельные цеха № 1, 2, 3 г. Борисова)
	ОАО «Смолевичи Бройлер» (произв. площадки. Смолевичский р-н)
УП «Жилтепсервис» КХ Пуховичского района	
ОАО «Кричевцементношифер»	
Могилевская область	Филиал № 3 «Производство цемента» ОАО «Белорусский цементный завод»
	Филиал «Осиповичское УМГ» ОАО «Газпром трансгаз Беларусь»
	ОАО «Могилевхимволокно»
	Филиал «Бобруйская ТЭЦ-2» РУП «Могилевэнерго»
	ИООО «Кроноспан ОСЬ»
	ОАО «Кричевцементношифер»
	Филиал «Могилевская ТЭЦ - 2» РУП «Могилевэнерго»
	ОАО «Александрийское»
	РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»
ОАО «Белшина» [7]	

В связи с изучением степени воздействия антропогенных факторов на окружающую среду, загрязнения атмосферного воздуха на определенных исследовательских участках в частности, заложен эксперимент на северо-восточной части Беларуси на опытном поле УО БГСХА (опытные поля «Тушково»), расположенном в Горецком районе, Могилевской области. На его ближайшей территории располагаются как жилые постройки проживающего там населения, дорожное полотно, так и промышленные и сельскохозяйственные предприятия, которые в свою очередь оказывают непосредственное антропогенное влияние на состояние атмосферного воздуха данной территории. Проведенные теоретические исследования позволяют определить потенциальные источники загрязнения атмосферы и оценить их степень воздействия.

На территории Горецкого района расположены такие предприятия как: Коммунальное унитарное предприятие Горецкий элеватор, ЧУПП «Прометей», ОАО «Горкилен», ОАО «Молочные Горки», РУП «Учхоз БГСХА» и т. д.

**Заключение.** В ходе анализа информации установлено, что уровень загрязненности атмосферного воздуха на территории Беларуси снижается, тем самым сокращая потенциальное поступление загрязняющих веществ на территорию других стран.

Разрабатываются, внедряются и соблюдаются мероприятия по уменьшению антропогенного воздействия на атмосферный воздух. Однако из-за особенности географического расположения, Беларусь является самой территориально зависимой страной по отношению преобладания загрязнений с других территорий в ходе перемещения и распространения их по воздушным потокам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние природной среды Беларуси: ежегодное информационно-аналитическое издание / Р. В. Михалевич [и др.] // Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Бел НИЦ «Экология». – Минск, 2020.
2. Алексеенок, Ю. В. Оценка уровней загрязнения территории Республики Беларусь атмосферными выпадениями тяжелых металлов с использованием брйоиндикации / Ю. В. Алексеенок, К. Н. Вергель, Н. С. Юшин // Наука о земле. Успехи современного естествознания. – № 10. – 2021. – С. 43–50.
3. География Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. – Дата доступа: 27.03.2023.
4. Экология в регионах России. Оценка масштаба проблемы на основании доступных статистических данных, 2020 – 2021 гг. // Отдел исследований Благотворительного фонда «Нужна помощь». – Москва, 2022. – С. 5–7.
5. Новая Польша. Смог в Польше [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inosmiru.turbopages.org/inosmi.ru/s/20200218/246877013.html>. – Дата доступа: 28.03.2023.

6. Самые грязные города Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://laboratoria.by/stati/samyue-gryaznyue-goroda-belarusi>. – Дата доступа: 28.03.2023.

7. Государственный кадастр атмосферного воздуха. Издание официальное (информационный бюллетень) // РУП «Бел НИЦ «Экология» / под ред. Г. И. Глазачевой, В. В. Валентейчика. – Минск, 2018. – С. 45–51.

УДК 621.793

## ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКИ С УЧЕТОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТРУБЧАТОГО СЕЧЕНИЯ

**Е. В. Афанасенко, Д. Е. Афанасенко, В. В. Дятлов**

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

**Ключевые слова:** оптимизация, температура, электромагнитные поля.

**Аннотация.** В данной статье рассматривается вопрос оптимизации технологического процесса электромагнитной наплавки с учетом распределения температурных полей в поверхностном слое деталей машин трубчатого сечения.

**Key words:** optimization, temperature, electromagnetic fields.

**Summary.** This article addresses the issue of optimizing the technological process of electromagnetic surfacing considering the distribution of temperatures.

Для процессов с объемной зоной тепловыделения при значительной толщине наносимого за один проход покрытия определение температурных полей обрабатываемого изделия проводится по методу теплоисточников с применением принципа наложения, т. е. осуществляется последовательное суммирование уравнения:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y \partial z} dy dz = \frac{2q_{06}\omega \exp[-x^2 / (4\omega(y_i - y))]}{\lambda\sqrt{4\pi\omega(y_i - y)}} dy dz, \quad (1)$$

где  $q_{06}$  – интенсивность тепловыделения на единицу объема;  
 $\omega$  – коэффициент температуропроводности;

$\lambda$  – коэффициент теплопроводности;

$y_i$  – рассматриваемая точка на поверхности изделия.

Суммирование уравнения в соответствии с расчетной схемой (рис. 1) при равномерно распределенной интенсивности тепловыделения  $q_m$  по всему объему было проведено М. В. Талантовым. В работе получено выражение:

$$T = \frac{2q_m(2-k)\omega}{h_m\lambda} \int_0^{y_i} \frac{y_k dy}{y_k - y_0} \int_0^{h_y} \frac{\exp[-z^2 / (4\omega(y_i - y))]}{\sqrt{4\pi\omega(y_i - y)}} dy + \frac{4q_m\omega}{\lambda} \times \int_0^{y_i} \frac{(y_k - y) \exp[-z^2 / (4\omega(y_i - y))]}{y_k \sqrt{4\pi\omega(y_i - y)}} dy. \quad (2)$$

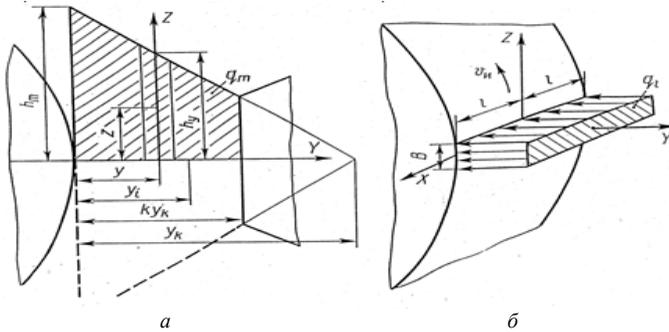


Рис. 1. Расчетная схема для определения температурных полей в рабочей зоне линейного теплоисточника при нанесении покрытий электромагнитной наплавкой

Следовательно, движущийся источник тепловыделения при электромагнитной наплавке (ЭМН) можно принять полосовым малой ширины  $B$  или даже линейным, распределенным вдоль направления подачи полусогнутого наконечника. Протяженность источника будет равна  $2l$  ширине, шагу наплавки за один проход (рис. 1, б).

Для моделирования этого источника рассмотрим выражение, описывающее процесс распространения тепла для быстро движущегося точечного источника, перемещающегося по полупространству с непроводящей границей:

$$T'_{(x,y,z)} = \frac{q'}{2\pi\lambda(z - z_n)} \exp\left\{-\frac{g_u[(x - x_u)^2 + y^2]}{4\omega(z - z_u)}\right\}, \quad (3)$$

где  $x_u, 0, z_u$  – координаты точечного источника.

Чтобы рассчитать температуру, которая возникает в точке с координатами  $x, y, z$  под действием бесконечно большого количества точечных источников, образующих плоский источник  $2l \times B$ . надо проинтегрировать уравнение (3) по  $x_u$  и  $z_u$ . Интегрирование по  $x_u$  от  $x_u = -l$  до  $x_u = l$  дает выражение:

$$T'_{(x,y,z)} = \frac{q'_l \sqrt{\omega}}{2\lambda \sqrt{\pi \varrho_u}} \int_a^b \frac{dz_u}{\sqrt{z-z_u}} \left[ -\frac{\varrho_u y^2}{4\omega(z-z_u)} \right] \{ \operatorname{erf}[(l+x) \sqrt{\frac{\varrho_u}{4\omega(z-z_u)}}] + \operatorname{erf}[(l-x) \sqrt{\frac{\varrho_u}{4\omega(z-z_u)}}] \}, \quad (4)$$

где  $\operatorname{erf} \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-t^2) dt$  – функция интеграла вероятности Гаусса;

$q'_l$  – интенсивность источника, распределенного по площадке  $2l \times B$ . Проинтегрировав выражение, считая, что все тепло выделяется в начале координат и представив  $B = z - z_u$ , получим распределение температуры от быстродвижущегося линейного источника длиной  $2l$ :

$$T'_{2l(x,y,z)} = \frac{q'_l \sqrt{\omega}}{2\lambda \sqrt{\pi \varrho_u (z-z_u)}} \exp\left[-\frac{\varrho_u y^2}{4\omega(z-z_u)}\right] \times \left\{ \operatorname{erf}\left[(l+x) \sqrt{\frac{\varrho_u}{4\omega(z-z_u)}}\right] + \operatorname{erf}\left[(l-x) \sqrt{\frac{\varrho_u}{4\omega(z-z_u)}}\right] \right\}, \quad (5)$$

где  $q_l$  – интенсивность источника, распределенного вдоль отрезка длиной  $2l$ .

Полученное выражение (5) позволяет рассмотреть температурные поля в технологической зоне при ЭМН изделий больших размеров с достаточным теплоотводом от протяженных упрочняемых поверхностей. Исследование температурных полей, рассчитанных согласно полученным выражениям, позволяет по размерам зон прогрева и целесообразным значениям температур, определить рациональную интенсивность нагрева, которая непосредственно зависит от характеристик электромагнитного поля и проводящих свойств ферропорошковой среды.

Температурные поля в зоне электромагнитной наплавки рассчитывались по полученным формулам как для линейного источника, быст-

родвижущегося по границе полупространства, так и для случая накопления тепла бесконечным цилиндром (рис. 2).

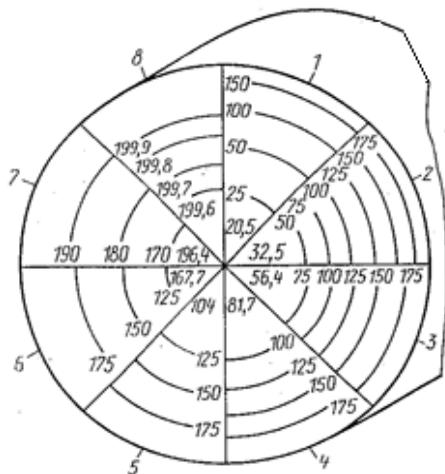


Рис. 2. Распределение температурных полей по толщине наплавляемого слоя при нанесении износостойких покрытий ЭМН для сплошных круглых сечений

Для покрытия и основы с отличающимися теплофизическими свойствами при построении изотерм температурных полей использовались различные значения коэффициентов теплопроводности  $\lambda_i$  и температуропроводности  $\omega_i$ .

Расчеты показывают, что в зоне ЭМН на значительном удалении от области тепловыделения температурные поля целесообразно описывать линейным равномерно распределенным быстро движущимся по поверхности источником (рис. 1, б). Накопление тепла деталями цилиндрической формы в достаточной мере описывается тепловыми процессами в бесконечном цилиндре с граничными условиями 1-го рода.

По температурным полям можно судить о том, что высокие температуры сконцентрированы у поверхности изделия на глубине до 1 мм, а температурная стабилизация деталей даже небольших размеров (диаметр до 42 мм) происходит как минимум за 0,5...1,5 минуты. Это свидетельствует о том, что температурные поля изменяются на протя-

жении всего процесса упрочнения изделия и определяются суперпозицией рассмотренных полей.

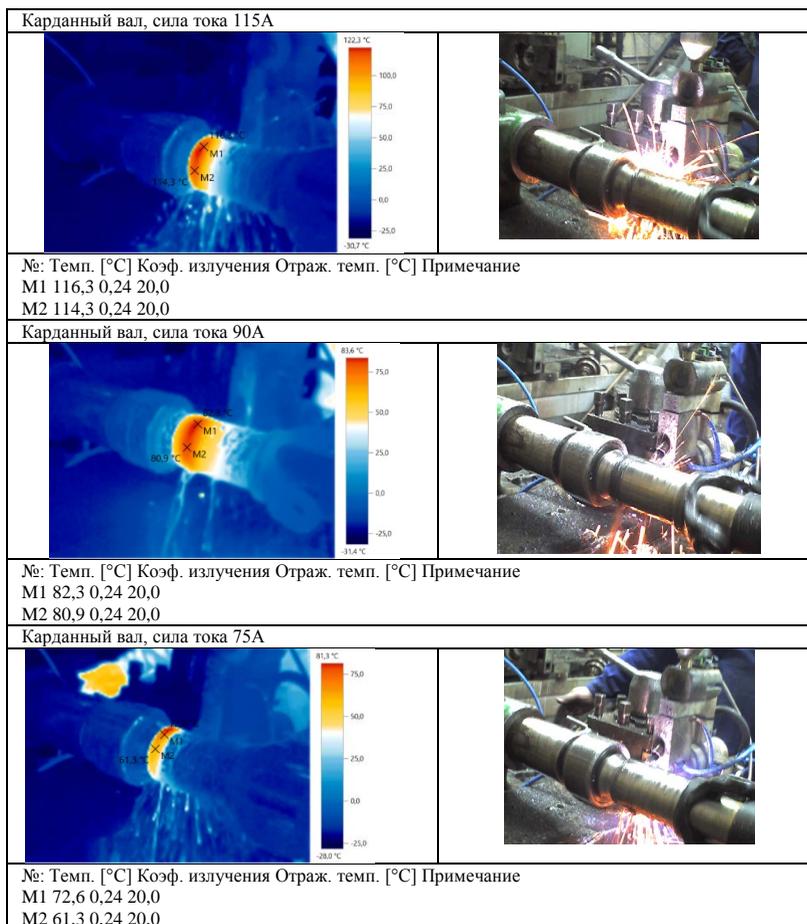


Рис. 3. Термограммы ЭМН карданного вала трубчатого сечения

Температурные поля позволяют выбрать рациональную интенсивность теплового воздействия, по которому определяются характеристики электромагнитного поля, генерируемого в процессе электромагнитной наплавки. Кроме того, поля позволяют рассмотреть термические напряжения в изделии, определить физико-механические свой-

ства обрабатываемых материалов при полученных температурах и в соответствии с этим скорректировать оптимальные параметры ЭМН.

При нанесении покрытий ЭМН ферропорошком Fe-5%V на рабочую поверхность карданного вала трубчатого сечения из стали 45 сила технологического тока от сварочного инвертора САИ-315А на электромагнитный модуль варьировалась от 75 до 115А. В процессе нанесения электромагнитного покрытия производилась тепловизионная съемка рабочей поверхности карданного вала тепловизором TESTO 875-1i при его повороте в шпинделе токарного станка на 180° относительно активной зоны ЭМН. Параметры процесса: ферропорошок Fe-5%V,  $\Delta = 150$  мкм; магнитная индукция в рабочем зазоре  $B = 1,2$ Тл; скорость вращения карданного вала  $V = 0,034$  м/с, продольная подача суппорта станка 0,15 мм/об оставались величиной постоянной. Согласно термограммам, максимальная температура оказалась при силе технологического тока  $A = 115$ А, что вполне соответствует распределению температурных полей по толщине покрытия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ракомсин, А. П. Упрочнение и восстановление изделий в электромагнитном поле / А. П. Ракомсин; под ред. П. А. Витязя. – Минск: Парадокс, 2000. – 201 с.
2. Технология сельскохозяйственного машиностроения / Л. М. Кожуро, Ж. А. Мрочек, М. Ф. Пашкевич, А. А. Жолобов; под ред. Л. М. Кожуро. – Минск: Новое звание, 2006. – 512 с.
3. Афанасенко, Е. В. Восстановление и упрочнение деталей машин электромагнитной наплавкой с поверхностным пластическим деформированием: дис. ... канд. техн. наук / Е. В. Афанасенко. – Минск: БГАТУ, 1992. – 295 с.

УДК 631.6(476.2)

### **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

**В. В. Васильев**, доцент

**Н. В. Васильева**, доцент

«Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** мелиорированные земли, эффективность использования земель, урожайность сельскохозяйственных культур, производственные затраты, математическая модель.

**Аннотация.** В результате исследований определены показатели оценивающие экономическую эффективность использования мелиорированных земель и предложена методика их расчета.

**Key words:** reclaimed land, land use efficiency, agricultural productivity, production costs, mathematical model.

**Abstract.** As a result of research, indicators were identified that evaluate the economic efficiency of using reclaimed land and a methodology for their calculation was proposed.

Общая площадь мелиорированных земель в республике составляет 3,4 млн. гектаров, из них 2,9 млн. гектаров занимают сельскохозяйственные земли. Основная часть мелиорированных земель приходится на Брестскую, Гомельскую и Минскую области. Если на одно хозяйство республики в среднем приходится 1020 га осушенных земель, то в Брестской области – 1621 га. В 15 районах республики мелиорированные земли составляют более 50 процентов площади сельскохозяйственных земель и обеспечивают производство основной доли продукции растениеводства [1].

Ведение сельскохозяйственного производства на больших площадях мелиорированных угодий требует решения ряда вопросов организационного и экономического характера. Экономическая эффективность мелиорации обуславливается ее влиянием на общий производственный уровень хозяйств. Экономическая эффективность использования мелиорированных земель определяется их продуктивностью. Однако уровень использования мелиорированных земель практически невозможно определить на основе статических данных, так как в хозяйствах не ведется раздельный учет производства продукции на мелиорированных землях [2].

До настоящего времени нет общепризнанной методики определения фактической эффективности использования мелиорированных земель. Поэтому одни исследователи пользуются типовой методикой определения эффективности мелиораций, другие – эффективность мелиораций определяют косвенно, через общую производственную деятельность хозяйств. Применение типовой методики наталкивается на значительные трудности, так как не всегда можно собрать исходные данные для расчетов. Фактически не налажен учет урожайности и себестоимости продукции с мелиорированных земель. В отдельных случаях такой учет проводить почти невозможно, так как это связано с большими затратами.

Всесторонняя оценка экономической эффективности мелиорации может быть дана при помощи следующей системы показателей:

а) эффективности использования земли (выход валовой и товарной продукции, валового и чистого дохода с единицы, используемой в сельскохозяйственном производстве площади);

б) производительности труда (выход валовой продукции и валового дохода на одного среднегодового работника; затраты труда на 1 ц важнейших видов продукции растениеводства);

в) эффективности производственных затрат (выход валовой продукции, валового и чистого дохода на 100 руб. производственных затрат; себестоимость 1 ц важнейших видов продукции);

г) отдачи инвестиций (выход валовой продукции, валового и чистого дохода на 100 руб. основных и оборотных производственных фондов, на 100 руб. инвестиций, коэффициент эффективности и срок окупаемости инвестиций).

Расчет и анализ этих показателей до и после проведения мелиорации позволяет получить полное представление о роли и значении мелиоративных мероприятий в развитии сельскохозяйственного производства, выявить влияние мелиорации на плодородие почв и урожайность сельскохозяйственных культур, на производительность труда и уровень рентабельности производства, определить величину отдачи и сроки полного возмещения совокупных инвестиций.

Следует отметить, что данная система показателей не всегда должна применяться в полном объеме и во всех случаях. При определении экономической эффективности мелиорации в конкретном хозяйстве, на небольшом объекте их круг сужается. Все большее значение при этом приобретают показатели, определяющие отдачу инвестиций – коэффициент эффективности и срок окупаемости. Для их расчета применяются следующие формулы и зависимости:

а) если мелиорация проведена на малопродуктивных или не используемых в сельскохозяйственном производстве заболоченных и переувлажненных землях:

$$\mathcal{E}_m = \frac{\text{ЧД}}{K_{\text{м.с}} + \Delta K_{\text{с.х}}};$$

$$T = \frac{K_{\text{м.с}} + \Delta K_{\text{с.х}}}{\text{ЧД}};$$

$$\text{ЧД} = C_{\text{в.п}} - (I_{\text{с.х}} + I_{\text{м}});$$

$$C_{в.п} = \sum_1^i \Pi_i U_i \Pi_i;$$

где  $\Theta_m$  – коэффициент эффективности инвестиций в мелиорацию;

$\Delta C_{в.п}$  – среднегодовой чистый доход (прибыль) от мелиорации, руб.;

$K_{м.с}$  – инвестиции в мелиоративное строительство, руб.;

$\Delta K_{с.х}$  – дополнительные инвестиции в основные производственные фонды для расширения сельскохозяйственного производства на базе мелиорации, руб.;

$T$  – срок окупаемости инвестиций, год;

$C_{в.п}$  – стоимость валовой продукции, руб.;

$I_{с.х}$  – сельскохозяйственные производственные затраты, руб.;

$I_m$  – производственные затраты, связанные с эксплуатацией мелиоративных систем, руб.;

$\Pi_i$  – цена 1 ц продукции  $i$ -й сельскохозяйственной культуры, руб.;

$U_i$  – урожайность  $i$ -й сельскохозяйственной культуры, ц/га;

$\Pi_i$  – площадь посева  $i$ -й сельскохозяйственной культуры, га;

б) если мелиоративные мероприятия проведены на переувлажненных или заболоченных угодьях, ранее используемых в сельскохозяйственном производстве (пашня, сенокосы, пастбища):

$$\Theta_m = \frac{\Delta C_{в.п}}{K_{м.с} + \Delta K_{с.х}};$$

$$T = \frac{K_{м.с} + \Delta K_{с.х}}{\Delta C_{в.п}};$$

$$\Delta C_{в.п} = \Delta C_{в.п} - (\Delta I_{с.х} + I_m);$$

$$\Delta C_{в.п} = \sum_1^i \Pi_i \Delta U_i \Pi_i;$$

где  $\Delta C_{в.п}$  – среднегодовой прирост чистого дохода, руб.;

$\Delta C_{в.п}$  – среднегодовой прирост валовой продукции в денежном выражении, руб.;

$\Delta I_{с.х}$  – прирост сельскохозяйственных производственных затрат, связанный с уборкой, транспортировкой, доработкой и хранением дополнительной продукции, руб.;

$\Delta U_i$  – прирост урожая  $i$ -й культуры от мелиорации, ц/га.

Поскольку основным показателем оценки продуктивности земли является урожайность культур, были проведены исследования по изу-

чению влияния на ее уровень факторов внешней среды и выявлению наиболее важных из них.

Урожайность сельскохозяйственных культур является результатом действия многих факторов объективного и субъективного характера. Анализ продуктивности сельскохозяйственных культур требует привлечения комплекса факторов, обуславливающих ее формирование: почвенно-климатические (качество пахотных земель, роль органического вещества торфа, естественные и искусственные осадки), факторы интенсификации производства (удобрение, фондооснащенность и фондовооруженность труда, обеспеченность трудовыми ресурсами) и организационно-экономические факторы (структура посевных площадей, продолжительность уборки и др.).

При изучении закономерностей формирования урожая культур широко используются математические методы анализа, в частности двух- и многофакторный регрессионный и дисперсионный анализы, позволяющие рассматривать сложные взаимосвязи факторов в комплексе. Это, безусловно, свидетельствует о более высоком уровне экономических исследований.

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

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

$x_1$  – удельный вес осушенных земель в общей площади сельскохозяйственных угодий, %;

$x_2$  – качественная оценка сельхозугодий, баллы;

$x_3$  – затраты труда на 1 га сельхозугодий, чел.-ч;

$x_4$  – приходится на 1 га сельхозугодий основных производственных фондов сельскохозяйственного назначения, руб.;

$x_5$  – энергетические мощности на 1 га сельхозугодий, л. с.;

$x_6$  – внесено минеральных удобрений на 1 га сельхозугодий, кг д. в.;

$x_7$  – внесено органических удобрений на 1 га сельхозугодий, т.

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

$$y_x = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_7x_7.$$

При построении экономико-математической модели анализа продуктивности культур регрессионный анализ всегда должен сопровождаться предварительной оценкой взаимосвязи явлений при помощи статистических группировок. При такой схеме анализа можно достигнуть более полной и всесторонней оценки влияния факторов на продуктивность культур [3].

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

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 1 февр. 2021 г. №59//ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Национальный центр правовой информации. Республики Беларусь, – Минск, 2021. – 115 с.
2. Васильев, В. В. Эффективность сельскохозяйственного использования земель Круглянского района / В. В. Васильев, С. В. Валицкий // Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки 14–15 марта 2019 г. / УО БГСХА; ред.: В. И. Желязко [и др.]. – Горки, 2019. – С. 148–153.
3. Васильев, В. В. Математическая модель оптимизации использования мелиорированных земель / В. В. Васильев // Почвы и их эффективное использование: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Киров: Вятская ГСХА, 2018. – Ч. 1. – С. 45–53.

## ПРОБЛЕМЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

**В. В. Васильев**, доцент

**Н. В. Васильева**, доцент

«Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** реконструкция, мелиоративные системы, сельскохозяйственное использование, способы реконструкции, водный режим почвы.

**Аннотация.** В результате анализа проектов реконструкции мелиоративных систем установлены основные проблемы реконструкции систем и способы их решения.

**Key words:** reconstruction, reclamation systems, agricultural production, methods of reconstruction, water regime of soils.

**Summary.** As a result of the analysis of projects for the reconstruction of reclamation systems, the main problems of the reconstruction of systems and methods for solving them were established.

Мелиорация земель является одним из существенных факторов интенсификации сельского хозяйства, создания благоприятных условий для мобилизации потенциального плодородия почв, повышения эффективности механизации, химизации и защиты растений, а, в конечном счете, обеспечения высококорентабельного и конкурентоспособного сельскохозяйственного производства.

Широкомасштабной мелиорацией в Беларуси начали заниматься еще в 70-е годы прошлого века. Эта работа продолжалась более 20 лет. В результате чего в Беларуси болота превратили в пахотные земли. Общая площадь мелиорированных сельскохозяйственных земель в республике 2,9 млн. гектар, что составляет 37 % от всех сельхозугодий. На этих землях производят треть растениеводческой продукции, в том числе свыше половины зеленых кормов, необходимых для животноводства. Для обеспечения соблюдения проектных норм осушения земель построено 4948 мелиоративных систем.

В результате длительной эксплуатации мелиоративные системы в большинстве своем отслужили нормативный срок, физически и морально устарели.

В Беларуси на начало пятилетки насчитывалось 412 тыс. га ранее мелиорированных земель, которые находятся в плачевном состоянии, а на площади 339,1 тыс. гектаров требуется реконструкция мелиоративных систем. Мелиорируемые земли на площади 136 тыс. гектаров нуждаются в проведении работ по культуртехнической мелиорации [1]. Сейчас основная задача – эксплуатация и реконструкция уже построенных мелиоративных систем.

Целью исследований явилось определение проблем реконструкции мелиоративных систем и способов их решения. Реконструкция мелиоративных систем осуществляется только при физическом износе всех элементов мелиоративной сети или если действующий вариант системы не может обеспечить требуемый водный режим, что ведет к вторичному заболачиванию и полному выходу земель из сельскохозяйственного использования.

Причин, вызвавших необходимость проведения реконструкции мелиоративных систем, можно назвать несколько. Значительная часть мелиоративных систем, не отвечающих требованиям эффективного сельскохозяйственного использования расположена на территориях с преобладанием торфяных почв. За время эксплуатации в результате осадки торфяных залежей, их минерализации и выноса в процессе сельскохозяйственного использования произошло понижение поверхности таких участков на 0,3–1,0 м в зависимости от мощности слоя торфа. В процессе эксплуатации осушенных торфяников изменения произошли не только в понижении поверхности почв. В результате интенсивного использования торфяников изменился рельеф местности, образовались западины, где происходит переувлажнение почв, что ведет к вымочкам посевов.

Следующей причиной, вызвавшей необходимость реконструкции мелиоративных систем, следует назвать неудовлетворительное состояние водоприемников и магистральных каналов, которые в настоящее время не в состоянии выполнять функции водоприемников.

Одной из причин является изменение характеристик почвенного покрова, физико-механических свойств грунтов в результате длительного интенсивного сельскохозяйственного использования мелиорированных земель, которое привело к значительному снижению водопроницаемости засыпки дренажных траншей или полной кольматации

защитно-фильтрующих материалов и входных отверстий дренажных труб, а также к периодическому переувлажнению из-за образования уплотненного подпахотного слоя, образования бессточных понижений вследствие неравномерной осадки поверхности земли и неправильной обработки почвы, в которых происходит вымочка посевов и зарастание кустарником. Все это приводит к низкой продуктивности земель из-за неудовлетворительного водного режима.

Наряду с названными причинами необходимость в реконструкции мелиоративных систем вызывается еще тем, что за время сельскохозяйственного использования осушенных земель снизились их водопоглощающая способность, из-за развития микрорельефа и неравномерного осушения появилась мелкоконтурность при использовании угодий и некоторые другие.

Реконструкция каждого мелиоративного объекта требует сугубо индивидуального подхода и иногда нетрадиционных технических решений. Главным здесь должно быть определение необходимых объемов сельскохозяйственного производства по видам культур, определение и выбор площадей и уровня интенсивности их использования. Также, должны учитываться материально-технические и людские ресурсы землепользователя. С учетом этого применяется такой подход к реконструкции мелиоративных систем, как адаптация сельскохозяйственного использования и подбор культур к имеющимся условиям, или условиям, которые могут быть созданы при минимальных затратах, с минимальным ущербом для окружающей среды. При этом может быть экономически целесообразным не только перевод угодий в менее продуктивные, но и исключение земель из сельскохозяйственного использования.

Принятие решения для каждого конкретного объекта производится на основании изучения и анализа не только мелиоративной обстановки, но и состояния сельскохозяйственного производства, а также экологического состояния осушенных земель и водотоков. Кроме этого, должны сопоставляться не только различные варианты проведения мелиоративных работ, но и варианты использования осушенных земель с учетом специализации хозяйств, расположенных в пределах рассматриваемой территории.

Определенные сложности возникают и при реконструкции регулирующей сети на объектах с минерализованными торфяными почвами. Обычно реконструкция осуществляется в трех вариантах: с сохранением способа осушения открытой сетью; с заменой открытой сети на

дренаж; комбинированный способ (сочетание открытой и закрытой сети).

Создание комбинированных систем, сочетающих открытую и закрытую осушительную сеть, возможно на объектах, имеющих в своем составе участки с различными условиями, определяющими применение того или иного способа осушения.

Кроме того, комбинированный способ осушения предусматривается в тех случаях, когда дренаж устраивается выборочно, в дополнение к открытой осушительной сети. Такая ситуация наиболее часто встречается при реконструкции осушительных систем со сработанными торфяниками, первоначальная мощность которых составляла до 1,0 м.

При реконструкции осушительных систем закрытым дренажем рассматриваются такие варианты, как реконструкция дренажа на дренаж, создание комбинированных осушительных систем и замена дренажа открытой сетью каналов в случае его неработоспособности.

На объектах со сработанным торфяником и развившимся в связи с этим микрорельефом только реконструкция дренажа зачастую не решает таких проблем, как организация поверхностного стока и раскрытие понижений. В таких случаях целесообразно устройство открытых разгрузочных каналов, которые снижают нагрузку на коллекторы, ускоряют отвод поверхностных и грунтовых вод, а также применение комплекса мероприятий по организации поверхностного стока и проведению агромелиоративных мероприятий.

Неотъемлемым элементом реконструкции мелиоративных систем является реконструкция открытой регулирующей и проводящей сети, магистральных каналов и водоприемников. [2]

Сводка древесно-кустарниковой растительности в руслах и на берегах каналов требует больших трудовых затрат и материально-технических ресурсов, поэтому при проектировании принимаются решения, позволяющие максимально возможно снизить трудоемкость и материалоемкость работ.

Земли в начальной стадии формирования кустарниковой растительности, мелколесья не требуют специализированной мелиоративной техники для ее ликвидации. Сельхозорганизации в первую очередь должны быть заинтересованы и заботится о том, чтобы окультурить эти земли и ввести их в сельскохозяйственный оборот. Потому, что на проведение культуртехнических работ на мелиорированных землях в последнее время выделение бюджетных средств не предусматривается.

Эти работы можно выполнить силами самих сельхозпредприятий, без привлечения мелиоративных организаций.

При проведении реконструкции мелиоративных систем наиболее актуальными остаются такие проблемы, как сохранение органического вещества торфа и повышение экологической надежности системы в целом.

Кроме того, при реконструкции мелиоративных систем, расположенных в поймах рек-водоприемников, представляется целесообразным там, где это технически возможно и экологически обосновано, восстановление естественного состояния малых рек.

Широкое распространение должны получить адаптированные к различным условиям осушенных земель ресурсосберегающие технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в основе которых лежат соответствующие агро-мелиоративные приемы обработки почвы, учитывающие культуртехническое состояние угодий и ресурсные возможности хозяйств. Нужно внедрение зональных систем земледелия внутри областей и районов имеющих мелиорированные земли [3].

При реконструкции мелиоративных систем предусматривается сохранение земельного фонда от деградации, размещение мелиоративных систем на потенциально плодородных почвах, максимальное сохранение природного соотношения естественных и сельскохозяйственных земель исходя из особенностей территории, создание системы агроландшафтов, обеспечивающих сохранение биологического разнообразия, действенный мониторинг состояния мелиорированных земель и прилегающих к мелиоративным объектам территорий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Республики Беларусь, 1 февр. 2021 г. № 59 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Национальный центр правовой информации. Республики Беларусь, – Минск, 2021. – 115 с.
2. Дорошкевич, М. Б. Проблемы реконструкции и восстановления мелиоративных систем / М. Б. Дорошкевич, А. А. Рыбчинский // Белорусское Полесье: сб. науч.-практ. ст. – Пинск: Фонд «Белорусское Полесье», 2001. – Вып. 1. – С. 67–69.
3. Васильев, В. В. Сельскохозяйственное использование реконструированных мелиоративных систем / В. В. Васильев, Н. В. Васильева // Актуальные проблемы природообустройства и пути их решения: сб. материалов заочной науч.-практ. конф. 31 марта 2023 г. / БГСХА; под ред. А. С. Кукреша. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 9–13.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА И ЗАВИСИМОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩЕЙ КОМПРЕССИОННЫЕ СВОЙСТВА БИОГЕННЫХ ГРУНТОВ**

**Н. В. Васильева**, доцент

**В. В. Васильев**, доцент

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

**Ключевые слова:** биогенный грунт, фазовый состав, минеральная и органическая составляющие, компрессионная зависимость, коэффициент пористости.

**Аннотация:** целью исследований являлось определение фазового состава и зависимости, характеризующей компрессионные свойства биогенных грунтов.

В статье приведена методика расчета фазового состава биогенных грунтов и компрессионная зависимость, полученная аналитическим путем, которая позволяет рассчитать физические показатели этих грунтов без проведения длительных лабораторных испытаний образцов.

**Keywords:** biogenic soil, phase composition, mineral and organic components, compression dependence, porosity coefficient.

**Summary.** The purpose of the research was to determine the phase composition and dependence characterizing the compression properties of biogenic soils.

The article presents a method for calculating the phase composition of biogenic soils and the compression dependence obtained analytically, which allows us to calculate the physical parameters of these soils without conducting long-term laboratory tests of samples.

**Введение.** Биогенный грунт состоит из разнообразных элементов, объединенных в три группы: твердые частицы, вода в различных видах и состояниях, газообразные включения. Кроме того, он состоит из минеральной и органической соединений, влияющих на его физические свойства. По условиям образования во времени эти грунты неоднородны. Они различны по составу, строению, генезису, состоянию и поэтому, чтобы использовать их в качестве материала для возведения

сооружений или основания под них необходимо выполнять большое количество определений показателей их свойств в условиях естественного залегания или по образцам естественной ненарушенной структуры. Биогенные грунты, как и другие виды грунтов, входящие в уравнение механики грунтов требуют определение трех основных показателей: плотность ( $\gamma$ ), естественную влажность ( $W$ ), плотность твердой фазы ( $\gamma_s$ ), а для установления типа биогенного грунта, необходимо знать и значение зольности ( $Z$ ).

**Цель работы** – определение фазового состава и расчетным путем получения зависимости, характеризующие компрессионные свойства биогенных грунтов.

**Материалы, методика, результаты исследований и их обсуждения.** Биогенные грунты в общем случае рассматриваются как трехфазная система, состоящая из твердого вещества, называемого скелетом, жидкой фазы (воды) и газовой фазы (воздуха и заземленных газов). Промежутки между частицами твердой фазы – поры могут пронизывать массу грунта в различных направлениях в виде капилляров, щелей или замкнутых пространств различной формы и размеров. В естественном состоянии они характеризуются высокой влажностью и пористостью. В результате анализа опытных данных водонасыщенных биогенных грунтов ниже уровня грунтовых вод и в зоне капиллярного насыщения, содержанием заземленного в них воздуха и газов можно пренебречь. В связи с этим такие грунты можно рассматривать как полностью водонасыщенными и расчетным путем получить теоретические зависимости между показателями физических свойств. Все биогенные грунты состоят из минеральной и органической составляющей и характер процессов, происходящих при уплотнении органической составляющей всех видов биогенных грунтов идентичен, то была высказана гипотеза, что целесообразнее связи между показателями компрессионных свойств искать отдельно для органической и минеральной составляющих. Специфика биогенных грунтов такова, при большой влажности (пористости) практически твердый состав образца мало влияет на значения показателей, потому что определяющим является влажность. Поэтому во всех образцах было произведено разделение на органическую и минеральную составляющие.

Кроме того, в единице объема исследуемых образцов для подавляющего большинства биогенных грунтов их минеральная составляющая занимает несопоставимо малый, в сравнении с органической составляющей объём. Её сжимаемость так же несопоставимо мала, и поэтому сжимаемостью минеральной составляющей можно пренебречь.

В структуре грунта минеральная составляющая биогенных грунтов, как показывают исследования способна связать и удерживать значительно меньшее количество воды, чем органическая. В связи с этим можно сделать вывод, что связь между параметрами свойств биогенного грунта, следует устанавливать отдельно как для минеральной, так и органической составляющих.

Объём образца биогенного грунта в водонасыщенном состоянии состоит:

$$V_{\text{обр}} = V_{\text{орг}} + V_{\text{мин}} + V_{\text{в}},$$

где  $V_{\text{обр}}$  – объём образца;

$V_{\text{орг}}$  – объём органической составляющей;

$V_{\text{мин}}$  – объём минеральной составляющей;

$V_{\text{в}}$  – объём воды.

*Образец биогенного грунта: торф древесно-осоковый  $R = 45 \%$ , влажность  $W = 205 \%$ , зольность  $Z = 21,56$ , плотность твердой фазы  $\gamma_s = 1,67 \text{ г/см}^3$ , коэффициент пористости  $\varepsilon_0 = 3,43$ .*

*Для определения фазового состава образца определяем:*

Плотность скелета грунта

$$\gamma_d = \frac{1}{0,01W + \frac{1}{\gamma_s}} = 0,3775 \text{ г/см}^3.$$

Плотность грунта в образце тогда будет равна

$$\gamma = \gamma_d(0,01W + 1) = 1,1515 \text{ г/см}^3.$$

Объём образца в компрессионном кольце равен

$$V_{\text{обр}} = F \cdot h = 25,5 \cdot 2,08 = 53,04 \text{ см}^3.$$

где  $h$  – начальная высота образца,  $h = 2,08 \text{ см}$ ;

$F$  – площадь образца,  $F = 25,5 \text{ см}^2$ .

Масса образца равна

$$P_{\text{обр}} = \gamma \cdot V_{\text{обр}} = 1,1515 \cdot 53,04 = 61,076 \text{ г}.$$

**Объём твердой фазы образца**

$$m = \frac{\gamma_d}{\gamma_s} = \frac{0,3775}{1,67} = 0,2260.$$

**Объём пор**

$$n = 1 - m, n = 1 - 0,2260 = 0,7740.$$

Масса воды в образце равна

$$P_B = V_{\text{обр}} \cdot n \cdot \gamma_B = 53,04 \cdot 0,7740 \cdot 1,0 = 41,053 \text{ г},$$

где  $\gamma_B = 1,0 \text{ г/см}^3$  – плотность воды.

Масса твердой фазы образца

$$P_{\text{т.ф}} = P_{\text{обр}} - P_B = 61,076 - 41,053 = 20,023 \text{ г}.$$

***Твердая фаза образца состоит из минеральной и органической составляющих***

$$P_{\text{т.ф.}} = P_{\text{мин}} + P_{\text{орг.}}$$

***Масса минеральной составляющей образца равна***

$$P_{\text{мин}} = \frac{P_{\text{т.ф.}} \cdot Z}{100} = \frac{20,023 \cdot 21,56}{100} = 4,317 \text{ г}.$$

Масса органической составляющей образца составит

$$P_{\text{орг}} = P_{\text{т.ф.}} - P_{\text{мин}} = 20,023 - 4,317 = 15,706 \text{ г}.$$

Объём твердой фазы образца будет равен

$$V_{\text{тв.ф.}} = V_{\text{обр}} \cdot m = 53,04 \cdot 0,226 = 11,987 \text{ см}^3.$$

*Объём воды в образце составит:*

$$V_B = V_{\text{обр}} - V_{\text{т.ф.}} = 53,04 - 11,987 = 41,053 \text{ см}^3.$$

Как видно из расчётов, минеральная и органическая составляющая в образце способны связать определенное количество воды, величина которой не определена, потому что не определена как влажность этих составляющих, так и плотность твердой фазы их. Так как минеральная составляющая способна связать в своей структуре несопоставимо меньшее количество воды, чем органическая, то представляет интерес: сколько воды может быть связано минеральной составляющей и какова её плотность?

Плотность твердой фазы минеральной составляющей зависит от породообразующих минералов и химических элементов. Изменяется этот показатель в достаточно узком диапазоне, поэтому, задаваясь

различными значениями плотности минеральной составляющей  $\gamma_s$  и ее влажности  $W_{\text{мин}}$ , можно проанализировать какое количество воды может быть связано минеральной составляющей  $P_{\text{в}}^{\text{мин}}$  и вычислить ее характеристики:

$$P_{\text{в}}^{\text{мин}} = \frac{P_{\text{мин}} \cdot W_{\text{мин}}}{100}.$$

При анализе других показателей физических свойств, полученных при расчете минеральной составляющей можно заключить, что в качестве наиболее вероятных значений плотности минеральной составляющей ( $\gamma_s$ ) и соответственно влажности ( $W_{\text{мин}}$ ) можно принять соответственно численные значения плотности – 2,7 г/см, а влажности – 20 %. При других значениях показатели свойств минеральной составляющей выходят за возможные пределы показателей минеральных грунтов аналогичного механического состава.

Количество воды, связанное минеральной составляющей в образце составит:

$$P_{\text{в}}^{\text{мин}} = \frac{P_{\text{мин}} \cdot W_{\text{мин}}}{100} = \frac{4,317 \cdot 20}{100} = 0,863 \text{ г}.$$

Следовательно, при принятых значениях параметров объем минеральной составляющей для рассматриваемого образца равен:

$$V_{\text{мин}} = \frac{P_{\text{мин}}}{\gamma_{\text{мин}}} = \frac{4,317}{2,1} = 2,056 \text{ см}^3.$$

Высота минеральной составляющей в образце составит

$$h_{\text{мин}} = \frac{V_{\text{мин}}}{F} = \frac{4,317}{25,5} = 0,081 \text{ см}.$$

Как показывает расчёт, объём минеральной составляющей в образце, составляет  $2,056 \text{ см}^3$ , а объём образца  $V_{\text{обп}} = 53,04 \text{ см}^3$ , поэтому при расчете сжимаемости ею можно пренебречь. Считать, что грунт образца состоит только из органической составляющей и воды, но количество связанной органической составляющей воды будет при этом большим, чем в исходном образце. При определении содержания воды в образце было принято, что минеральная и органическая составляю-

щие в равной степени связывают какое-то количество воды, а фактически, как следует из приведенного расчета, что это не так.

**Масса воды, связанная органической составляющей будет равна**

$$P_{\text{в}}^{\text{орг}} = P_{\text{в}} - P_{\text{в}}^{\text{мин}} = 41,053 - 0,863 = 40,190 \text{ г.}$$

**Влажность органической составляющей имеет значение**

$$W_{\text{орг}} = \frac{P_{\text{в}}^{\text{орг}} \cdot 100}{P_{\text{орг}}} = \frac{40,190 \cdot 100}{75,706} = 255,89 \text{ \%}.$$

Плотность твердой фазы органической составляющей также не определена, поэтому задаваясь различными значениями плотности органической составляющей рассчитаем показатели её физических свойств. При значениях  $\gamma_s < 1,5 \text{ г/см}^3$  коэффициенты пористости органической составляющей меньше или незначительно превышают коэффициент пористости образца  $\varepsilon_i = 3,43$ , поэтому плотность твердой фазы не может быть меньше, чем  $\gamma_s = 1,5 \text{ г/см}^3$ , определяем показатели физических свойств этой составляющей.

Плотность скелета органической составляющей образца равна

$$\gamma_d^{\text{орг}} = \frac{1}{0,01W + \frac{1}{\gamma_s^{\text{орг}}}} = \frac{1}{0,01 \cdot 255,89 + \frac{1}{1,5}} = 0,310 \text{ г/см}^3.$$

**Плотность органической составляющей будет равна**

$$\gamma_{\text{орг}} = \gamma_d^{\text{орг}} \cdot (0,01W_{\text{орг}} + 1),$$

$$\gamma_{\text{орг}} = 0,310 \cdot (0,01 \cdot 255,89) + 1 = 1,103 \text{ г/см}^3.$$

**Объем органической составляющей**

$$V_{\text{орг}} = V_{\text{т.ф}} - V_{\text{мин}} = 11,987 - 2,056 = 9,93 \text{ см}^3.$$

**Высота органической составляющей в образце**

$$h_{\text{орг}} = \frac{V_{\text{орг}}}{F} = \frac{9,931}{25,5} = 0,389 \text{ см.}$$

**Коэффициент пористости органической составляющей равен**

$$\varepsilon_{\text{opr}} = \frac{\gamma_s^{\text{opr}}}{\gamma_d^{\text{opr}}} - 1 = \frac{1,5}{0,310} = 3,838.$$

Коэффициент пористости образца

$$\varepsilon_{\text{opr}} = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1 = \frac{1,670}{0,3775} - 1 = 3,43.$$

При изучении свойств биогенных грунтов, как оснований сооружений является получение экспериментальным путем компрессионных характеристик (показатели сжимаемости), необходимых для определения осадки сооружений и используемых при расчете напряженно-деформируемого состояния основания. Для всех типов биогенных грунтов процесс уплотнения является длительным, учитывая при этом, что биогенные грунты характеризуются чрезвычайной пестротой свойств, как по глубине залежи, так и по площади, то даже на небольших площадках для достоверной оценки необходимо сделать большое количество определений.

Учитывая особенности реологических свойств биогенных грунтов и получения компрессионных характеристик даже для одного образца необходимо проводить испытания в лабораторных условиях в течение нескольких месяцев, а для некоторых видов этих грунтов и при большом количестве ступеней нагружения этот процесс может достигать года. Для сокращения времени получения компрессионных характеристик, является построение компрессионной кривой без проведения компрессионных испытаний, то есть расчетным путем.

Для получения расчетной зависимости были использованы опыты с торфами и сапропелями, которые отличаются друг от друга по коэффициенту пористости, влажности и другим показателям в условиях естественного сложения. Характер сжимаемости образцов биогенных грунтов примерно одинаков, и изменяется только степень сжимаемости в зависимости от начальной пористости образца.

Наиболее распространенным уравнением при аппроксимации экспериментальных компрессионных кривых является логарифмическое. Для всех видов биогенных грунтов зависимости в координатах

$$\frac{\varepsilon_i}{\varepsilon_0} = \frac{\varepsilon_0^{\phi}}{\varepsilon_0} - a_k \cdot \lg \frac{p}{p_0},$$

где  $\varepsilon_i$  – коэффициент пористости, соответствующий приложенной нагрузке  $P$ ,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

$\varepsilon_0$  – начальный коэффициент пористости

$\varepsilon_0^\phi$  – условный (начальный) коэффициент пористости;

$a_k = \text{tg}\alpha$  – коэффициент полной компрессии (показатель сжимаемости);

$P_0$  – нагрузка, соответствующая точке пересечения скрепленного участка компрессионной кривой с осью ординат,  $P_0 = 0,1 \text{ кг}/\text{см}^2$ .

Начальный коэффициент пористости  $\varepsilon_0$  в естественном состоянии должен находиться на оси абсцисс при значениях  $P = 0$ , который в принятых координатах расположен на  $-\infty$ . Поэтому за начальное значение коэффициента пористости принимаем некоторое условное значение  $\varepsilon_0^\phi$ , соответствующее точке пересечения прямолинейного участка компрессионной зависимости с осью ординат при  $P = 0,1 \text{ кг}/\text{см}^2$ . Значения показателей  $\varepsilon_0^\phi$  и  $a_k$  зависят от показателей физических свойств, состава и состояния биогенных грунтов. Математическая форма связи между этими показателями получена на основе графического анализа соотношений между  $\varepsilon_0^\phi$  и  $\varepsilon_{\text{орг}}^\phi$  и  $\varepsilon_{\text{орг}}^\phi$  и  $a_k$  в численном выражении имеет следующее значение:

$$\varepsilon_0^\phi = 1,386\varepsilon_0^{0,8448} \text{ и } a = 0,1231\varepsilon_0^{\phi 0,5717} .$$

Подставляя полученные выражения в уравнение компрессионной кривой, получаем формулу для построения компрессионной кривой для биогенных грунтов в зависимости от одного параметра  $\varepsilon_0$  по традиционному подходу к анализу экспериментальных данных:

$$\varepsilon_i = 1,3836\varepsilon_0^{0,845} - (0,147\varepsilon_0^{0,483})\varepsilon_0 \lg \frac{P_i}{P_0} . \quad (1)$$

Определение математической связи между параметрами компрессионной зависимости для органической составляющей осуществлено на основе графического анализа. В результате математической обработки получено уравнение:

$$\varepsilon_{\text{орг}}^\phi = 1,5005 \cdot \varepsilon_{\text{орг}}^{0,8165} \text{ и } a_k = 0,1274 \cdot \varepsilon_{\text{орг}}^{\phi 0,5277} .$$

Преобразуя полученные зависимости для органической составляющей, получаем уравнение компрессионной кривой

$$\varepsilon_i = 1,5\varepsilon_{\text{орг}}^{0,816} - (0,158\varepsilon_{\text{орг}}^{0,431})\varepsilon_{\text{орг}} l g \frac{P}{P_0}. \quad (2)$$

### **Выводы:**

1. Биогенный грунт состоит из минеральной и органической составляющих.

2. Для практических расчетов можно принять для минеральной составляющей значение:  $\gamma_s^{\text{мин}} = 2,7 \text{ г/см}^3$ ,  $\gamma_s^{\text{орг}} = 1,5 \text{ г/см}^3$  и влажность  $W_{\text{мин}} = 20 \%$ , для органической составляющей значение плотности скелета можно принять  $\gamma_s^{\text{орг}} = 1,5 \text{ г/см}^3$ .

3. Полученная формула (1) позволяет строить компрессионную кривую в зависимости от одного параметра  $\varepsilon_0$  и формула (2) справедлива для всех видов грунтов и позволяет построить компрессионную кривую для органической составляющей в зависимости от одного параметра  $\varepsilon_{\text{орг}}$  коэффициента пористости органической составляющей при влажности и пористости грунта в естественном состоянии в диапазоне нагрузок, встречающихся в практике мелиоративного строительства.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Лысенко, М. П. Состав и физико-механические свойства грунтов / М. П. Лысенко. – М.: Недра, 1972. – 320 с.
2. Черник, П. К. Расчет фазового состава биогенных грунтов / П. К. Черник, Н. В. Васильева // Сб. науч. тр. Белорус. НИИ мелиорации и луговодства. – Т. XLV. Минск, 1998. – С. 80–88.
3. Черник, П. К. Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям болотных отложений под сооружениями / П. К. Черник. – Минск, 1977. – 28 с.
4. Рубинштейн, А. Я. Биогенные грунты / А. Я. Рубинштейн. – М.: Стройиздат, 1984. – 108 с.
5. Рубинштейн, А. Я. Инженерно-геологические изыскания для строительства на слабых грунтах / А. Я. Рубинштейн, Ф. С. Канаев. – М.: Стройиздат, 1984. – 108 с.

## К ВОПРОСУ ВЛИЯНИЯ ЗИМНИХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

А. А. Волчек, д-р географ. наук, профессор

Ю. П. Городнюк, ассистент

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

**Ключевые слова:** озимые зерновые, урожайность, температура воздуха, изменение климата.

**Аннотация.** В статье представлена пространственно-временная структура урожайности озимой ржи, а также температура воздуха зимних месяцев на территории Белорусского Полесья в период современного потепления климата.

**Keywords:** winter cereals, yields, air temperature, climate change.

**Summary.** The article presents the spatial and temporal structure of the yield of winter rye, as well as the air temperature of the winter months in the territory of the Belarusian Polesie during the period of modern climate warming.

**Введение.** Одно из основных направлений экономического развития Белорусского Полесья связано с интенсификацией сельского хозяйства. Крупномасштабные мелиорации прошлого столетия создали возможности оперативного управления водно-воздушным режимом почв, что в совокупности с современными технологиями возделывания сельскохозяйственных культур и достижениями селекции позволяют получать стабильно высокие урожаи.

Современное климатическое потепление более ярко проявилось холодный период, что привело к значительному повышению зимних температур воздуха, частым оттепелям. Все это в совокупности вызвало существенное нарушение естественного хода произрастания озимых культур и в конечном итоге на урожайность. Для достижения максимальной урожайности сельскохозяйственных культур требуются оптимальное сочетание тепла и влаги при рациональном пищевом режиме [1].

Целью исследования является оценка влияния зимних температур воздуха на пространственно-временные колебания урожайности озимых зерновых культур Белорусского Полесья.

**Исходные данные и методы исследования.** Основу исследований составили многолетние ряды наблюдений за урожайностью озимой ржи за период с 1995 по 2023 гг. Используются данные Министерства статистики и анализа Республики Беларусь об урожайности культур и материалы Республиканского гидрометеоцентра о среднемесячных температурах воздуха по метеостанция Белорусского Полесья, а именно Брест, Пинск, Житковичи, Мозырь, Гомель. Для описания многолетних колебаний урожайности использованы следующие статистические модели: последовательность независимых случайных величин; простая и сложная цепь Маркова [2, 3]. Детально методика исследования изложена в работах [4, 5].

**Основные результаты и их обсуждение.** Хронологический ход урожайности озимой ржи на территории Белорусского Полесья представлен на рис. 1, а в табл. 1 приведены основные статистические параметры, в частности средние значения урожайности ( $U_{\text{ср}}$ , ц/га) их изменчивость ( $C_v$ ), а также параметры трендов, а именно градиент изменения ( $a$ ), ц/га 10 лет, коэффициент корреляции трендов ( $r$ ).

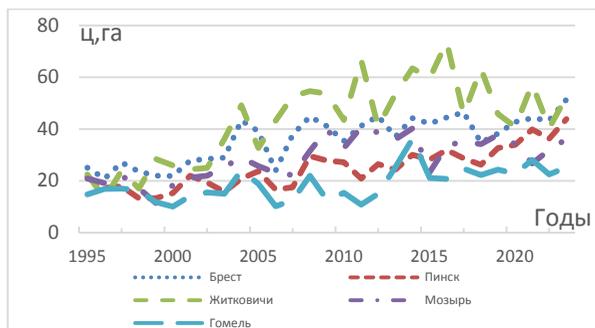


Рис. 1. Хронологический ход урожайности озимой ржи, ц/га по Белорусскому Полесью

Таблица 1. Статистические параметры хронологических рядов урожайности озимой ржи

Метеостанция	$U_{\text{ср}}$	$C_v$	$a$	$r$
Брест	36,09	0,25	0,25	0,86
Пинск	24,90	0,32	0,32	0,68
Житковичи	43,11	0,37	0,37	0,72
Мозырь	28,61	0,28	0,28	0,68
Гомель	17,61	0,35	0,35	0,44

Получены тренды урожайности озимой ржи  $r_{5\%23} = 0,39 < r$ .

Для всех районов выявлена устойчивая тенденция возрастания урожайности озимой ржи, особенно явно прослеживается для Житкович и Бреста.

Средняя урожайность по Полесью составляла 30,06 ц/га, а максимальная урожайность, наблюдается в Бресте, равная 36,09 ц/га, минимальная – 17,61 ц/га в Гомеле. Следует отметить, долготная зональность температуры воздуха декабря определяет пространственную структуру урожайности озимых культур.

На рис. 2–3 представлен хронологический ход температуры воздуха за январь и февраль месяцы по исследуемым метеостанциям, где имеет место статистически значимый рос зимних температур.

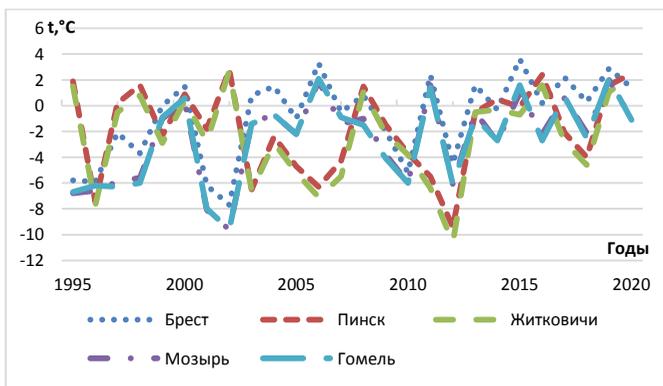


Рис. 2. Хронологический ход температур воздуха декабря по Белорусскому Полесью

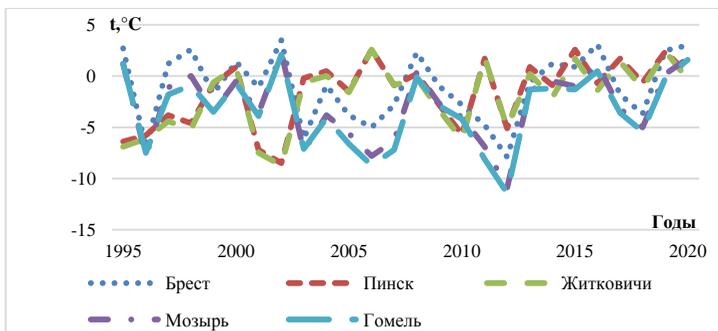


Рис. 3. Хронологический ход температур воздуха февраля по Белорусскому Полесью

В табл. 2 приведены статистические параметры температуры воздуха за зимние месяцы. Статистически значимый рост зимних температур наблюдается в декабре по метеостанциям: Брест, Мозырь и Гомель и в феврале по метеостанции Пинск – Житковичи. По остальным месяцам и метеостанциям имеет место тенденция к росту зимних температур.

Таблица 2. Статистические параметры хронологических рядов температуры воздуха декабря, января, февраля

Метеостанция	$T_{CP}$	$C_V$	$a$	$r$
<b>Декабрь</b>				
Брест	-0,86	-3,83	0,23	<b>0,54</b>
Пинск	-1,80	-1,91	0,03	0,08
Житковичи	-2,37	-1,49	0,31	0,06
Мозырь	-2,59	-1,26	0,22	<b>0,51</b>
Гомель	-2,62	-1,27	0,21	<b>0,49</b>
<b>Январь</b>				
Брест	-2,65	-1,11	0,04	0,12
Пинск	-3,37	-0,85	0,04	0,13
Житковичи	-3,79	-0,77	0,03	0,09
Мозырь	-4,37	-0,66	0,03	0,10
Гомель	-4,51	-0,62	0,01	0,03
<b>Февраль</b>				
Брест	-1,02	-3,31	0,02	0,06
Пинск	-1,61	-2,02	0,23	<b>0,54</b>
Житковичи	-1,97	-1,66	0,22	<b>0,52</b>
Мозырь	-2,92	-1,20	0,03	0,07
Гомель	-3,32	-1,07	0,03	0,06

Для оценки влияния зимних температур воздуха на урожайность озимых культур, возделываемых в Белорусском Полесье выполнен корреляционный анализ, который показал вклад температур зимних месяцев в урожайность. Так, температуры в декабре по метеостанции Брест и феврале по метеостанции Пинск. Кроме того, декабрьские температуры по метеостанциям Мозырь и Гомель, а также февральские температуры по метеостанциям Житковичи и Мозырь (табл. 3).

Таблица 3. Матрица коэффициентов корреляции урожайности озимой ржи с зимними температурами воздуха

Метеостанция	Месяцы		
	Декабрь	Январь	Февраль
Брест	<b>0,39</b>	0,16	0,06
Пинск	0,05	0,18	<b>0,39</b>
Житковичи	0,03	0,15	0,36
Мозырь	0,34	0,15	0,36
Гомель	0,32	0,10	0,01

Примечание. Выделены статистически значимые коэффициенты корреляции.

Исход из табл. 3 можно сделать вывод, что на урожайность озимой ржи по Бресту и Гомелю оказывают влияние температуры декабря, в Пинске, Житковичах и Мозыре – температура воздуха февраля.

**Выводы.** Таким образом, наблюдается повсеместный рост урожайности озимой ржи на территории Белорусского Полесья и дифференцированный рост зимних температур воздуха. Оценен вклад температур воздуха за отдельные зимние месяцы в урожайность озимой ржи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волчек, А. А. Влияние изменения температур холодного периода на урожайность озимых зерновых в Беларуси / А. А. Волчек, Ю. П. Городнюк // Междунар. науч.-практ. конф. Хазарский ун-т, г. Баку, 5–6 дек. 2022 г. – Баку, Азербайджан, 2023. – С. 209–212.

2. Статистические методы в природопользовании: учеб. пособие / В. Е. Валуев, А. А. Волчек, П. С. Пойта, П. В. Шведовский. – Брест: Изд-во Брестского политехнического института, 1999. – 252 с.

3. Логинов, В. Ф. Практика применения статистических методов при анализе и прогнозе природных процессов / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, П. В. Шведовский. – Брест: Изд-во БГТУ, 2004. – 316 с.

4. Логинов, В. Ф. Оценка влияния климатических факторов на динамику урожайности основных сельскохозяйственных культур в Брестской области / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, Ан. А. Волчек // Природные ресурсы. – 2006. – № 3. – С. 5–22.

5. Актуальные проблемы природопользования Брестской области / А. А. Волчек [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2009. – 265 с.

УДК 556.5(476)

## АСИНХРОННОСТЬ В КОЛЕБАНИЯХ СТОКА РЕК ЗАПАДА И ВОСТОКА БЕЛАРУСИ

**А. А. Волчек**, профессор

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

**Ключевые слова:** расходы воды рек, модульные коэффициенты, асинхронность, обеспеченность, корреляция

**Аннотация.** Исследован режим колебаний различных видов стока по четырем рекам Беларуси за период с 1877 по 2020 гг. С помощью коэффициентов корреляции и асинхронности дана количественная оценка синхронности в формировании стока рек западной и восточной частей Беларуси.

**Keywords:** river water flows, modular coefficients, asynchrony, availability, correlation.

**Summary.** The regime of fluctuations of various types of flow along four rivers of Belarus for the period from 1877 to 2020 was studied. Using correlation coefficients and asynchrony, a quantitative assessment of the synchronicity in the formation of river flow in the western and eastern parts of Belarus is given.

Объективная оценка водных ресурсов той или иной территории затруднена асинхронностью в режимах стока воды рек. Величина асинхронности зависит не только от расстояния между водосборами, водности года и их взаимного расположения [1].

Цель настоящей работы – дать количественную оценку асинхронности в колебаниях различных видов стока рек западной и восточной частей Беларуси за характерные интервалы времени.

Методологической основой исследований явились научные положения о стохастической природе речного стока. Системный анализ накопленной информации позволил синтезировать закономерности пространственно-временных колебаний водных ресурсов и объективно оценить их количественные характеристики, с помощью совместного использования коэффициентов асинхронности, корреляции, также изменение обеспеченностей стока по территории.

Методика оценки эффекта асинхронности в колебания стока двух рек построена на совместном анализе ранжированных суммарных хронологических и равнообеспеченных временных рядов модульных коэффициентов речного стока двух рек и подробно описана в [1].

Построение кривой обеспеченности суммарного равнообеспеченного ряда модульные коэффициенты осуществляется путем ранжирования исходных модульных коэффициентов в убывающем порядке с последующим их суммированием, т. е.

$$K_{xp}(P) = Q_{i,1} / Q_{cp,1} + Q_{i,2} / Q_{cp,2}, \quad (1)$$

где  $Q_{i,1}; Q_{i,2}$  – значение расходов воды 1 и 2 реки за  $i$ -й год;

$Q_{cp,1}; Q_{cp,2}$  – средние значения расходов воды за расчетный период 1 и 2 реки соответственно.

В зависимости от места, занимаемого каждым членом такого суммарного убывающего ряда, ему присваивается соответствующая обеспеченность, рассчитываемая как:

$$P = \frac{m}{n+1} 100\%, \quad (2)$$

где  $m$  – номер члена в ранжированном ряду;

$n$  – количество членов ряда.

Построение кривой обеспеченности суммарного хронологического ряда осуществлялось путем суммирования модульных коэффициентов двух створов речного стока за соответствующие годы в хронологическом порядке, с последующим их ранжированием в убывающем порядке. Равнообеспеченные ряды получаются путем суммирования, т. е.

$$K_{po}(P) = Q_{P,1} / Q_{cp,1} + Q_{P,2} / Q_{cp,2}, \quad (3)$$

где  $Q_{P,1}$ ;  $Q_{P,2}$  – значение расходов воды 1 и 2 реки равных обеспеченностей, соответственно.

Коэффициент асинхронности  $P$ -й обеспеченности определяется как

$$K_{ac}(P) = K_{xp}(P) / K_{po}(P). \quad (4)$$

При совместной оценке водных ресурсов двух рек учет асинхронности в их формировании стока осуществляется по зависимости

$$Q_j(P) = K_{ac}(P) \cdot Q_k(P), \quad (5)$$

где  $Q_j(P)$ ,  $Q_k(P)$  – расход воды  $j$ -й и  $k$ -й реки равной обеспеченности.

Данный подход позволил оценить асинхронность в колебаниях среднегодовых, максимальных весеннего половодья, минимальных летне-осенних и зимних расходов воды рек запада и востока Беларуси.

Исходными данными послужили материалы наблюдений республиканского центра по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за стоком р. Неман в створе г. Гродно ( $Q_{cp,год} = 194$  м<sup>3</sup>/с;  $Q_{вес.пол} = 792$  м<sup>3</sup>/с;  $Q_{мин.л-ос} = 89,5$  м<sup>3</sup>/с;  $Q_{мин.зим} = 71,9$  м<sup>3</sup>/с) расположенной на западе страны и р. Днепр в створе г. Речица ( $Q_{cp,год} = 363$  м<sup>3</sup>/с;  $Q_{вес.пол} = 1710$  м<sup>3</sup>/с;  $Q_{мин.л-ос} = 152$  м<sup>3</sup>/с;  $Q_{мин.зим} = 129$  м<sup>3</sup>/с) расположенной на востоке Беларуси за период с 1877 по 2020 гг., т. е. 144 года.

Предварительный анализ исходной гидрологической информации включал в себе восстановление пропущенных значений стока за отдельные годы, статистический анализ временных рядов на однород-

ность с помощью программного комплекса «Гидролог-2 по методикам приведенным в [2, 3, 4]. Исходные временные ряды расходов воды исследуемых рек разбиты на отдельные отрезки для анализа влияния на асинхронность в колебаниях различных влияний на сток рек. Сравнение периода с условно естественным водным режимом (1877–1965 гг.) и период антропогенных воздействия в виде крупномасштабных мелиораций и современного потепления климата (1966–2020 гг.). В свою очередь последний период разбит на два интервала: 1966–1986 гг. – период массовых мелиораций и 1987–2020 гг. – современных климатических изменений. Кроме того, отдельно анализировались ряды наблюдений за последние 50 лет (1971–2020 гг.), т. е. расчетный период, рекомендуемый для определения статистических характеристик и построения математических моделей прогнозирования стока рек Беларуси.

На первом этапе выполнены расчеты обеспеченности по рассматриваемым видам стока и рекам по формуле (2). В качестве примера в табл. 1 приведены значения расходов воды за конкретный год и их обеспеченности для отдельных лет (середины расчетных интервалов).

Таблица 1. Расход воды (м<sup>3</sup>/с) и обеспеченность (%) стока рек за отдельные годы р. Неман в створе г. Гродно и р. Днепр в створе г. Речица

Год	Вид стока							
	Средне- годовой	Макси- маль- ный поло- водья	Минимальный		Средне- годовой	Макси- маль- ный поло- водья	Минимальный	
			летне- осенний	зимний			летне- осенний	зимний
1972	246/96,6	801/82,1	121/83,5	128/43,5	155/86,2	347/91,7	95,3/33,1	28,7/98,6
1905	460/12,4	3130/11,0	146/46,2	127/44,1	196/38,6	845/30,3	88,0/46,2	68,0/51,7
1977	307/76,6	925/74,5	170/28,3	81,4/75,9	203/33,1	448/80,0	106/18,6	49,3/87,6
2004	401/27,6	1830/39,3	194/13,1	208/10,3	192/44,1	192/99,3	105/20,0	81,3/24,8
2002	304/77,9	755/88,3	125/77,9	196/15,2	161/82,8	475/74,5	55,0/98,6	56,8/80,7

Как видно из табл. 1 наблюдается широкий разброс обеспеченностей как по годам, так и по видам стока. Поэтому при оценке водных ресурсов больших территорий необходимо учитывать асинхронность в их формировании.

Как показал корреляционный анализ, максимальная синхронность стока рек запада и востока наблюдается в период крупномасштабных мелиораций (1966–1986 гг.), которые выше для все рассматриваемых видов стока по сравнению с периодом 1877–2020 гг. Синхронность в

колебаниях стока за условно естественный период меньше, чем за отдельные выделенные периоды.

Это связано с масштабами мелиораций и современными климатическими колебаниями, которые охватили большие территории и некоторой степени снизили влияние климатических воздействий (табл. 2). Наибольшая асинхронность характерна для минимального зимнего стока, особенно для условно естественного периода и периода современного потепления.

Таблица 2. Матрица коэффициентов корреляции стока р. Неман в створе г. Гродно и р. Днепр в створе г. Речица

Период	Вид стока			
	Среднегодовой	Максимальный половодья	Минимальный	
			летне-осенний	зимний
1877 – 2020	0,56	0,70	0,47	0,35
1877 – 1965	0,55	0,60	0,41	0,27
1966 – 1986	0,79	0,80	0,60	0,66
1987 – 2020	0,58	0,35	0,72	0,38
1971 – 2020	0,52	0,58	0,62	0,51

В табл. 3 приведены значения коэффициентов асинхронности для очень многоводных ( $P = 5\%$ ) и очень маловодных ( $P = 95\%$ ) лет. При этих обеспеченностях коэффициенты асинхронности имеют максимальные отклонения от единицы. При обеспеченностях  $P < 3\%$  и  $P > 97\%$  коэффициенты асинхронности стремятся к единице. Величина отклонения коэффициентов асинхронности от единицы, по абсолютной величине, для маловодных лет больше, чем для многоводных.

В первом случае основной фактор формирования стока определяется геологическим строением водосбором рек. В многоводные годы главным фактором в формировании стока выступают климатические факторы. Для многоводных лет  $K_{ac} < 1$ , т. е. вероятность синхронного формирования максимальных среднегодовых расходов воды на реках меньше и слабо зависит от направления.

Таблица 3. Матрица коэффициентов асинхронности стока р. Неман в створе г. Гродно и р. Днепр в створе г. Речица

Обеспеченность	Вид стока			
	Среднегодовой	Максимальный половодья	Минимальный	
			летне-осенний	зимний
$K_{ac}(P_{5\%})$	0,88	0,88	0,93	0,91
$K_{ac}(P_{25\%})$	0,93	0,99	0,98	0,98
$K_{ac}(P_{75\%})$	1,02	1,02	1,08	1,05
$K_{ac}(P_{95\%})$	1,35	1,09	1,06	1,31

Таким образом, полученные результаты показали, что асинхронность в формировании стока рек Беларуси существенная и ее необходимо учитывать при оценке водных ресурсов для маловодных и многоводных лет.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов, В. Ф. Водный баланс речных водосборов Беларуси / В. Ф. Логинов, А. А. Волчек. – Минск: Тонпик, 2006 – 160 с.
2. Статистические методы в природопользовании : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В. Е. Валуев [и др.]. – Брест: Изд-во Брестского политехнического института, 1999. – 252 с.
3. Волчек, А. А. Гидрологические расчеты : учебное пособие / А. А. Волчек. – Москва: КНОРУС, 2021. – 418 с.
4. Волчек, А. А. Пакет прикладных программ для определения расчетных характеристик речного стока / А. А. Волчек, С. И. Парфомук // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя прыродазнаўчых навук. – № 1. – 2009. – С. 22–30.

УДК 626.862

### **КОНСТРУКЦИИ УСТЬЕВ КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ОТВОДА ДРЕНАЖНОГО СТОКА С МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ПАВОДКА**

**К. А. Глушко**, канд. техн. наук, доцент

**К. К. Глушко**, канд. техн. наук, доцент

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

**Ключевые слова:** устье, коллектор, дрена, дренажный сток, канал, снег, весеннее половодье.

**Аннотация.** Предложены конструкции устьев коллекторов для ускорения отвода дренажного стока с мелиоративных систем различного типа в условиях паводка.

**Key words:** mouth, collector, drain, drainage runoff, channel, snow, spring flood.

**Summary.** Designs of collector mouths have been proposed to accelerate the removal of drainage runoff from various types of reclamation systems under flood conditions.

Основными конструктивными элементами закрытой регулирующей сети осушительных мелиоративных систем являются дрены, коллекто-

ра и устья Дрены являются первичными приемниками профильтрованной гравитационной воды. Они отводят ее в коллектор. Последний собирает дренажный сток из всех дрен, подключенных к нему, и сбрасывает его, как правило, в канал (водоприемник). Для устройства дрен и коллекторов в современных условиях используются пластмассовые перфорированные трубы, обладающие высокой гибкостью. Поэтому для надежного сопряжения коллектора с каналом устраиваются устья в виде жесткой пластмассовой или асбестоцементной трубы [1].

По нормам проектирования, расстояние от низа устьевого трубы до поверхности зеркала воды в канале в расчетный межливневый период должно быть, для обеспечения бесподпорного стока, не менее 0,1 м [2].

В то же время в расчетный период весенних и летне-осенних паводков (при использовании осушенных земель под полевые севообороты с озимыми и многолетними насаждениями) уровень воды в каналах допускается в бровках, что приводит к затоплению устьев и образованию подпора в коллекторах и дренах. Полевыми и лабораторными исследованиями установлено, что в этом случае в истоках дрен и коллекторов формируется избыточное давление, препятствующее притоку фильтрационной воды [3]. Защемление воздуха в порах придренной области приводит к снижению фильтрационного стока в дренажи при падении уровня воды в водоприемнике, что гидравлическими расчетами каналов не учитывается. Научные задачи водохозяйственного строительства требуют недопущения превышения предельных сроков затопления мелиорируемых территорий. В связи с этим уместно использовать энергетический потенциал воды в каналах. В частности для этого предлагается (рис. 1) концевую часть устья 1 коллектора оснащать г-образной насадкой 2, выход которой ориентирован по направлению движения воды в канале, как показано на рис. 1.

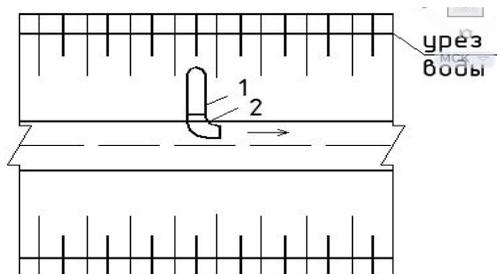


Рис. 1. Устье коллектора с г-образной насадкой:  
1 – устье; 2 – г-образная насадка

Устройство защищено авторским свидетельством на изобретение [4]. Поток воды в канале обтекает насадок 2 и за счет эжекции формирует вакуум в устье коллектора. Чем выше скорость потока воды в канале, тем выше эффект. Учитывая, что на суглинистых почвах скорость воды в канале достигает до 1,0 м/с [4], величина разрежения может достигать до 5 см водного столба, что достаточно, чтобы снять избыточное давление в истоках дрен и коллекторов и повысить эффективность их работы.

Эффективность работы насадка снижается с увеличением глубины воды в канале, так как область высоких скоростей находится у поверхности и изменяется по параболическому закону, а положение насадка фиксировано.

Цель достигается путем использования эластичного г-образного насадка с эффектом поплавка, перемещающегося по вертикальной направляющей штанге, как показано на рис. 2, конструкция которого защищена авторским свидетельством на изобретение [5].

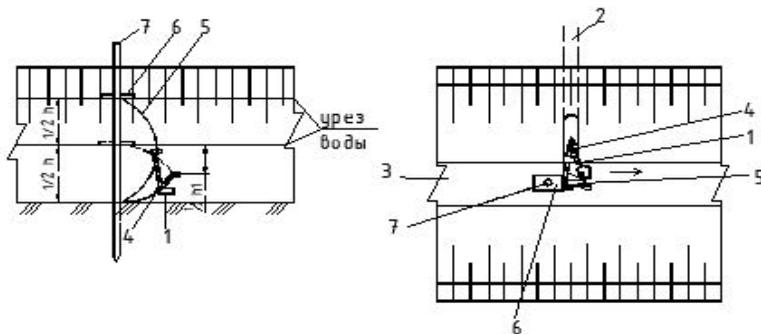


Рис. 2. Устье коллектора с поплавковой г-образной насадкой: 1 – устье; 2 – дренажный коллектор; 3 – канал; 4 – гибкий патрубок; 5 – эластичная диафрагма; 6 – поплавок; 7 – направляющая штанга

Эффект работы устройства проявляется при затоплении устья 1 дренажного коллектора 2 водой канала 3. В этом случае поплавок 6, следуя за уровнем воды, движется по направляющей штанге 7 и перемещает с собой верхний конец эластичной диафрагмы 5. Нижний конец ее закреплен у дна канала. Поток воды в канале формирует изгиб диафрагмы соответствующий эпюре скоростного потока и на не менее чем в половине глубины воды в канале в силу закрепления верхнего конца диафрагмы. Так как режим движения турбулентный, то эпюра в

средней части потока более выравнена. На этой глубине скорость значительно выше, чем у дна, динамика ее устойчива, так как отсутствует влияние шероховатости откосов и дна канала, растительности и атмосферных явлений в виде снега и льда, волновых явлений.

Максимально возможно динамичный поток обтекает оголовки гибкого патрубка 4 и создает разрежение в нем, соответствующее данному живому сечению потока. Это разрежение, равное скоростному напору воды, распространяется на всю коллекторно-дренажную сеть, противодавление заземленного воздуха снимается и в силу этого дренаж вступает в работу. С понижением уровня воды в канале поплавки 6 следуют за ним по направляющей штанге 7, перемещая за собой верхний конец диафрагмы 5. Ее форма становится более выпуклой, но положение г-образного патрубка на половине новой глубины потока сохраняется, т. е. обеспечивается максимальное возможное использование динамики потока воды в канале при новом состоянии. Процесс вакуумирования не прекращается, продолжается в новом режиме. Это состояние показано на рис. 2 пунктирной линией.

При снижении уровня воды в канале до оголовка устья эффект вакуумирования прекращается, и дренажная система начинает работать в обычном режиме, т. е. избыточная гравитационная влага поступает в дрены, собирается в коллектор 2 и устьем 1 отводится в канал 3.

В практике проектирования мелиоративных систем разработаны и используются системы с постоянно затопленным устьем конструкции П. И. Закржевского [6]. Они построены в Луинецком, Ивацевичском районах Брестской области, Любанском районе Минской области. Конструкция системы обеспечивает уменьшение глубины проводящей сети и снижение затрат на ее строительство. Особенностью данной конструкции является то, что отметка устья коллектора проходит ниже отметки дна канала и для их сопряжения используется вертикальный колодец, который может быть различного диаметра. Исследование автором этих устройств показало, что колодцы являются зимовальными ямами для мелкой рыбы, но зачастую заносятся песком и требуют периодической очистки. В этом случае эффективность их работы снижается. Увеличение диаметра колодца для обеспечения возможности очистки, является препятствием для движения воды в канале и искажает структуру потока, приводя к местным размывам дна и откосов каналов.

Совершенствование конструкции колодцев позволило устранить этот недостаток и обеспечить их работоспособность. Усовершенство-

ванная конструкция колодца представлена на рис. 3 и защищена авторскими свидетельствами [7, 8].

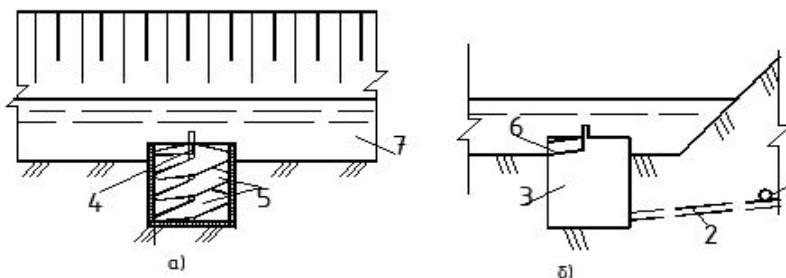


Рис. 3. Принципиальная схема устройства затопленного устья:

- 1 – дрена; 2 – коллектор; 3 – колодец (устье); 4 – стойка;  
5 – винтообразный элемент; 6 – выходное отверстие;  
7 – канал

Устройство изначально предполагает постоянно затопленное состояние, поэтому при любых уровнях воды его работа одинакова.

Избыточная влага через дрена *1*, коллектор *2* поступает в колодец *3*. Благодаря подсоединенному коллектору к колодцу по касательной в последнем формируется вращательное движение жидкости. При этом окружная скорость с удалением от центра вращения растет.

Центром вращения является ось стойки *4* винтообразного элемента *5*. Винтообразный элемент представляет собой эвольвенту с подъемом витков по ходу движения и создает направленное движение дренажного стока.

Живое сечение между витками проектируют таким образом, чтобы обеспечивалась транспортирующая скорость потока в колодце с недопущением осаждения наносов.

Дренажный сток на выходе из колодца сливается через порог водосливного отверстия *6* и, совпадая по направлению с потоком воды в канале, увлекается им, а наносы, осевшие на поверхности винтообразного элемента, смываются в канал *7*.

Экспериментальные исследования, проводимые в лаборатории гидротехнических сооружений БрГТУ, показали, что колодец остается в работоспособном состоянии при загрязнении поверхности винтообразного элемента мелкозернистым гравием крупностью до 10 мм и более.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мелиорация и водное хозяйство. Осушение. Справочник / под ред. Б. С. Маслова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 447 с.
2. ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования. Минск, 2018. – 111 с.
3. Вахонин, Н. К. Работа дренажа с защемлением воздуха / Н. К. Вахонин, П. И. Закржевский, А. А. Новиков // Мелиорация и водное хозяйство. – 1980. – № 3. – С. 16–21.
4. Устье дренажного коллектора: а.с. SU 1108165 / К. А. Глушко и др. – Опубл. 15.08.1984.
5. Устье дренажного коллектора: а.с. SU 1521820 / К. А. Глушко и др. – Опубл. 15.11.1989.
6. Закржевский, П. И. Постоянно затопленный дренаж / П. И. Закржевский. – Минск: Ураджай, 1982. – 128 с.
7. Устье дренажного коллектора: а.с. SU 1141154 / К. А. Глушко и др. – Опубл. 23.02.1985
8. Устье дренажного коллектора: а.с. SU 1717714/ К. А. Глушко и др. – Опубл. 07.03.1992.

УДК 004.9:378

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОИЗВОДНОЙ В ШКОЛЕ И ВУЗЕ

**Г. Г. Гусарова**, ст. преподаватель

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

**Ключевые слова:** математика, связь школьной и вузовской математики, производная функции одной переменной.

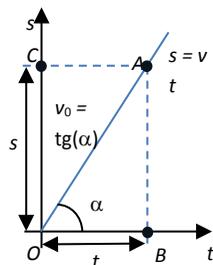
**Аннотация.** Понятие производной функции одной переменной является ключевым в разделе математического анализа. Оно широкое применяется во многих отраслях науки: в математических и физических, в технических и экономических, в задачах исследования объектов, протекания процессов и выбора оптимального управления ими. В общеобразовательных школах дается лишь минимум теоретических аспектов, которые не позволяют в полной мере раскрыть сущность понятия производной функции, как исследовательского инструмента, позволяющего развиваться и познавать процессы, происходящие в природе. Поэтому роль преподавателя вуза донести эту сущность математики до студента. Сделать это возможно только на примерах, показывающих использование математического аппарата для решения при-

кладных задач. В этом и заключается преемственность связей школьной и вузовской математик при работе с обучающимися.

**Keywords:** mathematics, connection between school and university mathematics, derivative of a function of one variable.

**Summary.** The concept of the derived function of one variable is a key one in the section of mathematical analysis. It is widely used in many branches of science: in mathematics and physics, in technical and economic, in the problems of studying objects, the course of processes and choosing the optimal control of them. In general education schools, only a minimum of theoretical aspects are given, which do not allow to fully reveal the essence of the concept of a derivative function as a research tool that allows the development and cognition of processes occurring in nature. Therefore, the role of a university teacher is to convey this essence of mathematics to the student. It is possible to do this only with examples showing the use of mathematical apparatus to solve applied problems. This is the continuity of ties between school and university mathematicians when working with students.

Тема «Производная функции одной переменной», является одной из ключевых тем математического анализа. Данная тема имеет широкое применение во многих отраслях науки: в математических и физических, в технических и экономических, в задачах исследования объектов, протекания процессов, выбора оптимального управления ими. В общеобразовательных школах дается лишь минимум (основные понятия и формулы).



Рассмотрим введение производной в школе. В задачах на процессы (движения, работы, планирования и т. д.), как правило, скорость рассматриваемого процесса предполагается постоянной на всем указанном в условии задачи промежутке времени. Формула, выражающая связь между  $s$  (пройденным путем) и  $t$  (временем движения) при постоянной скорости движения  $v$  имеет вид  $s = vt$ .

Эта зависимость  $s$  от  $t$  линейная, ее график удобно изображать в системе координат: горизонтальная ось – ось времени ( $t$ ), вертикальная ось – ось пройденного пути ( $s$ ). Графиком линейной зависимости  $s = vt$  является прямая.

Заметим, что пройденный путь ( $s_0$ ) численно равен длине отрезка  $AB$ , время  $t_0$  численно равно длине отрезка  $OB$ . Из прямоугольного

треугольника  $OAB$  отношение катета, противолежащего острому углу  $\alpha$ , к прилежащему катету равно тангенсу угла  $\alpha$ , т. е.

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{AB}{OB} = \frac{s_0}{t_0} = v_0.$$

Таким образом, делением пройденного пути на затраченное на этот путь время находится средняя скорость  $v_0$ . Тангенс угла равен численному значению скорости протекания процесса, а угол наклона прямой  $OA$  к оси абсцисс характеризует скорость процесса движения. В реальных процессах скорость движения (других процессов) не является постоянной величиной даже на небольшом промежутке времени.

Рассмотрим алгоритм вычисления этих величин.

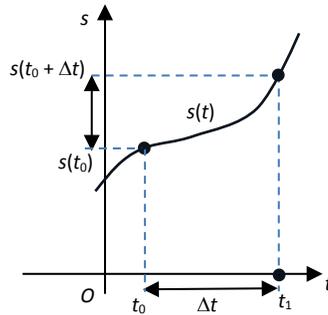
Пусть функция  $s(t)$  – зависимость пройденного пути материальной точки от времени, которая задана графически. Выполним следующие действия:

- 1) выберем начальный момент времени –  $t_0$ ;
- 2) зафиксируем пройденный путь  $s(t_0)$  в момент начала движения  $t_0$ ;
- 3) выберем некоторый промежуток времени  $\Delta t$  движения этой материальной точки. Тогда конец движения будет зафиксирован в момент времени  $t_1 = t_0 + \Delta t$ ;
- 4) установим нахождение материальной точкой  $s(t_0 + \Delta t)$  в момент времени  $t_1$ ;
- 5) найдем  $\Delta s$  – расстояние, пройденное за промежуток времени  $\Delta t$ :  

$$\Delta s = s(t_0 + \Delta t) - s(t_0);$$

б) среднюю скорость движения материальной точки на промежутке  $\Delta t$  найдем по формуле:  $v_{\text{cp}} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ . Если промежуток  $\Delta t$  бесконечно уменьшается, говорят «стремится к нулю» ( $\Delta t \rightarrow 0$ ), то средняя скорость материальной точки  $\frac{\Delta s}{\Delta t}$  стремится к мгновенной скорости ( $v_{\text{cp}} \rightarrow v_{\text{мгн}}$ ).

Например, мгновенная скорость фиксируется при движении автомобиля на трассе с помощью приборов фиксации скорости, например радара.



По аналогии со средней и мгновенной скоростями движения в школьной математике рассматриваются средняя и мгновенная скорости изменения различных процессов, которые задаются функцией одной переменной  $y = f(x)$ . Для этого определяется приращение функции по следующей схеме:

- 1) фиксируется значение аргумента функции  $x$  в некоторой точке  $x_0$ , которую называют начальным значением аргумента;
- 2) находится значение функции в точке  $x_0$ , т. е.  $f(x_0)$ ;
- 3) сместившись от  $x_0$  на расстояние  $\Delta x$  (придав точке  $x_0$  соответствующее приращение аргумента  $\Delta x$ ) фиксируется новая точка  $x_0 + \Delta x$ , которую называют наращенным значением аргумента;
- 4) находится значение функции в точке смещения  $x_0 + \Delta x$ , т. е.  $f(x_0 + \Delta x)$ ;
- 5) приращение функции определяется по формуле:

$$\Delta f = f(x_0 + \Delta x) - f(x_0).$$

При данных обозначениях и введенных понятиях определение производной функции  $y = f(x)$  в школе формулируется следующим образом: производной функции в точке  $x_0$  называется число  $f'(x_0)$ , к которому стремится отношение приращения функции к приращению аргумента  $\frac{\Delta f}{\Delta x}$  при стремлении приращения аргумента  $\Delta x$  к нулю. Понятие предела функции при формулировке определения производная функции в школьной математике не используется.

Рассмотрим пример нахождения производной функции  $f(x) = \frac{1}{x}$  в произвольной точке  $x_0$ , где  $x_0 \neq 0$ :

$$1. \quad f(x_0) = \frac{1}{x_0}; \quad f(x_0 + \Delta x) = \frac{1}{x_0 + \Delta x}.$$

Тогда

$$\Delta f = f(x_0 + \Delta x) - f(x_0) = \frac{1}{x_0 + \Delta x} - \frac{1}{x_0} = \frac{x_0 - (x_0 + \Delta x)}{x_0(x_0 + \Delta x)} = \frac{-\Delta x}{x_0(x_0 + \Delta x)}.$$

2. С учетом полученного выражения приращения функции запишем его отношение к приращению аргумента:

$$\frac{\Delta f}{\Delta x} = \frac{-\Delta x}{x_0(x_0 + \Delta x)} : \frac{\Delta x}{1} = \frac{-1}{x_0(x_0 + \Delta x)} = \frac{-\Delta x}{x_0^2 + x_0 \Delta x}.$$

3. При  $\Delta x \rightarrow 0$  получим, что  $\frac{\Delta f}{\Delta x} = -\frac{1}{x^2}$ .

Таким образом, мы можем утверждать, что  $f'(x_0) = \left(\frac{1}{x}\right)' = -\frac{1}{x^2}$ .

Рассмотрим изучение темы «Производная функции» в вузе. Изучение начинается с введения мгновенной скорости. При этом используется понятие предела функции одной переменной предела.

Пусть материальная точка (некоторое тело)  $M$  движется неравномерно по некоторой прямой. Каждому значению времени  $t$  соответствует определенное расстояние  $OM = S$  до некоторой фиксированной точки  $O$ . Это расстояние зависит от истекшего времени  $t$ , т. е.  $S = S(t)$ .

Это равенство называют законом движения точки. Требуется найти скорость движения точки.

Если в некоторый момент времени  $t$  точка занимает положение  $M$ , то в момент времени  $t + \Delta t$  ( $\Delta t$  – приращение времени) точка займёт положение  $M_1$ , где  $OM_1 = S + \Delta S$  ( $\Delta S$  – приращение расстояния). Таким образом, перемещение точки  $M$  за время  $\Delta t$  будет  $\Delta S = S(t + \Delta t) - S(t)$ .

Отношение  $\frac{\Delta S}{\Delta t}$  выражает среднюю скорость движения точки за время

$$\Delta t: v_{\text{ср}} = \frac{\Delta S}{\Delta t}.$$

Средняя скорость зависит от значения  $\Delta t$ : чем меньше  $\Delta t$ , тем точнее средняя скорость выражает скорость движения точки в данный момент времени  $t$ .

Предел средней скорости движения при стремлении к нулю промежутка времени  $\Delta t$  называется скоростью движения точки в данный момент времени (или мгновенной скоростью). Обозначив эту скорость через  $v$ , получим  $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t}$  или  $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{S(t + \Delta t) - S(t)}{\Delta t}$ .

И переходим к определению производной. Пусть функция  $y = f(x)$  определена на некотором интервале  $(a; b)$ . Прделаем следующие операции: аргументу  $x \in (a; b)$  придадим приращение  $\Delta x = x + \Delta x \in (a; b)$ ; найдем соответствующее приращение функции:  $\Delta y = f(x + \Delta x) - f(x)$ ; составим отношение приращения функции к приращению аргумента:

$\frac{\Delta y}{\Delta x}$ ; найдем предел этого отношения при  $\Delta x \rightarrow 0$ .

Если этот предел существует, то его называют производной функции  $f(x)$  и обозначают  $f'(x)$ .

Производной функции  $y = f(x)$  в произвольной точке называется предел отношения приращения функции к приращению аргумента, когда приращение аргумента стремится к нулю, т. е. по определению это следующее выражение:

$$y' = f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}.$$

Таким образом, при изучении темы «Производная функции» прослеживается непрерывная связь школьного материала и материала, изучаемого в вузе.

При этом роль преподавателя вуза раскрыть и донести эту сущность математических понятий до студента. Сделать это возможно только на примерах, показывающих использование математического аппарата для решения прикладных задач. В этом и заключается преемственность связей школьной и вузовской математик при работе с обучающимися.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Арефьева, И. Г. Алгебра : учеб. пособие для 10-го класса учреждений общего среднего образования с русским языком обучения / И. Г. Арефьева, О. Н. Пириутко. – Минск : Народная асвета, 2019. – 285 с.

2. Крючков, Е. Н. Математика : курс лекций / Е. Н. Крючков, С. В. Курзенков. – Горки : БГСХА, 2022. – 289 с.

УДК 69.032.22.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

**А. В. Дубина**, ст. преподаватель

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

**Ключевые слова:** высотные здания, архитектура, конструктивные решения, назначение зданий, безопасность людей.

**Аннотация.** Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий. Факторы, влияющие на формирование архитектуры высотного здания.

**Keywords:** high-rise buildings, architecture, design solutions, purpose of buildings, human safety.

**Summary.** Design, construction and operation of high-rise buildings. Factors influencing the formation of high-rise building architecture.

Каждый из элементов системы высотного здания взаимосвязан и имеет взаимовлияние относительно друг друга, при этом между ними должны быть достигнуты уравновешенность и гармония. Основным решением при рассмотрении всего высотного объекта должна стать его целостность, образованная этими составляющими.

Высотное здание как архитектурное сооружение можно рассматривать в виде системы различных составляющих: функционального назначения, архитектурного и конструктивного решения применяемых инженерных систем и оборудования, все решения принимаются с учетом природных воздействий.

Так, функциональное назначение обозначает не только собственно эксплуатацию, а также условия для потребителей объекта, объемно-пространственная архитектурная форма включает в себя все эстетические и художественные составляющие, от принятых объемно-пространственных и конструктивных решений зависят размеры помещений и их расположение; конструктивное решение представляет совокупность всей материальной системы здания, с помощью которой достигаются цели, поставленные функциональным назначением и архитектурным решением; инженерные системы и оборудование служат для достижения комфортных условий для проживающих или работающих в здании.

Большое значение имеют природные условия строительства – горизонтальные ветровые нагрузки, температурно-влажностный и солнечный режимы окружающей среды. Наружные конструкции здания должны воспринимать разницу в температуре атмосферном давлении и влажности между внешней и внутренней средой.

От природных воздействий в значительной мере зависит применение той или иной системы наружного ограждения и, в частности, принятие фасадной системы, систем отопления, кондиционирования и холодоснабжения.

Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий представляют комплекс сложных архитектурно-технических проблем. Для их решения необходим всесторонний учет различных факторов, влияющих на формирование архитектуры высотного здания. Форма, пространство, функции, материалы, конструкции и техника должны

взаимодействовать друг с другом и определять единую архитектурно-конструктивную и инженерно-техническую концепцию.

Основным фактором, влияющим на формирование архитектуры высотного здания, является его функциональное назначение, поскольку оно определяет условия для потребителей объекта; архитектурное решение (форма) включает в себя все эстетические и художественные составляющие (качественного, субъективного характера) с учетом природно-климатического воздействия; конструктивное решение, инженерно-техническое оборудование и включает в себя всю материальную систему.

В зависимости от состава основообразующих объектов может быть определено функциональное назначение высотного здания.

Простое функциональное назначение проявляется и в простом планировочном решении, а также в простых конструкциях. Простота объекта, прежде всего, связана назначением, поэтому в настоящее время, когда необходимо быстро и дешево удовлетворять возникающие потребности, строят объект одного определенного назначения, в основном в области жилищного и гражданского строительства при формировании микрорайонов, где каждый объект имеет только одно назначение.

Многофункциональный комплекс состоит из объектов различного назначения – жилого, административного, офисного, объектов торговли и служб быта, гаражей и т.п. Наличие в объекте нескольких функций обуславливает необходимость его зонирования, как по вертикали, так и по горизонтали. Обычно функции распределяются в зависимости от их количества, требований, взаимосвязи и взаимовлияния друг на друга. В результате возникают многофункциональные объекты, для которых требуются различные или универсальные конструкции, специальные инженерно-техническое оборудование и различные требования по системам безопасности.

Одним из важных элементов высотного здания является его структура, во многом зависящая от функционального назначения, его определенное планировочное решение разрабатывается с учетом этих требований. Так, жилые здания имеют достаточно мелкое членение и практически постоянное планировочное решение, оснащены недорогим техническим оборудованием, однако к жилым зданиям предъявляются более высокие требования по инсоляции, звуко- и теплоизоляции. Подобные требования предъявляются и к зданиям гостиниц. Вместе с тем наличие в гостиницах системы обслуживания – ресторанов,

кафе, развлекательных, спортивных и других общественных структур – диктует необходимость применения смешанных конструктивных схем.

Важными элементами высотных зданий, влияющими на формирование, объемно-пространственной структуры, являются инженерные системы и оборудование, к ним относят: технические помещения, систему лифтов и других видов подъемников, системы отопления, вентиляции и кондиционирования, электроснабжения, водоснабжения и водоотведения, слаботочные устройства.

В любом высотном здании необходима система вертикального транспорта. Она всегда включает лифты, реже – эскалаторы. Эскалаторы, если они присутствуют, удовлетворяют ограниченные потребности – перемещают людей с входного уровня в основной вестибюль, который находится этажом выше. Они также часто используются для перемещения большого количества людей на уровень, содержащий помещения общественного питания, если они находятся на уровне, расположенном под входным вестибюлем. Кроме того, эскалаторы необходимы, если переходные лифтовые холлы и двухсекционные лифты являются архитектурной частью проекта здания.

Следующим шагом к оптимизации архитектурно-планировочных решений является совмещение воздухопроводных шахт и каналов с несущими конструкциями.

Таким образом, трубы могут быть встроены в свободные от нагрузки зоны пола/потолка для осуществления подачи воздуха или очистки без необходимости дополнительного увеличения высоты конструкции, как в случае с фальшполами или подвесными потолками. Пустотные потолки обеспечивают пространство для распространения воздуха и минимизируют бесполезный вес в процессе эксплуатации пролета той же ширины. Например, вентиляция из офисных помещений или гаражей не должна объединяться с вентиляцией жилой части здания, также как входные группы и лифты.

В офисных зданиях при наличии фальшполов, а также размещении системы вентиляции и кондиционирования в потолочном пространстве увеличивается высота всего здания, а необходимость наличия технических помещений, уменьшает полезную площадь этажа.

К важнейшим факторам обеспечения безопасности людей, находящихся внутри высотного здания, относится противопожарная защита. Требования к противопожарной защите высотных зданий могут значительно варьироваться в зависимости от функционального назначения

здания, его общей высоты, принятых конструкций, средств и оборудования, применяемых при пожаре.

Таким образом, исходя из анализа закономерностей можно выделить основные факторы, влияющие на формирование архитектуры современных высотных зданий.

Основные факторы, влияющие на формирование архитектуры современных высотных зданий: функциональные (назначение здания, форма или объем здания, структура здания, обеспечение принципов взаимосвязи и взаиморазделения функциональных единиц – жилых помещений, офисных, административных помещений, помещений системы обслуживания, автостоянок, расположенных в зданиях, спортивных, зрелищных и других помещений); природно-климатические (ветровая нагрузка, температурно-влажностные условия); градостроительные (размещение объекта в структуре города, района, доминантное положение в застройке, многофункциональность здания); архитектурно-планировочные (типологические особенности, конфигурация в плане, этажность здания, типизация функциональных единиц, универсальность, изменчивость, приспособляемость, гибкость высотного здания); объемно-пространственные (образность высотного здания, конфигурация и форма); конструктивные (конструктивная система и формообразование здания, композиция фасадов и их конструкции); инженерные системы и оборудование (вертикальные и горизонтальные инженерные коммуникации, технические помещения, лифты).

Следует отметить, что все эти факторы взаимосвязаны и взаимозависимы. Кроме того, на архитектурно-планировочное и конструктивное решение влияют инженерные системы и оборудование, они, в свою очередь, тесно связаны с функциональным назначением высотного здания. Решая непростые объемно-планировочные решения высотных зданий со специфической архитектурно-конструктивной структурой, следует помнить и о сложных технологических решениях.

Совершенно очевидно, что к системам, применяемым в высотном строительстве, предъявляются гораздо более высокие по сравнению с обычными многоэтажными зданиями требования пространственной прочности и надежности, долговечности и эксплуатационной безопасности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Высотное строительство. Первый белорусский опыт применения отечественных норм по проектированию высотных зданий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.proektant.by/content/1018.html>. – Дата доступа: 27.02.2024.

2. Архитектурное проектирование высотных зданий и комплексов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ros-pipe.ru/tekhn\\_info/tekhnicheskie-stati/proektirovanie-zdaniy-isooruzheniy/arkhitekturnoe-proektirovanie-vysotnykh-zdaniy-i-k/](https://ros-pipe.ru/tekhn_info/tekhnicheskie-stati/proektirovanie-zdaniy-isooruzheniy/arkhitekturnoe-proektirovanie-vysotnykh-zdaniy-i-k/)<https://www.proektant.by/content/1018.html>. – Дата доступа: 28.02.2024.

3. Генералов, В. П. Особенности проектирования высотных зданий: учеб. пособие / В. П. Генералов; Самарск. гос. арх.-строит. унт. – Самара, 2009. – 296 с.

УДК 631.547

## ВИДОВОЙ СОСТАВ ТРАВСТОЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

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

**А. Л. Мазаева**, аспирант мелиоративно-строительного факультета  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** водный режим, сенокос, пастбище, бобово-злаковая травосмесь, кормовая ценность, минеральные удобрения, температура воздуха.

**Аннотация:** смешанные посевы многолетних трав обеспечивают более стабильные урожаи, большее продуктивное долголетие, способствуют повышению качества корма. Соотношение видов в травостое в значительной степени изменяется под воздействием экологических факторов, определяемых почвенно-климатическими условиями, характеризующими среду обитания многолетних трав.

**Keywords:** water regime, haymaking, pasture, legume-cereal grass mixture, feed value, mineral fertilizers, air temperature.

**Summary:** mixed crops of perennial grasses provide more stable yields, greater productive longevity, and improve the quality of feed. The ratio of species in the grass stand changes significantly under the influence of environmental factors determined by the soil and climatic conditions that characterize the habitat of perennial grasses.

При рациональном ведении кормопроизводства урожайность сельскохозяйственных культур возрастает на 15–25 %. Доля кормопроизводства в общем объеме растениеводства достигает 60–65 %, затраты на корма в структуре себестоимости животноводческой продукции составляют 50–70 %. Поэтому высокоразвитое кормопроизводство – одна из основных задач совершенствования сельского хозяйства [1].

В условиях северо-восточной части Беларуси значительные площади занимают луговые угодья, которые служат важным источником производства высококачественных объемистых кормов для животноводства [2]. Основная задача при организации сенокосов и пастбищ – полное и бесперебойное обеспечение скота полноценным травянистым кормом с высокой протеиновой и энергетической питательностью. Многолетние травы, благодаря высокой продуктивности, содержанию незаменимых питательных веществ, соответствию физиологическим потребностям животных, высокой адаптивности – один из основных источников кормов [3].

Для выращивания сельскохозяйственных культур требуется определенный водный режим, учитывающий биологические особенности растений. Важным показателем водного режима является уровень почвенно-грунтовых вод. Многолетние травы, произрастающие на сенокосах и пастбищах, характеризуются высокой потребностью в воде. Это обусловлено тем, что они формируют большую вегетативную массу и имеют длительный вегетационный период. Обеспеченность растений влагой оказывает на урожайность большее влияние, чем содержание в почве элементов питания.

Результаты проведенных в различных климатических зонах нашей страны исследований свидетельствуют, что смешанные посевы многолетних трав обеспечивают более стабильные урожаи, большее продуктивное долголетие, способствуют повышению качества корма. В смешанных посевах, благодаря разному строению корневых систем злаковых и бобовых трав, растения эффективнее используют потенциал плодородия почвы. Создание высокопродуктивных бобово-злаковых агрофитоценозов возможно при правильном подборе культур с использованием более адаптивных видов и сортов. Продление продуктивного долголетия травостоев может достигаться путем подбора компонентов травосмесей с учетом экологических условий местообитания включаемых видов.

Соотношение видов трав в посевах является одним из показателей качества растительного корма, а также мерилom ценотической активности компонентов, составляющий данный травостой.

Соотношение видов в травостое в значительной степени изменяется под воздействием экологических факторов, определяемых почвенно-климатическими условиями, характеризующими среду обитания многолетних трав. Основными факторами, влияющими на рост и развитие трав, являются поддающиеся регулированию условия увлажнения и минерального питания.

Преобладание тех или иных видов трав зависит от темпа кущения и скорости отрастания видов, от возможности вегетативного размножения, устойчивости к экстремальным условиям произрастания, мало-восприимчивости к воздействию вредителей и болезней.

Подбор компонентов в состав травосмесей должен определяться на основе ценотической активности видов. Она зависит от числа компонентов, режима использования, режима удобрений. Можно определять степень ценотической активности с помощью корреляционной матрицы. Состав исследуемой травосмеси составляют клевер луговой, люцерна, костреч безостый, овсяница луговая и фестулолиум.

Наибольшую кормовую ценность имеют бобовые травы. Все виды кормов из бобовых трав сбалансированы по белку, имеют высокую энергетическую питательность. Так, в среднем в 100 кг зеленой массы клевера лугового содержится 19,7 к. ед. и 2,6 кг перевариваемого протеина, люцерны – соответственно 21,7 и 3,1, тогда как овсяницы луговой – 22,3 и 2,0, костреча безостого – 24,5 и 2,5.

Фестулолиум – это морфотип райграса пастбищного, характеризующийся продуктивным долголетием 5 лет, зимостойкостью и высоким качеством корма. Фестулолиум морфотипа овсяницы луговой сочетает устойчивость к морозам, засухе, жаре и высокому уровню грунтовых вод с более высоким показателем кормовой ценности, чем у овсяницы.

Клевер луговой является культурой с небольшим периодом его использования (в травостое держится 2–3 года). Максимальной продуктивности он достигает на втором году жизни. Люцерна посевная в травостоях сохраняется в течение 4–7 лет.

Овсяница луговая в травостое сохраняется до 5–8 лет. Полного развития достигает на 2–3-й годы. Дает 2 укоса и может стравливаться более 5 раз за вегетационный период.

Костреч безостый – высокой продуктивности достигает на 2–3-й годы жизни, оптимальный срок использования – 4–5 лет. Отрастает хорошо и дает 2–3 укоса.

Фестулолиум – в травостое живет порядка 3–5 лет. Это растение характеризуется быстрым восстановлением после скашивания [4].

Бобово-злаковая травосмесь возделывалась в условиях орошения и естественного увлажнения. На каждом фоне увлажнения травосмесь изучалась без удобрения и с использованием органо-минеральных удобрений. При проведении дождевания проводилось исследование на сокращение поливных норм с 30 мм до 15 мм с градацией 5 мм с целью отслеживания экономической эффективности без значительного снижения урожайности.

В полевых опытах в качестве удобрений использовались не только минеральные удобрения NPK, комплексные микроудобрения для бобово-злакового травостоя, но и «Биогумус». Дозы удобрений принимались исходя из расчетов и рекомендуемых норм для травостоя.

Исследования показали, что состав бобовых и злаковых в травостое за вегетационный период 2023 г. неоднородный. Структура бобовых и злаковых трав значительно отличается во всех трех укосах.

В первом укосе, проведенного в начале июня, содержание злаковых преобладало над бобовыми травами в соотношении 60 % к 40 %.

Наблюдения показали, что среднесуточная температура воздуха в меньшей степени влияет на продуктивность пастбищ, чем количество выпавших осадков и их распределение в течение вегетационного периода.

В апреле температура воздуха в городе Горки колебалась в диапазоне от  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность колебалась в диапазоне от 30 % до 97 %. Норма среднемесячной температуры в апреле составила  $6.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , фактическая температура по данным наблюдений составила  $9.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что превысило норму на  $2.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Норма суммы осадков в апреле составила 36 мм. Выпавшие осадки в количестве 51 мм, составили 142 % от нормы. Температура в городе Горки в мае постепенно повышалась. Так, если средняя температура в начале мая составила  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (днём  $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ночью  $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), то средняя температура в конце мая в городе Горки составила  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  (днём  $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ночью  $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Норма суммы осадков в мае составила 63 мм. Выпало осадков всего 5 мм, что составило 9 % от нормы (табл. 1, 2). Средняя влажность в городе Горки в мае составила 66 %.

Таблица 1. Средние месячные температуры воздуха в г. Горки за 2023 г.

январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	за год
-2.7	-3.7	0.9	9.1	12.5	17.0	17.8	20.0	14.7	6.3	1.0	-2.4	7.5

Таблица 2. Месячные суммы выпавших осадков в г. Горки за 2023 г.

январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	за год
48	54	73	51	5	46	89	43	15	69	134	88	715

Таким образом, исходя из того, что в апреле и начале мая температура воздуха была достаточно низкой, а количество осадков в мае составило 9 % от нормы, процент бобовых был ниже процента злаковых.

Все злаки в данной группе зимо- и морозостойкие, обладают исключительной приспособленностью к различным условиям увлажнения. В то время как бобовые травы отличаются по данным свойствам. Клевер луговой влаголюбив, холодостоек, а люцерна посевная отзывчива к влаге, требовательна к содержанию питательных веществ в почве. По способности к отрастанию люцерна превосходит все многолетние бобовые травы и дает три полноценных укоса. Прирост сухой массы начинается при температурах около 5 °С. С возрастанием температур наступает период быстрого роста и развития растения, для которого характерно образование стеблей. Наибольший прирост сухой массы происходит в конце весны – начале лета при достаточном увлажнении и температурах 17–21 °С. После интенсивность роста снижается до депрессии летом, на которую влияют погодные условия.

Во втором укосе, с изменением погодных условий, увлажнения почвы, преобладали бобовые над злаковыми травами в соотношении 60/40 %. Скашивание трав производилось в начале августа. Средняя температура в июле составила 17.8 °С. Выпавшие осадки превысили на 5 % норму, которая в июле составила 84 мм. Норма среднемесячной температуры в августе составила 17.2 °С. Фактическая температура месяца по данным наблюдений – 20.0 °С, что на 2.8 °С выше нормы. Средняя влажность в городе Горки в августе составила 75 %.

В третьем укосе, произведенном в середине сентября, произошло значительное увеличение содержания бобовых над злаковыми травами в результате изреживания злакового травостоя после двух укосов в соотношении 65 % к 35 %.

Норма среднемесячной температуры в сентябре составила 11.8 °С. Фактическая температура месяца по данным наблюдений составила 14.7 °С, что на 2.9 °С выше нормы. Средняя влажность в городе Горки в сентябре составила 78 % [5].

На основании вышеизложенного следует, что ботанический состав травостоя служит комплексным показателем, отражением влияния на травостой как природных, так и антропогенных факторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дридигер, В. К. Специализированные севообороты зеленого конвейера и технологии возделывания кормовых культур: монография / В. К. Дридигер. – Ставрополь: АГРУС, 2010. – 232 с.

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

3. Лазарев, Н. Н. Устойчивость клевера ползучего и люцерны изменчивой в сенокосных и пастбищных травостоях при долголетнем использовании / Н. Н. Лазарев, В. А. Тюлин, С. М. Авдеев // Кормопроизводство. – 2018. – № 11. – С. 4–8.

4. Сельманович, В. Л. Кормопроизводство: учеб. пособие / В. Л. Сельманович. – Минск: РИПО, 2021. – 261 с.

5. Летопись погоды в горах [Электронный ресурс] / К. Казаков // Справочно-информационный портал "Погода и климат". – Режим доступа: [www.pogodaiklimat.ru/](http://www.pogodaiklimat.ru/). – Дата доступа: 25.02.2024.

УДК 345.67

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

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

**А. С. Баженов**, магистрант мелиоративно-строительного факультета  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** загрязнение природной среды, агроландшафты, минеральные удобрения, пестициды, торфяные почвы, тяжелые металлы.

**Аннотация.** В современных условиях мелиорируемые агроландшафты оказывают влияние на создание органического вещества, регулирование водного режима, но и на накопление химических веществ, что часто приводит к нарушению устойчивости биоценоза, особенно в условиях техногенного загрязнения.

**Keywords:** environmental pollution, agricultural landscapes, mineral fertilizers, pesticides, peat soils, heavy metals.

**Summary.** In modern conditions, reclaimed agricultural landscapes influence the creation of organic matter, regulation of the water regime, but also the accumulation of chemicals, which often leads to disruption of the stability of the biocenosis, especially in conditions of technogenic pollution.

Загрязнение природной среды в результате хозяйственной деятельности обуславливает необходимость отслеживания источников за-

грязнения, моделирования поведения загрязняющих веществ в экологической системе, разработке мероприятий по реабилитации земель.

В результате неправильного применения удобрений ухудшается круговорот и баланс питательных веществ, агрохимические свойства и плодородие почвы. Нарушение оптимизации питания растений макро и микроэлементами приводит к различным заболеваниям растений и снижению урожайности и качества продукции.

Системное применение химических методов борьбы с болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур способствует накоплению пестицидов в почве, воде, растениях, организме человека и животных, что в конечном итоге наносит существенный вред здоровью.

Установлено, что минеральные удобрения и агрохимические средства при неправильном системном использовании оказывают на почву следующее влияние:

- подкисляют или подщелачивают среду;
- ухудшают ее свойства, биологическую и ферментативную активность;
- усиливают минерализацию гумуса или способствуют замедлению его синтеза;
- ослабляют или активизируют биологическую фиксацию азота из атмосферы;
- усиливают или ослабляют действие других питательных элементов почвы или удобрения.

На состояние окружающей среды влияет и мелиорация почв. При условии регулярного проведения гидротехнических и агротехнических работ мелиорация позволяет предотвратить или ослабить в почвах влияние ограничивающих биологическую продуктивность факторов, обеспечить оптимизацию режимов влажности, биохимической и физико-химической обстановки и соответственно условий питания, роста и продуктивности растений.

При мелиорации избыточно увлажненных земель возможны потери плодородного гумусового слоя и изменение почвенного покрова. Это особенно заметно на переувлажненных минеральных землях, малая гомогенность которых часто увеличивается в результате некачественного выполнения мелиоративных мероприятий и низкого уровня агротехники.

Так, например, при сельскохозяйственном использовании торфяных почв гумус древесных и тростниковых торфов относительно устойчив к разложению, вследствие чего степень разложения со вре-

менем достигает 50 % и более, а торфяная почва трансформируется в перегнойную. А вот гумус осоковых и гипновых торфов в процессе осушения и использования не проявляет биохимической устойчивости и частично разрушается, поэтому даже при длительной эксплуатации степень разложения торфа возрастает не более чем на 25–30 %, а почва превращается в перегнойную.

Кроме того, сельскохозяйственное использование осушенных болот интенсифицирует процессы уплотнения и минерализации торфа. Мощность слоя органогенной породы непрерывно уменьшается вследствие физико-химических, биохимических и почвообразовательных процессов, эрозии и дефляции, и со временем торфяник как разновидность почвы прекращает сосуществование. Например, в течении эксплуатации более 70 лет, торфяные почвы мелиоративных объектов Белорусского Полесья трансформировались в органо-минеральной почвы, а на других объектах (с начальной мощностью торфа 2–3 м) его мощность уменьшилась наполовину и более. Поэтому в основе любой системы земледелия должен лежать принцип бездефицитного баланса гумуса и элементов минерального питания растений, иначе почва будет деградировать. Бездефицитный баланс почвы, прежде всего, должен быть обеспечен за счет применения органических и минеральных удобрений, а также за счет возделывания бобовых культур: клевера, люцерны, люпина, гороха, и других, которые способны за вегетационный период фиксировать из воздуха от 30 до 150 кг/га азота.

В современных условиях гидромелиоративные системы, мелиорируемые агроландшафты в целом являются антропогенными включениями в экосистему и оказывают влияние на создание органического вещества (растением), регулирование водного режима, но и на накопление химических веществ, что часто приводит к нарушению устойчивости биоценоза, особенно в условиях техногенного загрязнения. Экологическая ситуация в северо-восточной части Республики Беларусь и в других смежных с ними областях, усложняется вследствие загрязнения воды и почв нефтепродуктами, аммонийным азотом, тяжелыми металлами и другими загрязнителями. Однако самую большую опасность для живых организмов, представляют тяжелые металлы, обладающие канцерогенными и мутагенными свойствами.

По мнению ученых, было выявлено, что основное количество тяжелых металлов (более 95 %), выбрасываемых в окружающую среду, поступает в почву в виде техногенной пыли. Так, в пыли завода по выплавке свинца и цинка содержалось 51 % свинца, 12 % цинка. Ис-

следованиями было установлено, что 60 % меди, 57 % свинца поступают с жидкими осадками, а 60 % никеля — с сухими потоками. Загрязнение биосферы происходит и продуктами сжигания на крупных ГРЭС. Так, на поверхность почвы в радиусе 5 км поступает в течение года цинка – 8,68, свинца – 2,6, меди – 1,16 и никеля – 1,55 т. При этом загрязняется почва от автострады на расстоянии 100–300 м и основное его количество концентрируется в слое 0–10 см. Содержание свинца в почве вблизи дорог достигает 600–700 мг/кг.

Агроэкосистемы, расположенные вблизи крупных городов, где развита промышленность, черная и цветная металлургия, тепловая энергетика загрязняют почву чаще всего аэральным путем. Главные источники поступления в атмосферу тяжелых металлов — выбросы промышленных предприятий, растворяемые и осаждаемые атмосферными осадками.

Таким образом, определяя источники загрязнения и количество опасных веществ, мы имеем возможность минимизировать выбросы опасных веществ в почву, производить рекультивацию техногенно загрязненных земель.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Нормирование загрязняющих веществ в почве / В. А. Большаков [и др.] // Химизация сельского хозяйства. – № 4. – 1991. – 10 с.
2. Дуброва, Ю. Н. Перспективы культивирования сои в условиях Республики Беларусь / Ю. Н. Дуброва, Е. А. Вчерашний // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сб. материалов XVI Междунар. науч.-практ. конф. В 2-х кн., Барнаул, 9–10 февр. 2021 г. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2021. – Кн. 1. – С. 148–149.
3. Дуброва, Ю. Н. Использование природных ландшафтов в сельскохозяйственном производстве в условиях изменения климата / Ю. Н. Дуброва, Д. М. Лейко, А. А. Боровиков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 2(78). – С. 112–117.
4. Соколов, М. С. Система мониторинга загрязнения почв атмосферы / М. С. Соколов, В. И. Терехов // Агрохимия. – № 6. – 1994. – С. 83.
5. Баланс тяжелых металлов в дерново-подзолистой почве при длительном применении средств химизации в районе интенсивного развития промышленного производства / Н. А. Черных [и др.] // Агрохимия. – № 5. – 1994. – 56 с.
6. Желязко, В. И. Проблемы реабилитации загрязненных земель мелиорируемых агроландшафтов / В. И. Желязко, Ю. А. Мажайский // Агрохимический вестник. – 2008. – № 1. – С. 32.

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

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

**А. С. Баженов**, магистрант мелиоративно-строительного факультета  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** мелиоративная система, агрозагрязнители, биота, агроландшафт, наблюдательный створ, предельно допустимая концентрация.

**Аннотация.** Эксплуатация мелиоративных систем влияет на окружающую природную среду, упорядочивая использование водных ресурсов, создавая условия для интенсификации использования мелиорированных сельскохозяйственных земель. Воздействие мелиоративных объектов на окружающую среду проявляется в оказании влияния на земельные и водные ресурсы.

**Keywords:** reclamation system, agropollutants, biota, agricultural landscape, observation site, maximum permissible concentration..

**Summary.** The operation of reclamation systems affects the natural environment, regulating the use of water resources, creating conditions for intensifying the use of reclaimed agricultural lands. The impact of reclamation facilities on the environment is manifested in the impact on land and water resources.

Создание благоприятных эколого-экономических условий на сельскохозяйственных ландшафтах является важной задачей по организации использования и улучшения мелиорированных земель. Строительство, реконструкция и эксплуатация мелиоративных систем повышает эффективность использования земель и изменяет характер природной среды. В результате этих действий экологическая ситуация на прилегающих мелиорированных территориях обретает новые качественные изменения.

Использование мелиоративных систем в сельскохозяйственном производстве показывает, что они оказывают влияние на окружающую природную среду. Положительное воздействие заключается в упоря-

дочении использования водных ресурсов и в создании условий для эффективности использования мелиорированных земель, в поддержании экологического равновесия на мелиоративных системах. Мелиоративные системы воздействуют на земельные и водные ресурсы непосредственного мелиоративного объекта, а также на прилегающие территории.

Длительная эксплуатация мелиоративных систем оказывает влияние на состояние агроэкосистемы на землях, не подверженных мелиорации, как в границах одного хозяйствующего субъекта, так и нескольких хозяйств. На процессы, происходящие в природной среде оказывают влияние многие факторы, к которым можно отнести следующее: затраты на поддержание уровня воды в водотоках; объем запасов поверхностных и подземных вод в конкретном регионе; уровни залегания грунтовых вод на мелиорированных и прилегающих территориях; объем и характер испаряемости с водной поверхности и из почвы; изменения в почвообразовательном процессе; температурный режим на мелиоративных объектах и прилегающих землях.

В последние годы эффективность эксплуатации мелиоративных систем снизилась, что привело к ухудшению состояния осушенных земель и снижению их продуктивности на 25–35 % по сравнению с проектными показателями. Длительная эксплуатация мелиоративных систем приводит к их моральному и физическому старению и требует специальных агро-мелиоративных мероприятий по их восстановлению. Кроме того, возросшие экологические требования, ограничение на использование водных, земельных и энергетических ресурсов ставят проблему экологического обоснования эксплуатации мелиоративных систем длительного действия. Недостаточно исследовано и экологически обосновано изменение эффективности дренажа в зависимости от срока его действия и условий эксплуатации. Также слабо проработан вопрос об изменении почвенных условий в зависимости от срока действия дренажа при применении агро-мелиоративных мероприятий.

Существенно меняется температурный режим окружающей воздушной среды, а также почвенного покрова в результате эксплуатации мелиоративной системы. Наибольшие изменения приобретают уровень режим грунтовых вод, режим стока поверхностных вод, а также режим увлажнения почвы. Характер изменения этих факторов оказывает значительное влияние на состояние агро-мелиоративных ландшафтов. Изменение агробиоценоза, как на мелиоративных объектах,

так и на прилегающих территориях, происходит в результате проведения культуртехнических мероприятий.

Мелиоративная система воздействует на водоприемник и прилегающую территорию. При этом ее воздействие сводится к загрязнению водоприемника агрозагрязнителями (удобрения и средства защиты растений) и понижению уровня грунтовых вод на прилегающей территории.

Влияние осушительной системы на водоприемник оценивают по результатам наблюдений на фоновых и контрольных наблюдательных створах.

Внесение удобрений и средств защиты при сельскохозяйственном использовании мелиорированных земель с учетом увеличения динамичности водной среды в результате создания мелиоративной сети приводит к возможности большей загрязненности участков водосбора, расположенных ниже по течению химическими соединениями (удобрениями, пестицидами) посредством турбулентного переноса их в растворенном виде. Химическое загрязнение приводит к наиболее негативным последствиям, так как ухудшает качество воды, используемой для питья, рыбоводства, речной флоры и фауны. При дозах удобрений порядка 150–250 кг действующего вещества на гектар среднемноголетняя концентрация химических соединений в речных водах водосбора была на 70 % выше, чем на неосушенном водосборе, оставаясь по всем элементам в пределах ПДК. Очевидно, что при больших дозах удобрений загрязненность вод может увеличиваться выше допустимых показателей. Например, в Голландии в результате высоких доз удобрений химическое загрязнение водотоков таково, что вылавливаемая рыба не подлежит употреблению в пищу.

Природоохранными мероприятиями в этих условиях являются использование безопасных сбалансированных доз удобрений и средств химической защиты растений, соблюдение технологий их внесения, исключаящих их вынос поверхностным стоком.

Кардинальным решением проблемы химического загрязнения является организация сельскохозяйственного производства по принципу замкнутых промышленных загрязняющих производств – создание водооборотных систем различного масштаба (величина дренажной системы, поля севооборота, водосбора).

На них динамика воды происходит по замкнутому циклу, формирующийся внутренний сток не сбрасывается во внешнюю гидрографи-

ческую сеть, а возвращается в регулирующие емкости на объекте (водохранилище многолетнего регулирования).

Использование водооборотных систем должно обосновываться эколого-экономическими расчетами и может быть оправдано при защите от загрязнения чрезвычайно значимых вводных объектов.

При установлении концентрации загрязнителей в дренажном стоке, превышающей предельно допустимую концентрацию, фиксируют загрязнение водоприемника и устанавливают причину загрязнения, которая может быть как при нарушении технологии выращивания урожая, так и при неудовлетворительной работе осушительной сети.

Экологический контроль мелиоративных систем позволяет сделать вывод, что сброс загрязнителей обусловлен не нарушениями технологий выращивания урожая, а неудовлетворительной работой мелиоративных систем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беляева, Т. В. Эффективность защиты дренажа от заохривания / Т. В. Беляева, Е. Г. Сапожников // Гидротехника и мелиорация. – 1984. – № 7. – С. 42–48.
2. Гулюк, Г. Г. Структурная мелиорация торфяных почв как способ повышения их продуктивности и долговечности / Г. Г. Гулюк, Ю. А. Томин, Р. Н. Мысшаков // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий: сб. науч. тр. – Рязань, 2004. – С. 10–15.
3. Кирейчева, Л. В. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России: монография / Л. В. Кирейчева, И. Ф. Юрченко, В. М. Яшин. – Москва: ВНИИ агрохимии, 2017. – 296 с.
4. Александровская, Л. А. Организационно-экономические аспекты агро-мелиоративного природопользования: монография / Л. А. Александровская, А. С. Чешев, В. В. Поляков. – Москва: Вузовская книга, 2011. – 256 с.
5. Гулюк, Г. Г. Эффективность работы закрытого дренажа в зависимости от мелиоративных мероприятий и срока действия / Г. Г. Гулюк // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 6. – С. 59–62.
6. Автоматизация инженерных систем: учеб.-метод. пособие / Ю. Н. Дуброва [и др.]. – Горки: БГСХА, 2020. – 414 с.

## **ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ АГРОЛАНДШАФТА**

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

**А. С. Баженов**, магистрант мелиоративно-строительного факультета  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** агроландшафт, экосистема, антропогенные воздействия, загрязнение природной среды, агроландшафты, тяжелые металлы.

**Аннотация.** При значительном антропогенном воздействии на агроландшафты особое значение приобретает система экологического нормирования окружающей природной среды. Максимальный эффект природопользования может быть получен при определенном сочетании площадей преобразованных человеком и естественных экосистем. Урожайность сельскохозяйственных культур может снижаться при недостатке микроэлементов и при их значительном накоплении.

**Keywords:** agricultural landscape, ecosystem, anthropogenic impacts, environmental pollution, agricultural landscapes, heavy metals.

**Summary.** With significant anthropogenic impact on agricultural landscapes, the system of environmental regulation of the natural environment becomes particularly important. The maximum effect of environmental management can be obtained with a certain combination of areas transformed by humans and natural ecosystems. The productivity of agricultural crops can decrease with a lack of microelements and with their significant accumulation.

В настоящее время агромелиоративные системы приобретают большое значение, поскольку в них решаются крупные эколого-экономические задачи, направленные не только на создание благоприятных условий для выращивания сельскохозяйственных культур и повышение плодородия почв, но и на формирование устойчивости окружающей природной среды в новых условиях хозяйствования.

Получать качественный урожай и экологически чистую продукцию при ухудшении состояния составляющих агроландшафта объективно нельзя. Очень важно установить нормы поступления из почвы в растения таких элементов, как свинец, кадмий и другие, при постоянном применении удобрений.

Предельно допустимому значению показателя, характеризующего устойчивость экосистемы, соответствуют различные величины антропогенного воздействия на систему. Установлено, что максимальный эффект природопользования может быть получен при определенном сочетании площадей преобразованных человеком и естественных экосистем.

На нормальном уровне функционирования экосистемы антропогенные воздействия на агроландшафт (агротехника, внесение удобрений, средства химической защиты растений и т. д.), способствующие улучшению плодородия и накоплению микроэлементов приводят к увеличению урожайности сельскохозяйственных культур до максимального значения. При дальнейшем увеличении накопления микроэлементов или загрязнении почв тяжелыми металлами урожай через некоторый период снижается. На допустимом уровне происходит снижение урожайности до критических значений.

Снижение урожайности сельскохозяйственных культур сопровождается ухудшением санитарно-гигиенических характеристик. Важным является установление критических значений этих характеристик, определяющих состояние экосистемы. В качестве такого значения выступает критический уровень накопления микроэлементов и тяжелыми металлами почвы и растительности.

При высоких уровнях накопления микроэлементов и особенно загрязнении тяжелыми металлами урожайность сельскохозяйственных культур снижается. Источником накопления металла в повышенной концентрации являются удобрения, в особенности фосфорные. Увеличение содержания кадмия (Cd) до 50 мг/кг в дерново-подзолистой почве приводило к снижению биомассы клевера от 102 ц/га на контроле до 10 ц/га, а падение урожайности зерна ячменя при этом составило 29,4 ц/га (от 31,6 до 2,2 ц/га).

В отдельных ландшафтах тяжелые металлы, микро- и макроэлементы формируют свои круговороты. Растения одного вида, накапливают разное количество тяжелых металлов. Основная масса тяжелых металлов накапливается в корневой массе, многократно увеличивая свои показатели и в надземных органах. Многие авторы, изучающие распределение химических элементов по профилю почв, указывают на равномерность их размещения с определенной аккумуляцией в верхнем слое.

Подвижность металлов зависит от почвенного слоя, рельефа местности, состава материнской породы, химического состава почв и многих других условий. При поступлении в почву в больших количествах

тяжелые металлы оказывают влияние на биологические и биохимические свойства почв, на изменение в них количества подвижных форм питательных веществ. Загрязнение почвы тяжелыми металлами влияет на трансформацию азотсодержащих веществ, подавляет активность азотфиксации. Наибольшее давление на эти процессы оказывает кадмий, несколько меньше медь, затем цинк и свинец.

На накопление в почве тяжелых металлов существенное влияние оказывает ее гранулометрический состав, особенно содержание илистой фракции. Существует зависимость между содержанием многих тяжелых металлов в почве и долей в ней илистой фракции, в которой концентрируется больше микроэлементов, чем в почве в целом. На глинистых и суглинистых (тяжелых) почвах подвижность многих тяжелых металлов проявляется слабее, чем на легких песчаных и супесчаных. С уменьшением размера частиц песка, крупной и мелкой пыли и ила увеличивается содержание кобальта, причем в илистой фракции в 7 раз больше, чем в песчаной.

Подобные связи с минеральной частью почвы установлены для свинца, кадмия и других тяжелых металлов. Концентрация тяжелых металлов в основном свойственна илистой и пылеватой фракциям. Накопление металлов в этих фракциях меняется в зависимости от типа почвы и состава почвообразующей породы.

Минералогический состав почв оказывает влияние на распределение тяжелых металлов по фракциям. Минералы, обнаруженные в илистой фракции почв, удерживают ионы тяжелых металлов в межплоскостных промежутках и весьма прочно на сколах кристаллов минералов. Достаточно прочная связь отмечена между некоторыми тяжелыми металлами и минералами. Повышенное содержание кобальта и других элементов в пылеватых частицах связано с тем, что в них концентрируется большая часть продуктов химического и биологического выветривания и аккумуляции.

Ионы многих тяжелых металлов поглощаются органическим веществом почвы, представляющим отмершие части растений, животных и микробную биомассу. Органическое вещество под действием микроорганизмов претерпевает ряд превращений, образуя гумус, в состав которого входят гуминовые и фульвокислоты.

Рекультивация загрязненных почв за счет вымывания с инфильтрационными водами проходит очень медленно. Внесение водорастворимых солей тяжелых металлов в почву усиливает их миграцию только в начальный период, а в последующем они трансформируются в менее подвижные соединения и их вымывание из корнеобитаемого слоя резко снижается. Передвижение тяжелых металлов в системе почва-

растение регулируется рядом факторов. Исследования такого рода способствуют разработке систем нормирования, защитных мер по снижению загрязнения сельскохозяйственной продукции, а также де-контаминации почв.

Исследования на загрязненной дерново-подзолистой почве показали, что в следствии физиологических нарушений, происходящих в растениях под действием избытка в почве тяжелых металлов и микроэлементов урожайность сельскохозяйственных культур снижается.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка загрязнения тяжелыми металлами грунтовых вод культурного ландшафта / Т. М. Гусева // Экологические проблемы мелиорации: материалы междунар. конф. – Москва: Изд-во ВНИИГиМ, 2002. – С. 209–211.
2. Мажайский, Ю. А. Прогноз экологической чистоты продукции, выращиваемой на землях, загрязненных тяжелыми металлами / Ю. А. Мажайский, Л. В. Кирейчева, А. В. Ильинский // Экологические проблемы мелиорации. – М.: Изд. УПК «Федоровец», 2002. – С. 174–175.
3. Черных, Н. А. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами / Н. А. Черных, Н. З. Милащенко, В. Ф. Ладонин. – М.: Агроконсалт, 1999. – 176 с.
4. Кирейчева, Л. В. Новый сорбент мелиорант для детоксикации загрязненных почв / Л. В. Кирейчева // Современные проблемы мелиораций и пути их решения. – Т. 1 (98). – М., 1999. – С. 283–295.
5. Дуброва, Ю. Н. Использование природных ландшафтов в сельскохозяйственном производстве в условиях изменения климата / Ю. Н. Дуброва, Д. М. Лейко, А. А. Боровиков // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 2(78). – С. 112–117.

УДК 626.8:693.54

### **АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМАХ**

**Д. С. Дубяго**, ст. преподаватель

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

**Ключевые слова:** дефекты, гидротехнические сооружения, мелиоративные системы.

**Аннотация.** Проанализированы причины появления дефектов бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооруже-

ний. Все работы, связанные с производством бетонных работ, составляют значительную долю в общей стоимости.

**Keywords:** defects, hydraulic structures, ameliorative systems.

**Summary.** The reasons for the appearance of defects in concrete and reinforced concrete structures of hydraulic structures are analyzed. All work associated with the production of concrete works constitutes a significant portion of the total cost.

**Введение.** В настоящее время Россия, как и Республика Беларусь столкнулась с глобальными и национальными вызовами, которые обусловлены различными причинами. Они оказывают непосредственное влияние на сельскохозяйственный сектор. Особого внимания требуют экологические, природно-ресурсные и технологические вызовы. Они создают существенные риски, которые снижают уровень дохода сельскохозяйственного производства [1, 2]. Без обеспечения нормального функционирования гидротехнических сооружений невозможно обеспечение получения проектных урожаев сельскохозяйственных культур, выращиваемых на их. Это, в первую очередь, связано с обеспечением требуемого уровня грунтовых вод, своевременного отвода излишков воды или транспортирование воды к мелиоративной системе [3–7].

**Материалы и методы исследования.** Обследование и оценка состояния отдельных гидротехнических сооружений, расположенных на территории Республики Беларусь выполнялась с использованием стандартных методик. Данные стоимости работ по ремонту или восстановлению сооружений на мелиоративной системе были взяты из производственных проектов.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Результаты инвентаризации гидротехнических сооружений, расположенных на мелиоративных системах Республики Беларусь, указывает на необходимость производства значительных объемов работ по их ремонту или восстановлению [8].

В соответствии с [8] в качестве приоритетных направлений в 2021–2025 годах в Республике Беларусь запланировано выполнение неотложных ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных системах и отдельных гидротехнических сооружениях, которые предусмотрены правилами эксплуатации их.

Были проведены обследования ряда гидротехнических сооружений на мелиоративных системах Республики Беларусь. В результате обследования было установлено, что одной из главных особенностей дефек-

тов бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений является то, что в большинстве случаев дефект бетона окружен бетоном без повреждений его структуры.

Дефекты бетонных конструкций гидротехнических сооружений проявляются по-разному в различных частях сооружений различного назначения. Например, в результате обследований было установлено, что в шлюзах-регуляторах до 90 % разрушений железобетонных конструктивных элементов выявлены в их камерах и в конструкциях элементов рисбермы. Преимущественно были выявлены следующие дефекты: образование раковин в стенках и днище камеры, разрушение бетона в бычках и устоях, стенках и днище (не только с обнажением, но и без обнажения арматуры), разрушение плит и блоков, смещение, выкрашивание бетона швов между плитами.

Практически на всех обследованных сооружениях, из-за невысокого уровня воды в камере шлюза-регулятора в зимний период вода промерзала до самого его днища. Например, в 2011...2023 годах промерзание воды на отдельных водохранилищах зафиксировано на уровне 40...60 см и более. Если такое происходит регулярно, то железобетон днища камеры шлюза-регулятора имеет следующие дефекты: шелушение и отслоение бетона, появление раковин, оголение арматуры. В камере шлюза-регулятора разрушение бетона происходит в береговых устоях и открылках на блоках и на днище. Дефекты бетона зафиксированы в диапазоне 10...20 см вверх от уровня бытовых вод в период осенне-зимне-весенних заморозков и вниз на глубину промерзания воды (зафиксировано – до 0,5 м).

У труб-переездов и труб-регуляторов выявлены следующие основные дефекты бетонных и железобетонных конструктивных элементов: шелушение и отслоение бетона (с оголением и без оголения арматуры), раковины, разрушение плит и блоков, их смещение, выкрашивание бетона швов между плитами. Отличительной особенностью вышедших из строя труб-переездов и труб-регуляторов является наличие таких дефектов, как разрушение стыков во входном и выходном оголовках труб и разрушение стыков в теле труб. При разрушении стыков в теле труб происходит вымыв грунта и просадка насыпи и дорожного покрытия.

В конструкциях железобетонных опор и устоев пешеходных и автомобильных мостов преимущественно встречались следующие дефекты: шелушение, отслоение с обнажением и без обнажения арматуры. Разрушение бетона происходит в таком же диапазоне, что и разрушение вышеуказанных конструктивных элементах шлюзов-регуляторов.

Сильное разрушение железобетонных плит и их стыков фиксируется на рисбермах шлюзов-регуляторов, труб-регуляторов и труб-переездов в диапазоне уровня промерзания воды. Так же, часто встречаются следующие дефекты: смещения плит и выкрашивание бетона швов между плитами.

Результаты обследования гидротехнических сооружений выявили значительные разрушения железобетонных конструкций именно в зоне переменного уровня воды в сравнении с подводной и надводной зонами. Это связано с тем, что в период холодный период года в Республике Беларусь неоднократно повторяются циклы замораживания–оттаивания. Установлено, что в течение этого периода температура воздуха колеблется около 0° до 100 раз и более. Вода в бетоне в порах и капиллярах в бетоне замерзает при температуре, зависящей от их диаметра. Поэтому, гидротехнический бетон в этот период подвержен сильному деструктивному воздействию расширяющегося льда, образующегося в бетоне. Это способствуют ускоренному разрушению вышеуказанных участков бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений. На основании анализа результатов обследований гидротехнических сооружений были выявлены основные причины появления дефектов бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений, которые приведены на рис. 1.



Рис. 1. Причины появления дефектов бетонных и железобетонных конструктивных элементов гидротехнических сооружений, расположенных на мелиоративных системах

**Выводы.** Вышеуказанный анализ данных и выделяемые и запланированные средства на ремонт мелиоративных систем указывают на то, что в ближайшее время может быть выполнен значительный объем ремонтно-восстановительных работ, в том числе и ремонт гидротехнических сооружений. При нецелесообразности восстановления функций гидротехнических сооружений на мелиоративных системах целесообразно так же изменение их функционального назначения.

Поэтому, целесообразно акцентировать внимание на качественном проведении ремонтно-восстановительных работ бетонных сооружений. Это будет потенциально обеспечить больший период нормального функционирования гидротехнических сооружений и, как следствие, более длительный период выполнения своих функций мелиоративной системой, составной частью которой они являются.

Все вышеуказанное будет способствовать получению максимально возможных при данных условиях урожаев сельскохозяйственных культур, выращиваемых на землях мелиоративной системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации».
2. Указ Президента Российской Федерации от 21.01.2020 № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации».
3. Турапин, С. С. Эксплуатация гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса Минсельхоза России / С. С. Турапин, С. С. Савушкин, В. В. Каштанов // Экология и строительство. – 2018. – С. 19–26.
4. Деградация земель и опустынивание в России: новейшие подходы к анализу проблемы и поиску путей ее решения / Г. С. Куст, Т. М. Кудерина, О. В. Андреева, С. Б. Сулова [и др.]. – М.: Изд-во «Перо», 2019. – 235 с.
5. Куликова, Е. В. Влияние гидротехнических сооружений на состояние водных ресурсов Белгородской области / Е. В. Куликова, В. А. Нигреева // Модели и технологии природообустройства. – 2020. – № 1. – С. 18–23.
6. Кружилин, И. П. Мелиорация земель – необходимое условие высокого уровня развития сельскохозяйственного производства / И. П. Кружилин // Вестн. РАСХН. – 2013. – № 1. – С. 16–19.
7. Кружилин, И. П. Обоснование водного режима почвы и регламента поливов аэробного риса / И. П. Кружилин, А. Е. Новиков, Н. Н. Дубенок // Вестн. РСН. – 2021. – № 1. – С. 62–66.
8. Государственная программа «Аграрный бизнес 2021–2025 годы». Введ. 11.02.2021 – Минск: Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 2021. – 115 с.

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ УЩЕРБЫ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ

**В. И. Желязко**, д-р с.-х. наук, профессор

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

**Ключевые слова:** животноводческие стоки, орошение, окружающая среда, загрязнение среды.

**Аннотация.** В статье указано, что одним из источников загрязнения окружающей природной среды являются сточные воды животноводческих комплексов. Эколого-экономическую оценку рекомендуется проводить по двум основным показателям. Первый из них – экономический ущерб, причиняемый народному хозяйству загрязнением природной среды, а второй – сравнительная экономическая эффективность затрат на охрану окружающей среды.

**Keywords:** livestock runoff, irrigation, environment, environmental pollution.

**Summary.** The article indicates that one of the sources of environmental pollution is wastewater from livestock complexes. It is recommended to conduct an environmental and economic assessment based on two main indicators. The first of them is the economic damage caused to the national economy by environmental pollution, and the second is the comparative economic efficiency of environmental protection costs.

**Введение.** При любом виде антропогенной деятельности водные ресурсы, почва, воздушный бассейн и ландшафт подвергаются изменениям, так как окружающая среда становится непосредственным участником производства общественного продукта. Устойчивость взаимосвязи состояния экологической системы и уровня экономики во многом зависит от состояния окружающей среды, которое ухудшается вследствие антропогенного воздействия. Для производственных объединений и отдельных предприятий оценка конечных результатов не учитывает величину причиненного ущерба, что исключает их экономическую ответственность за соблюдение нормативов использования природных ресурсов и поддержания норм выбросов загрязняющих веществ, находящихся в отходах производства. Любое производство

это лишь отчасти получение нужной продукции, в основном это производство отходов, да и сама нужная продукция после употребления превращается в отходы.

**Анализ источников.** Ранее было отмечено, что характерной особенностью сельскохозяйственного производства Республики Беларусь является перевод животноводства на промышленную основу. С экономической точки зрения в свиноводстве это позволило сократить затраты труда в 8–10 раз, а расход кормов более чем в 2 раза. При этом снизилась стоимость скотоместа по сравнению со средними показателями по Республике, изменился характер труда, положительно решаются многие социальные вопросы.

Вместе с тем переход к индустриальным технологиям привел к концентрации жидкого навоза на сравнительно небольших площадях. Анализ и изучение проектных материалов показывает, что решение проблемы утилизации стоков с целью использования их в качестве органических удобрений сводится к решению трех основных задач. Во-первых – удаление навоза из животноводческих помещений; во-вторых – его обеззараживание и очистка, в третьих – агротехническое использование в качестве органического удобрения.

Агротехническое использование навозных стоков реализуется в Республике по трем технологическим схемам: на земельно-оросительных полях (ЗПО) для проведения удобрительного орошения; внесение мобильным транспортом; комбинированным способом (компостирование, ЗПО и внесение мобильным транспортом).

Результаты многочисленных исследований, а также изучение проектных решений по технологии использования навозных стоков для удобрительного орошения на ЗПО в сочетании с комплексом природоохранных мероприятий показывают, что при благоприятных гидрогеологических условиях и обоснованном режиме удобрительных поливов достигается высокое качество почвенной очистки стоков. Одновременно с этим обеспечивается надежность эксплуатации, возможность вовлечения в сельскохозяйственный оборот малопродуктивных и бросовых земель, которые зачастую подвержены техногенному загрязнению.

Несмотря на очевидные достоинства земельно-оросительных полей, следует отметить, что использовать навозные стоки для удобрительного орошения на землях с близким залеганием грунтовых вод, как это характерно для Белорусского Полесья, ошибочно. В этом регионе подземные воды нередко перекрыты рыхлыми песчаными породами и имеют слабую естественную защиту от загрязнения [1–4].

Поэтому выбор площадки для подобных объектов хозяйственной деятельности должен проводиться на основе анализа альтернативных вариантов, обеспечивающих предотвращение деградации окружающей среды, восстановление нарушенных в результате предыдущей деятельности природных экосистем, эколого-экономическую сбалансированность будущего хозяйственного развития, создание благоприятных условий жизни людей.

**Методы исследования.** Целью исследований является эколого-экономическая оценка технологии удобрительного орошения на специализированных мелиоративных системах.

Экспериментальные исследования, производственная проверка и внедрение результатов проведены на опытном участке в РСУП СГЦ «Заднепровский» Оршанского района Витебской области. В данном хозяйстве имеется свиноводческий комплекс, рассчитанный на выращивание и откорм 54 тыс. голов свиней в год. Удаление навоза из животноводческих помещений производится гидравлическим способом, использование путем удобрительного орошения жидкой фракцией.

**Результаты и обсуждение.** Эколого-экономическую оценку технологии удобрительного орошения рекомендуется проводить по двум основным показателям.

Первым из них является экономический ущерб, причиняемый народному хозяйству загрязнением природной среды, а вторым – сравнительная экономическая эффективность затрат на охрану окружающей среды.

При этом под экономическим ущербом подразумеваются фактические или возможные потери или отрицательные изменения природы, которые обусловлены антропогенной деятельностью. При этом ущербы, наносимые природной среде в результате ее загрязнения, могут быть вычислены в стоимостных или натуральных показателях, или условно исчисляемыми, т. е. не поддающимися количественной оценке.

В свою очередь экономический ущерб подразделяется на фактический (расчетный  $Y_p$ ), возможный ( $Y_b$ ) и предотвращенный ( $Y_n$ ).

Фактический (расчетный) ущерб определяется на стадии размещения объекта и учитывает фактический урон, наносимый окружающей среде в результате антропогенной деятельности в регионе. Возможный ущерб – это ущерб, который может иметь место в случае отсутствия природоохранных мероприятий. Предотвращенный ущерб представляет собой разность между возможным и расчетным ущербами после проведения природоохранных мероприятий [5–10].

В настоящее время в Республике Беларусь отсутствуют исследования и соответствующие методики по количественной оценке изменения состояния отдельных видов реципиентов под воздействием загрязнения. Поэтому при определении величины экономического ущерба в результате сброса сточных вод принимают величину выброса загрязняющих веществ в водные экосистемы.

Экономический ущерб рекомендуется определять по методике, приведенной в работе [1] по нижеследующей зависимости:

$$Y_{\text{п}} = K \sigma M, \quad (1)$$

где  $K$  – константа для оценки экономического ущерба от загрязнения ( $K = 120$  ден. ед/усл. т);

$\sigma$  – константа, значение которой определено для водохозяйственно-го участка бассейна р. Днепр (Витебская и Могилевская область без западной части  $\sigma = 1,75$ );

$M$  – приведенная масса годового сброса загрязняющих веществ, усл. т/год:

$$M = V \sum_{i=1}^n A_i m_i, \quad (2)$$

где  $V$  – объем очищенных (использованных на орошение) сточных вод;

$n$  – общее число загрязнителей;

$i$  – номер сбрасываемого загрязнителя;  $m_i$  – предотвращенная масса годового сброса  $i$ -го загрязнителя, т/год;

$m_i$  – количество загрязнений, снятых почвой;

$A_i$  – показатель относительной опасности сброса  $i$ -го загрязнителя для водных объектов:

$$A_i = 1/\text{ПДК}_i, \quad (3)$$

где  $\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязнителя в воде водных объектов.

Используя данную методику, были определены расчетный и возможный ущербы в результате использования стоков свинокомплекса для удобрительного орошения. Предотвращенный экономический ущерб при этом составил:

$$Y_{\text{п}} = Y_{\text{р}} - Y_{\text{в}} = 79,3 - 3,4 = 75,9 \text{ тыс. усл. ден. ед.}$$

В проведенных нами исследованиях экономический ущерб связан с недобором урожая сельскохозяйственных культур на загрязненных

землях, а также со снижением продуктивности животных из-за низкого качества кормов. Ущерб в полеводстве, связанный с недобором урожая многолетних трав, проиллюстрирован на рис. 1.

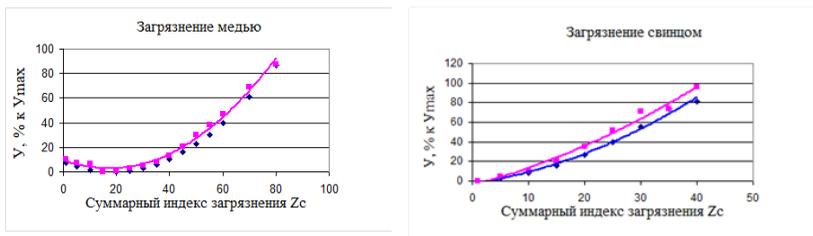


Рис. 1. Недобор урожая многолетних трав в зависимости от уровня загрязнения почвы ТМ

Анализ приведенных данных показывает, что загрязнение почвы тяжелыми металлами приводит к недобору урожая на допустимом и критическом уровнях функционирования агроландшафта. Так, при загрязнении почвы преимущественно медью недобор урожая многолетних трав колеблется в пределах 0,9–60,7 %.

Для цинка снижение урожая составляло: 0,1–71,5 %. Характеризуя влияние меди и цинка на урожай исследуемых культур, следует также отметить, что на нормальном уровне функционирования экосистемы имеет место положительное влияние антропогенного воздействия на урожай. Это связано с тем, что медь, как и цинк, являются биофильными элементами и устранение их дефицита улучшает физиологические процессы, что проявляется на количественных и качественных характеристиках урожая.

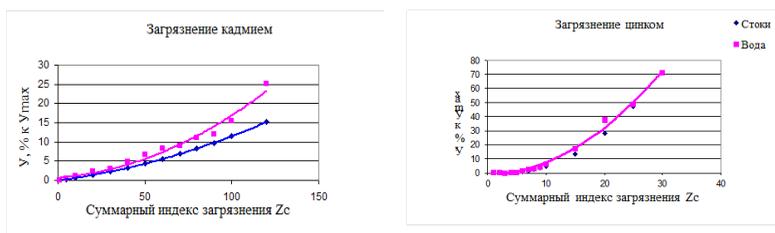


Рис. 2. Недобор урожая многолетних трав в зависимости от уровня загрязнения почвы ТМ

Несколько иная картина наблюдается для почв, преимущественно загрязненных свинцом и кадмием. При фоновом уровне содержание этих элементов на урожай влияет несущественно. Отклонения находятся в пределах точности вычислений. При увеличении загрязнения урожай снижается. Так, на допустимом и критическом уровнях функционирования агроландшафта недобор урожая многолетних трав составляет для кадмия 1,3–15,2 %, а для свинца – 2,5–94,9 %.

**Заключение.** Таким образом, необходимо отметить, что орошение стоками свиноводческого комплекса снижает негативное действие загрязнения ТМ на урожай многолетних трав. Это, прежде всего, проявляется в большей урожайности их по сравнению с орошением природной водой. Однако уровень падения урожайности при преимущественном загрязнения почвы медью и цинком при орошении стоками и природной водой примерно одинаков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Желязко, В. И. Методика расчета норм орошения многолетних трав на техногенно загрязненных землях // Вестн. БГСХА. – 2004. – № 1. – С. 55–58.
2. Повышение качества орошения животноводческими стоками за счет совершенствования дождевальных устройств / В.И. Желязко [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2003. – № 4. – С. 48–50.
3. Желязко, В. И. Приготовление органических удобрений из жидкого навоза / В. И. Желязко, Н. Н. Михальченко, В. В. Копытовский // Дождевые черви и плодородие почв: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., 17–19 марта 2004 г. – Владимир, 2004. – С. 78–80.
4. Желязко, В. И. Повышение экологической безопасности мелиоративных систем с использованием сточных вод / В. И. Желязко, В. В. Копытовский // Акватерра: материалы VII Междунар. специализированной выст. и науч.-практ. конф., 15–17 июля 2004 г., СПб., 2004. – С. 63–65.
5. Тиво, П. Ф. Тяжелые металлы и экология / П. Ф. Тиво, И. Г. Бычко. – Минск, 1996. – 192 с.
6. Состояние и концепция использования животноводческих стоков / П. Ф. Тиво [и др.] // Мелиорация переувлажненных земель: сб. науч. раб. БелНИИМиЛ. – Т. XLVIII. – Минск, 2001. – С. 257–270.
7. Желязко, В. И. О пригодности сточных вод предприятий АПК Беларуси для орошения / В. И. Желязко // Вопросы мелиорации. – М., 2003. – № 5–6. – С. 143–151.
8. Эколого-экономическая оптимизация режима орошения сельскохозяйственных культур / А. П. Лихацевич [и др.] // Мелиорация. – 2023. – № 2(104). – С. 5–11.
9. Константинов, А. А. Внедрение инновационных и ресурсосберегающих технологий в производстве овощной продукции в Республике Беларусь / А. А. Константинов, Т. Н. Лукашевич // Молодежь XXI века: образование, наука, инновации : материалы X Междунар. конф. аспирантов и молодых ученых, Витебск, 8 дек. 2023 г. – Витебск: Витебский государственный университет им. П. М. Машерова, 2023. – С. 30–32.
10. Кумачев, В. И. Современные проблемы управления поверхностным стоком / В. И. Кумачев, А. А. Константинов // Вестн. БГСХА. – 2011. – № 3. – С. 110–117.

## ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

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

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

**Ключевые слова:** законы, энергия, энтропия, экология, система, организмы, фотосинтез.

**Аннотация.** Исследуется применение законов термодинамики к экологическим системам с точки зрения превращения энергии в живой природе.

**Keywords:** laws, energy, entropy, ecology, system of organisms, photosynthesis.

**Summary.** The application of the laws of thermodynamics to ecological systems is explored from the point of view of energy conversion in living nature.

Энергия это способность тела или системы тел производить работу. Свойства энергии описывается законами термодинамики. Согласно первому закону, энергия может переходить из одной формы в другую, но не создается заново и не исчезает. Согласно второму закону термодинамики, процессы, связанные с превращением энергии могут происходить самопроизвольно только при условии, что энергия переходит из концентрированной формы в рассеянную. Это можно сформулировать и так: поскольку некоторая часть энергии всегда рассеивается в виде недоступной для использования тепловой энергии. Эффективность самопроизвольного превращения кинетической энергии в потенциальную всегда меньше 100 процентов. Важнейшей термодинамической характеристикой организмов и экосистем является способность создавать и поддерживать высокую степень внутренней упорядоченности, т.е. состояние с низкой энтропией. Энтропия это мера неупорядоченности или количества энергии, недоступной для использования. Система обладает низкой энтропией если в ней происходит непрерывное рассеяние легко используемой энергии. И превращение ее в энергию, используемую с трудом [1].

Все разнообразие проявлений жизни сопровождается превращениями энергии, хотя энергия при этом не создается и не уничтожается.

Энергия, получаемая в виде света поверхностью Земли, уравновешивается энергией, излучаемой с поверхности Земли в виде невидимого теплового излучения. Сущность жизни состоит в том, что происходит непрерывная последовательность таких изменений как рост, самовоспроизведение и синтез сложных химических соединений. Без переноса энергии, сопровождающего все эти изменения, не было бы ни жизни, ни экологической системы. Экология по сути изучает связь между светом и экологическими системами и способы превращения энергии внутри системы. Рассмотрим это более подробно. Первичное органическое вещество на Земле образуется земными растениями под воздействием солнечной энергии в процессе фотосинтеза. Этот процесс сопровождается поглощением энергии. Согласно второму закону термодинамики любые виды энергии в конечном счете превращаются в тепловую форму и рассеиваются. Ряд химических реакций сопровождается выделением, рассеиванием энергии. Реакция фотосинтеза, получается, идет против термодинамического градиента, поскольку она сопровождается накоплением энергии в органическом веществе за счет преобразования энергии фотонов в энергию химических связей. Важнейшая термодинамическая характеристика организмов, экосистем и биосферы это способность создавать и поддерживать высокую степень внутренней упорядоченности, то есть состояния с низкой энтропией. Именно растениям мы обязаны присутствием свободного кислорода в атмосфере, стабильностью ее газового состава, а также сохранением газового баланса. Общее количество энергии, запасаемой растениями ежегодно, в продуктах фотосинтеза составляет примерно  $20,9 \times 10^{22}$  кДж [2].

Живые организмы, входящие в состав экологической системы, неодинаковы с точки зрения специфики ассимиляции ими вещества и энергии. В отличие от растений, животные вынуждены использовать солнечную энергию опосредованно, то есть через органическое вещество, созданное фотосинтетиками. Таким образом создается цепь последовательной передачи вещества и эквивалентной ему энергии от одних организмов к другим или еще она имеет название трофическая цепь.

Трофическая цепь в экологической системе является одновременно цепью энергетической, то есть это последовательный упорядоченный поток энергии Солнца от продуцентов ко всем остальным звеньям. В силу второго закона термодинамики этот процесс связан с рассеиванием энергии на каждом последующем звене. То есть с ее потерями и

возрастанием энтропии. Это рассеивание компенсируется все время за счет энергии, поступающей от Солнца.

В любой экосистеме происходит образование биомассы и ее разрушение. Эти процессы всецело определяются жизнедеятельностью низшего трофического уровня. То есть растениями продуцентами. Все остальные организмы только потребляют уже созданное растениями органическое вещество экосистемы.

В зеленых тканях листа осуществляются параллельные, но противоположные процессы – фотосинтез и дыхание. При фотосинтезе вещество создается, энергия накапливается, а при дыхании часть накопленного вещества и энергии расходуются. Следовательно, дыхание рассматривается как некоторая часть энергии, выносимая из сообщества, в то время как увеличение биомассы есть продуктивность.

Экосистемы представляют собой открытые неравновесные термодинамические системы, постоянно обменивающиеся с окружающей средой энергией и веществом. При этом уменьшая энтропию внутри себя, но увеличивая энтропию вовне, согласно законам термодинамики.

Воздействие человека на окружающую среду, в частности на экологические системы проявляется в повышении неупорядоченности систем то есть возрастании энтропии. Следствием чего может стать необратимая деградация. Теоретически возможен случай, когда вся энергия организма и системы организмов полностью превращаются в тепловую форму и рассеивается, тогда упорядоченный поток энергии прекращается, химические связи между молекулами разрушаются и окислительно-восстановительные процессы останавливаются, что означает гибель системы.

Таким образом, жизнь можно рассматривать как процесс непрерывного извлечения энергии из окружающей среды какой-либо системой, преобразования и рассеивания этой энергии при переходе от одного звена к другому.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Т р о ф и м о в а, Т. И. Курс физики / Т. И. Трофимова. – М.: Высш. шк., 1990. – 478 с.
2. К у г е й к о, М. М. Медицинская экология: курс лекций / М. М. Кугейко: БГУ, 1998. – 114 с.

## ПОТЕРИ ВОДЫ ПРИ ДОЖДЕВАНИИ ЗЕМЕЛЬ В ЗОНЕ НЕУСТОЙЧИВОГО УВЛАЖНЕНИЯ

**А. А. Константинов**, аспирант

**В. М. Лукашевич**, канд. с.-х. наук, доцент

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

**Ключевые слова:** впитывание воды, дерново-подзолистые суглинистые почвы, орошение дождеванием, эрозия, потери воды.

**Аннотация:** Необходимым условием качественного дождевания, является подача требуемой поливной нормы без образования на поверхности почвы луж и эрозионного стока. В статье представлены результаты опытов по установлению скорости впитывания воды дерново-подзолистой суглинистой почвой.

**Key words:** water absorption, soddy-podzolic loamy soils, sprinkling irrigation, erosion, water loss.

**Summary:** A necessary condition for high-quality sprinkling is the supply of the required irrigation rate without the formation of puddles and erosive runoff on the soil surface. The article presents the results of experiments to determine the rate of water absorption in soddy-podzolic loamy soil.

Для уточнения некоторых элементов водного баланса орошаемых минеральных земель Республики Беларусь и разработки рекомендаций нормам полива при дождевании в 2011–2023 гг. проводили специальные опыты с районированными в землях Республики Беларусь орошаемыми однолетними травами. Задержанный слой воды определяли различными способами в 4–5-кратной повторности, что позволило установить расчетные величины с точностью не ниже  $\pm 10\%$  при 80%-ной вероятности. Опытные данные на орошаемых землях УО БГСХА «Гушково» и ОАО «Горецкое» Могилевской области.

При первом способе монолиты грунта с исследуемыми растениями, помещенные в металлическую ванну, тщательно покрывали со всех сторон пленкой для предотвращения поступления в них воды из ванны. Слой задержания определяли по разности объемов воды в ванне до и после дождевания.

При втором способе полиэтиленовыми пленками длиной 2 м аккуратно покрывали подготовленные к опыту три смежные междурядья под растениями, сток с которых перехватывали измерительным сосудом. Дождевание во всех случаях проводили специально смонтированной передвижной экспериментальной установкой, а слой дождя измеряли 10 дождемерами диаметром 10 см, расставленными по краям учетной площади. Пленку до и после опыта взвешивали, а также учитывали слой стекшей воды в измерительном сосуде. Задержанное количество воды высчитывали как разницу между весом сухих и смоченных растений. Также вели наблюдения за количеством задержания естественных осадков в течение вегетационного периода. Слой задержания для данного вида растений и фазы развития может быть охарактеризован уравнением вида [1, 2]:

$$Z = 0,001P_0 \cdot S_M \cdot P \cdot M \cdot (1 - K_v), \quad (1)$$

где  $P_0$  – поверхность надземной части растений;

$S_M$  – смачиваемость поверхности растений;

$K_v$  – коэффициент, учитывающий сдувание капель с листьев под воздействием ветра и определяемый по известной методике.

Коэффициент густоты  $P$  вводится потому, что в густо посаженных или сомкнутых растениях повышается задержание воды. В наших опытах как коэффициент густоты принимали среднее отношение количества воды, определенного вторым способом, к слою задержания, установленному по первому и третьему способам, а также вследствие специального уплотнения растений в металлической ванне и соответствующего измерения задержанного слоя отдельным растением и совмещенными. Значение  $P_0 \cdot S_M$ , характеризующее количество воды, задержанной одним растением, определяли тремя вышеупомянутыми способами. Площадь листовой поверхности  $P_0$  находили планиметрированием. Коэффициент  $M$  получен исходя из схемы посадки сельскохозяйственных культур в перерасчете количества растений на  $1 \text{ м}^2$ .

В табл. 1 приведены некоторые значения слоя задержания в зависимости от фазы развития и схемы посадки, которые справедливы при непрерывном дождевании. Следует отметить, что найденные коэффициенты смачиваемости позволяют рассчитывать слой задержания при различных площадях листовой поверхности, определяемых в физиологии и морфологии растений, что значительно позволяет расширить данные и получить значение слоя задержания в любые фазы развития этих культур. При этом следует учитывать, что большие значения  $S_M$

соответствуют меньшей интенсивности дождя и более поздним фазам развития растений.

Таблица 1. Слой воды, задерживаемый сельскохозяйственными культурами при дождевании

Культура	$P_0 \cdot S_M, \text{ Г}$	$\frac{M}{1/M^2}$	$P$	$Z, \text{ мм}$
Японское просо	1,0	9,50	1,00	0,01
–	15,8	–	1,00	0,15
–	30,6	–	1,05	0,30
Просо	49,0		1,15	0,54
	47,7	7,14	1,10	0,38
	39,0	9,50	1,10	0,42
Кукуруза	85,0	2,38	1,00	0,20
Могар	114,6		1,05	0,29
	50,1	7,42	1,00	0,37
Чумиза	106,6	4,76	1,20	0,61
	60,6	0,0156	1,10	0,33
	5769,2		1,00	0,09

Однако процесс перехвата оросительной воды может протекать как при непрерывном, так и прерывистом дождевании. При прерывистом дождевании за время очередного прохода агрегата задержанный слой воды частично или полностью (при поливе Bayer Rainstar T-61) испарится, и поэтому общие потери воды в этом случае большие.

На интенсивность испарения воды с растительного покрова влияет значительное количество факторов: степень затенения листьев, температура и влажность воздуха, ветер, радиация и т. д., – одновременный учет которых усложняет и не всегда повышает точность расчетов. Поэтому для характеристики количества испарившейся воды с поверхности растений во время или на и после него целесообразно, очевидно, использовать, данные испаряемости с водной поверхности, которые с достаточной для практики точностью можно найти и расчетным путем, с введением поправочного коэффициента.

Если  $Z$  – слой задержания,  $i$  – интенсивность дождя,  $t$  – продолжительность воздействия искусственного дождя на растение,  $t_1$  – время без дождя, то количество оставшейся воды, л растении к очередному циклу полива (при  $i_t > Z$ ) [3, 4]:

$$\Delta Z = Z - Киt_1, \quad (2)$$

где  $K$  – поправочный коэффициент;

$I$  – испаряемость.

Испарением за время воздействия дождя на растение ввиду малого отношения  $t/t_1 = 0,01-0,017$  для современных дождевальных установок и малой интенсивности испарения данный момент можно пренебречь.

Во время второго цикла полива задерживается слой дождя:

$$Z_1 = Z - \Delta Z = KI t_1. \quad (3)$$

Если за время полива проведено  $n$  циклов дождевания, то общий слой задержания:

$$Z_{\text{общ}} = Z + (n - 1) KI t_1. \quad (4)$$

Таблица 2. Значения смачиваемости растений  $S_M$  и поправочных коэффициентов  $K$

Культура	Пределы колебания смачиваемости растений $S_M$ в опытах, г/дм <sup>3</sup>	Пределы изменения $K$ в опытах	Средневзвешенное значение $K$	Средневзвешенное значение $S_M$ , г/дм <sup>3</sup>
Могар	0,54–1,17	1,63–2,18	1,90	0,85
Японское просо	0,88–1,27	2,0–2,40	2,20	1,15
Просо	0,13–0,59	1,02–2,10	1,45	0,24
Кукуруза	0,31–0,57	1,15–1,90	1,30	0,43
Чумиза	0,60–1,55	1,90–2,20	2,05	0,91

Уравнение (4) справедливо при условии, что  $Z > KI t_1$ . Если же  $Z \leq KI t_1$ , тогда  $Z_{\text{общ}} = nZ$ . Следует отметить, что  $i_t \leq Z$ , то слой задержания:

$$Z_{\text{общ}} = n i_t. \quad (5)$$

Для практического использования приведенных выше зависимости необходимо знать  $K$ ,  $I$ , зависящие от многих факторов (метеоусловий, вид, фаза развития растений и т. д.).

Специальные опыты по одновременному определению интенсивности испарения задержанной воды растительным покровом и с водной поверхности по микроиспарителям площадью 1000 см<sup>2</sup>, размещенным одинаковым уровне с исследуемым растением, позволили установить определенную связь между ними (коэффициенты корреляции колеблются в преде-

лах 0,76–0,92). Большие колебания поправочных коэффициентов К (табл. 2) объясняются спецификой испарения воды с листьев растений (толщина водной пленки, цвет и шероховатость листьев) и характером распределения задержанного слоя в различной фазе растений по сравнению с испарителем. Связь между интенсивностью испарения с листовой поверхностью, температурой и влажностью воздуха более низкая ( $r = 0,62–0,79$ ) поэтому в качестве расчетного рекомендуется первый вариант.

Анализ полученных результатов показывает, что однократный слой задержания при непрерывном дождевании составляет незначительную величину от поливной нормы и им можно пренебречь. Большой практический интерес представляют потери на испарение за время дождевания и слой воды на задержание из искусственных осадков с перерывами, превышающими время, необходимое на испарение содержанного слоя, например, при дождевании тяжелосуглинистых почв малыми нормами в несколько приемов, который может быть определен по предлагаемым формулам (1)–(5). Суммирование потерь приведет к существенной поправке в поливной норме.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кукреш, Л. В. Инновационные технологии – основа развития АПК / Л. В. Кукреш, П. П. Казакевич // Научно-инновационная деятельность в АПК: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. – Минск: БГАТУ, 2010. – С. 14–22.
2. Шлапунов, В. Н. Нетрадиционные и малораспространенные культуры / В. Н. Шлапунов, Т. Н. Лукашевич // Стратегия и тактика экономически целесообразной адаптивной интенсификации земледелия: материалы Междунар. конф. В 2-х т. Т. 1. – Земледелие и растениеводство / под общ. ред. М. А. Кадырова. – Минск: УП «ИВЦ Минфина», 2004. – С. 194–197.
3. Лукашевич, В. М. Дождевание японского проса / В. М. Лукашевич // Вестник БГСХА. – 2015. – № 2. – С. 116–120.
4. Кумачев, В. И. Современные проблемы управления поверхностным стоком / В. И. Кумачев, А. А. Константинов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 3. – С. 110–117.

## АГРОМЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ СВИНОВОДЧЕСКИМИ СТОКАМИ

**В. В. Копытовский**, канд. с.-х. наук, доцент

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

**Ключевые слова:** животноводческие стоки, орошение, агромелиоративные мероприятия, рыхление, поглощающий дренаж.

**Аннотация.** Одним из источников загрязнения водных ресурсов являются сточные воды животноводческих комплексов. Одновременно с этим животноводческие стоки, являясь потенциальным загрязнителем водных объектов, содержат различные биогенные элементы, которые могут быть эффективно использованы в растениеводстве.

**Key words:** livestock drainage, irrigation, agro-reclamation measures, loosening, absorbent drainage.

**Abstract.** One of the sources of water pollution is wastewater from livestock farms. At the same time, livestock waste, being a potential pollutant of water bodies, contains various nutrients that can be effectively used in crop production.

В настоящее время для утилизации и обезвреживания животноводческих стоков применяют различные технологии. Одной из них является использование стоков для удобрительного орошения сельскохозяйственных культур. Для реализации этой технологии при животноводческих комплексах построены специализированные водооборотные мелиоративные системы. Опыт их эксплуатации показывает, что даже на совершенных водооборотных системах не обеспечивается экологическая безопасность. Прежде всего это относится к отдельным элементам осушительной сети, которая должна перехватывать загрязненный поверхностный и внутриводочный сток и отводить его в аккумулирующие пруды с последующим использованием для орошения. Для уменьшения объема сбросного стока обычно применяют агромелиоративные мероприятия, которые позволяют более эффективно использовать стоки, улучшая водно-воздушный режим почвы и повышая урожайность сельскохозяйственных культур.

На основании обобщения практического опыта эксплуатации специализированных мелиоративных систем с использованием животноводческих стоков для орошения отмечается, что конструкции дренажно-сбросной сети водооборотных систем требуют усовершенствования путем применения специальных приемов и устройств, которые позволили бы снизить объем поверхностного и дренажного стока. В связи с этим совершенствование агро-мелиоративных мероприятий и разработка новых технических решений по повышению экологической безопасности агроландшафтов с крупными животноводческими комплексами является актуальной задачей.

Цель исследований – научное обоснование агро-мелиоративных мероприятий и технических решений при орошении земель стоками свиноводческих комплексов.

Экспериментальные исследования, производственная проверка и внедрение результатов проведены в 1999–2014 гг. на опытном участке в РСУП СГЦ «Заднепровский» Оршанского района Витебской области. В данном хозяйстве имеется свиноводческий комплекс, рассчитанный на выращивание и откорм 54 тыс. голов свиней в год. Удаление навоза из животноводческих помещений производится гидравлическим способом. В результате этого годовой выход навозных стоков колеблется от 460,4 до 599,8 тыс. м<sup>3</sup> в зависимости от количества поголовья. Для изучения совместного влияния агро-мелиоративных мероприятий и поглощающего дренажа при удобрительном орошении был заложен полевой опыт. Схема опыта включала следующие варианты:

1 – без орошения стоками и проведения агро-мелиоративных мероприятий (абсолютный контроль 1); 2 – орошение стоками без проведения агро-мелиоративных мероприятий (контроль 2); 3 – орошение стоками + поглощающий дренаж; 4 – орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с почвоуглублением на 30 см; 5 – орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с рыхлением на глубину 60 см; 6 – орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с внесением соломы в почву в количестве 4 т/га; 7 – орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с почвоуглублением и внесением соломы в почву в количестве 4 т/га; 8 – орошение стоками + поглощающий дренаж в сочетании с рыхлением на глубину 60 см и внесением соломы в почву в количестве 4 т/га. Размещение учетных делянок систематическое, а размер делянок 100 м<sup>2</sup>.

Анализ полученных данных показал, что в зависимости от тепло-влажнообеспеченности вегетационного периода количество поливов

изменялось от 3 до 6. При этом поливные нормы варьировали в пределах 15–27 мм, а оросительные нормы – от 59 до 135 мм. Во влажные годы проводились только удобрительные поливы, а в засушливые – дополнительно увлажнительные.

Наблюдения за водным режимом почвы свидетельствуют о том, что даже в годы с нормальным и избыточным естественным увлажнением требуется дополнительное увлажнение многолетних трав, что обусловлено неравномерным выпадением осадков и распределением тепла. Кратковременное переувлажнение почвы в отдельные периоды объясняется необходимостью утилизации годового объема стоков независимо от погодных условий. Следует отметить, что переувлажнение не оказывало отрицательного влияния на развитие трав и не приводило к снижению их продуктивности.

В засушливые и теплые вегетационные периоды, обеспеченностью 76–82 % благодаря удобрительным и увлажнительным поливам поддерживали оптимальную влажность почвы, не вызывая переувлажнения верхнего 50 см слоя почвы.

В процессе проведения полевых опытов нормы увлажнительных поливов определяли согласно методикам, приведенным в работах М. Г. Голченко (1991), В. И. Желязко (2003), а удобрительных – по расчету, из условия утилизации расчетной дозы азота. Таким образом, за все годы исследований нормы увлажнительных поливов составляли 17–27 мм. Доля увлажнительных поливов в оросительной норме колебалась от 18,9 % до 48,1 % в зависимости от предполивной влажности почвы. Колебание удобрительных норм орошения по годам связано с различной концентрацией азота в навозных стоках. Результаты полевых опытов по режиму орошения были использованы для установления нормативов проектного режима орошения, которые вошли в нормативные документы Республики Беларусь.

Методика обоснования норм орошения сводится к следующему. За длительный период рассчитываются водобалансовым методом общие оросительные нормы при орошении стоками. При этом водопотребление культур необходимо определять по зависимостям, полученным при орошении с использованием навозных стоков свинокомплексов. На основании полученного ряда значений норм орошения строится кривая обеспеченности, по которой устанавливаются нормы орошения для влажного года, среднего и расчетного года, определенного технико-экономическими расчетами. Далее определяется годовая норма внесения стоков и производится ее распределение по срокам и нормам внесения вегетационного периода с учетом культуры, находится

та часть нормы орошения стоками, которая будет вноситься в период вегетации растений и иметь увлажнительный эффект. На основании сравнения общей оросительной нормы в годы различной обеспеченности и нормы орошения стоками, имеющей увлажнительный эффект, определяется необходимое количество природной воды в расчетный год.

Расчеты экономической эффективности показали, что за счет агро-мелиоративной обработки и поглощающего дренажа на фоне удобри-тельного орошения производство кормов возросло и составило 1,03–1,68 тыс. к. е. с 1 гектара. Это позволило получить дополнительно продукцию в пересчете на зерно, стоимость которого составила в варианте орошения 2 – 976,51 руб/га, а в вариантах с агро-мелиоративными меро-приятиями колебалась от 1022,18 до 1160,52 руб/га в зависимости от технологии обработки. Следует также отметить, что проводимые меро-приятия способствовали повышению себестоимости продукции и что применение агро-мелиоративных мероприятий ведет к росту произ-водственных затрат на 1 га. Так, в варианте 8 затраты выросли на 119,62 руб/га, что составляет 45,8 %. Одновременно с этим увеличи-лась на 69 % урожайность. Различие в темпах роста указанных показате-лей привело к снижению себестоимости 1 центнера продукции. Если в контрольном варианте 1 себестоимость составила 5,22 руб/ц, то в варианте 8 – 4,47 руб/ц.

В заключение необходимо отметить, что надежность работы специ-ализированной водооборотной мелиоративной системы существенно повышается при проведении агро-мелиоративных мероприятий в соче-тании с поглощающим дренажем. Орошение участков, на которых по-глощающий дренаж проложенного через 10 м, в сочетании с агро-мелиоративными мероприятиями (почвоуглубление на 30 см и рыление на глубину 60 см) и внесение соломы в количестве 4 т/га обеспечивало наиболее благоприятное регулирование водного режима дерново-подзолистой почвы. Применение агро-мелиоративных мероприятий в сочетании с поглощающим дренажем оказывало благоприятное дей-ствие на гидрологический режим орошаемых земель: площадь микро-понижений, заполненных поверхностным стоком при эксплуатации мелиоративной системы, уменьшается на 15,5 – 44,2 % в зависимости от применяемой технологий агро-мелиоративной обработки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Желязко, В. И. Животноводческие стоки и влияния норм их внесения на про-дуктивность ярового рапса / В. И. Желязко, В. В. Дятлов, Г. Н. Рудковская // Современ-

ные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сборник научных трудов. Вып. 7, ч. 2. – Рязань: РГСХА, 2003. – С. 111–116.

2. Эколого-экономическая оптимизация режима орошения сельскохозяйственных культур / А. П. Лихацевич [и др.] // Мелиорация. – 2023. – № 2 (104). – С. 5–11.

3. Сельскохозяйственные мелиорации. Практикум: учеб.-метод. пособие / В. И. Желязко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 164 с.

4. Кумачев, В. И. Современные проблемы управления поверхностным стоком / В. И. Кумачев, А. А. Константинов // Вестник БГСХА. – 2011. – № 3. – С. 110–117.

УДК 004.9:378

## **МАТЕМАТИКА – «АЗБУКА ПРОГРЕССА» В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ, МАГИСТРАНТОВ И АСПИРАНТОВ**

**С. В. Курзенков**, канд. техн. наук, доцент

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

**Ключевые слова:** математика, математическая модель, моделирование, исследовательская деятельность, прогресс.

**Аннотация.** Не всем дано заниматься исследовательской работой. Трудно не согласиться с этим. Но и на производстве образованные, грамотные и эрудированные люди преуспевают лучше, так как знают как успешнее организовать свой труд. Поэтому образованию и образованности работников требуется уделять больше внимания.

Прорывные же решения в науке, технике, экономике, да и в других направлениях невозможны без математической грамотности исполнителей – людей, ведущих исследовательскую работу по этим направлениям. Только математически грамотный исследователь может обосновать, логично представить и передать на обсуждение сущность своих идей и открытий.

Готовить к такой работе должны вузы. Роль преподавателя математики в вузе заключается в том, чтобы разглядеть потенциал обучающегося и донести до него сущность математики, как инструмента, позволяющего развиваться, познавать процессы, происходящие в природе, логично и обосновано передавать свои мысли. В этом смысле математика выступает как «азбука прогресса» в развитии человека и его личности.

**Keywords:** mathematics, mathematical model, modeling, research activity, progress.

**Summary.** Not everyone is given to engage in research work. It's hard to disagree with that. But educated, literate and erudite people succeed better in production, because they know how to organize their work more successfully. Therefore, more attention needs to be paid to the education and education of employees. Breakthrough solutions in science, technology, economics, and other areas are impossible without the mathematical literacy of the performers – the people who conduct research in these areas. Only a mathematically competent researcher can substantiate, logically present and pass on the essence of his ideas and discoveries for discussion. Universities should prepare for such work. The role of a mathematics teacher at a university is to see the potential of the student and convey to him the essence of mathematics as a tool that allows him to develop, learn the processes occurring in nature, and convey his thoughts logically and reasonably. In this sense, mathematics acts as the "ABC of progress" in the development of man and his personality.

Исследовательская работа не для всех. Трудно не согласиться с тем, что кому-то нужно строить, лечить, работать в поле, выращивать скот и так далее. С этим не поспоришь! Но и здесь образованные, грамотные и эрудированные люди преуспевают лучше, так как знают как успешнее организовать свой труд и труд других. Поэтому образованию и образованности работников требуется уделять больше внимания.

Сегодня высшее образование Республики Беларусь переживает период, в котором предъявляются повышенные требования к универсальным учебным навыкам студентов и профессиональной компетентности преподавателя. Сложность этого периода заключается в том, что задачей обучения видится не «снабдить» обучающихся багажом знаний для использования его в своей профессиональной деятельности, а привить и воспитать у них умения, позволяющие самостоятельно находить информацию и активно включаться в творческую, исследовательскую деятельность. Хочется при этом отметить, что задачи, которые ставились ранее перед образованием изменились. Сегодня требуется дать обучающим достаточный багаж знаний, чтобы он послужит отправной точкой развития личности в сфере профессиональной ее деятельности. Поэтому этот «багаж» должен быть скорректирован и оптимизирован под получаемую специальность образования. Роль преподавателя при этом возрастает в разы – донести до студента

необходимую учебную информацию таким образом, чтобы она заинтересовала студента, он увидел в этой информации звенья для своего развития и развития своей будущей профессиональной деятельности [1, 2].

Говоря о прорывных решениях в науке, технике, экономике, да и по другим направлениям можно констатировать, что они невозможны без математической грамотности исполнителей – людей, ведущих исследовательскую работу по этим направлениям. Только математически грамотный исследователь может четко обосновать, логично представить и передать на обсуждение сущность своих идей и открытий.

Готовить к такой работе должны тоже вузы. В этом направлении роль преподавателя математики в вузе видится в том, чтобы разглядеть потенциал обучающегося и донести до него сущность математики, как инструмента, позволяющего развиваться, познавать процессы, происходящие в природе, логично и обосновано передавать свои мысли. В этом смысле математика выступает как «азбука прогресса» в развитии человека и его личности.

Математику нельзя отнести к естествознанию или общественным наукам, так как она изучает не саму природу и объекты действительности, а математические объекты, которые могут иметь прообразы в действительности [3]. И это нужно объяснять студентам через примеры применения математики для решения прикладных задач. Данная задача становится в разы актуальнее в ходе работы с магистрантами и аспирантами.

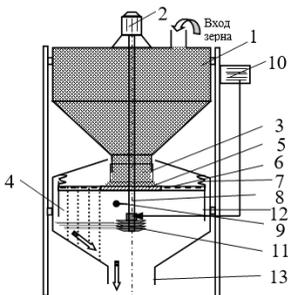


Рис. 1

Имея многолетний опыт работы со студентами, магистрантами и аспирантами хотелось бы поделиться примерами применения математического аппарата для описания различных процессов в технике.

Например, рассмотрим процесс консервирования зерна в оборудовании, работающем по принципу внесения консерванта в виде растворов, эмульсий или суспензий на зерно в перекрестно движущихся дисперсных потоках сыпучего и жидкого компонентов с взаимным проникновением одного потока в другой. Такая установка представлена на рис. 1, а ее работа осуществляется следующим образом.

Зерно поступает через приёмный патрубок в бункер накопитель 1 и за счёт поднятия обечайки дозатора 3, обеспечивающем необходимую подачу, направляется на диск 5 распределительного устройства, на котором формируется слой зерна определенной величины. При вращении вала 8, на котором жёстко закреплены дебаланс 9 и тарельчатый распылитель жидкого компонента 11, распределительное устройство совершает колебательные движения. В результате вибрации, зерновой материал, находящийся на диске 5 распределительного устройства начинает двигаться в вибросжиженном состоянии по перфорированной поверхности 6 просыпаясь через ее отверстия. При этом в камере смешивания образуется равномерный кольцевой поток зерна, на который наносится мелко распылённый жидкий компонент, поступающий из дозатора 10 посредством центробежного тарельчатого распылителя 11.

Требуется смоделировать подачу материала (зерна) в камеру смешивания его с жидким консервантом. Сделаем математическую постановку задачи. Предположим, что при открытии обечайки рабочий орган обеспечивает некоторую подачу зернового материала  $Q_3$  из бункера накопителя к перфорированной поверхности распределительного устройства. Тогда эта величина может быть определена по формуле:

$$Q_3 = \pi \cdot r_{об}^2 \cdot v \cdot \gamma_{з.м.}$$

где  $Q_3$  – подача зернового материала, кг/с;

$r_{об}$  – радиус обечайки дозатора, м;

$v$  – скорость движения потока материала в дозаторе сыпучего материала, м/с;

$\gamma_{з.м.}$  – объёмная масса зерна, кг/м<sup>3</sup>.

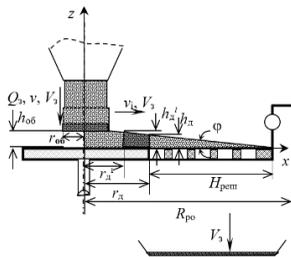


Рис. 2

С другой стороны данная подача будет определяться режимами вибрационного процесса и сепарацией материала через перфорированную поверхность распределительного устройства. Вследствие неразрывности потока можно утверждать, что по элементам рабочего органа будет перемещаться некоторый объём зерновой материала  $V_3$  в единицу времени с одинаковой объёмной массой  $\gamma_{з.м.}$ , связанный с подачей следующим соотношением  $Q_3 = V_3 \cdot \gamma_{з.м.}$  (рис. 2). При этом в установившемся режиме работы оборудования зерновой материал образует на поверхности

отношением  $Q_3 = V_3 \cdot \gamma_{з.м.}$  (рис. 2). При этом в установившемся режиме работы оборудования зерновой материал образует на поверхности

распределительного устройства усечённый конус с основаниями  $2R_{p.o}$  и  $2r_{об}$ .

Уравнение прямолинейной образующей этого конуса будет иметь вид:

$$\frac{x - r_{об}}{R_{p.o} - r_{об}} = -\frac{z - h_{об}}{h_{об}},$$

где  $x, z$  – текущие координаты точки, находящейся на прямолинейной образующей, м.

Откуда можем записать  $x(z) = \frac{r_{об} - R_{p.o.}}{h_{об}} \cdot (z - h_{об}) + r_{об}$ , где  $R_{p.o}$  – ради-

ус рабочего органа, м.

Тогда объёмную подачу материала можно найти по формуле:

$$V_3 = \frac{v_{ср}}{r_d} \cdot \left[ \pi \cdot (r_d - r_d^i)^2 \cdot h_d + \pi \cdot \int_{h_d}^{h_d^i} (x(z))^2 dz \right],$$

где  $v_{ср}$  – средняя скорость потока зернового материала на диске рабочего органа, м/с;

$r_d^i$  – расстояние от оси вращения вала рабочего органа, до точки начиная с которой объём материала, равный  $V_3$  смещается на перфорированную поверхность распределительного устройства в единицу времени, м;

$h_d^i, h_d$  – величина слоя зернового материала на расстоянии соответственно  $r_d^i$  и  $r_d$ , м.

Параметры  $h_d$  и  $h_d^i$  могут быть рассчитаны по следующим формулам:

$$h_d = \frac{(R_{p.o} - r_d) \cdot h_{об}}{R_{p.o} - r_{об}} = \frac{H_{реш} \cdot h_{об}}{R_{p.o} - r_{об}},$$

$$h_d^i = \frac{(R_{p.o} - r_d^i) \cdot h_{об}}{R_{p.o} - r_{об}},$$

где  $H_{реш}$  – ширина перфорированной поверхности распределительного устройства, м.

Тогда подача материала может быть определена из формулы

$$Q_3 = V_3 \cdot \gamma_{з.м.}$$

В данной статье приведен лишь один пример применения математического аппарата для решения технологической задачи. Убеден, что рассмотрение подобных примеров в рамках математических дисциплин, и особенно у студентов инженерных специальностей, должно подчеркнуть необходимость и актуальность их изучения, а также роль математики, как «азбуки прогресса» в исследовательской деятельности обучающихся.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Курзенков, С. В. Проблемы современного этапа становления математического и физического образования студентов инженерных и технических специальностей вузов Республики Беларусь / С. В. Курзенков // Актуальные проблемы преподавания естественнонаучных и специальных дисциплин в учреждениях высшего и среднего специального образования сельскохозяйственного профиля: сборник статей по материалам Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию кафедры высшей математики и физики. – Горки : БГСХА, 2020. – 169 с.
2. Курзенков, С. В. Математика как инструмент познания и развития студентов вузов / С. В. Курзенков // Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель : материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти Б. И. Яковлева / редкол.: В. И. Желязко (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – С. 135–143.
3. Курзенков, С. В. Определение параметров и условий формирования потока сыпучего компонента в вибрационной рабочей камере смешивания установки консервирования зерна с перфорированной распределительной поверхностью / С. В. Курзенков // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2019. – С. 179–189.

УДК 631.432.4

## ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

**И. А. Левшунов**, ст. преподаватель,

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

**Ключевые слова:** суданская трава, режим орошения, искусственное дождевание, поливная норма, оросительная норма.

**Аннотация.** Выращивание и возделывание суданской травы как весьма привлекательной культуры с точки зрения высоких урожаев сена и зелёной массы по сравнению с другими однолетними кормовыми культурами, в том числе и в условиях орошения.

**Keywords:** sudanese grass, irrigation regime, artificial sprinkling, irrigation norm, irrigation norm.

**Summary.** Cultivation and cultivation of Sudanese grass as a very attractive crop in terms of high yields of hay and green mass compared to other annual fodder crops, including under irrigation conditions.

Суданская трава возделывается на зелёный корм, сено, силос, сенаж и зерно и считается высокопродуктивной однолетней культурой [1]. Это засухоустойчивая культура и в то же время отзывчива к увлажнению [2]. Основная масса корней суданской травы сосредоточена в метровой толще почвогрунта. Активный слой принимают в зависимости от характера почв [3].

Суданскую траву сеют, когда почва на глубине заделки семян прогреется до температуры 10...14 °С. Высевают обычным рядовым или широкорядным способом.

В Республике Беларусь проводилось изучение сортов «Синельниковская» и «Сенокосная 88», сочетающих высокую урожайность с комплексной устойчивостью к экстремальным факторам среды при существующем уровне агротехники. На Гомельской ОСХОС урожайность зелёной массы составила 680 ц/га, сбор сухого вещества составил 149 ц/га, кормовых единиц 136 ц/га. На Лепельской сортоиспытательной станции при посеве на супесчаных почвах с невысоким уровнем плодородия урожайность сухого вещества составила 91 ц/га, семян 8,4 ц/га. Максимальная урожайность, в Мостовском районе Гродненской области, получена при посеве в третьей декаде мая. При посеве в непрогретую почву отмечалось резкое снижение урожайности зелёной массы и семенной продуктивности суданской травы. Длительная задержка с посевом суданской травы на корм также приводила к снижению урожайности и в ряде хозяйств Кореличского района [4].

Исследования влияния сроков сева и уборки на урожайность суданской травы сорта Сенокосная 88 проводились в юго-западной части Беларуси. По годам исследований наблюдалось колебание урожайности, которое исследователи объясняют различными погодными условиями вегетационных периодов. А также они выделили то, что основным лимитирующим фактором, при возделывании данной культуры является температурный режим. Кроме этого, при скашивании суданской травы в фазу начала вымётывания сев следует проводить в первую декаду мая. А для уборки в фазу полного вымётывания лучшими сроками сева являются вторая и третья декады мая.

С целью дальнейшего экспериментального обоснования режима орошения суданской травы в условиях минеральных почв Северо-восточной части Беларуси на базе учебно-опытного комплекса «Тушково-1» Горечковского района было организовано проведение специальных полевых исследований. Схема размещения опытных участков показана на рис. 1.



Рис. 1. Расположение опытных участков на учебно-опытном комплексе «Тушково-1»: 1 – хоз. двор; 2 – метеоплощадка; 3 – посевы суданской травы

Участок для исследования режима орошения суданской травы составлял 0,15 га. Нами определялись следующие водно-физические свойства почвы: влажность, плотность, предельно-полевая влагоемкость, гранулометрический состав и агрохимический анализ почвы. Гранулометрический состав почв участков определялся в лабораторных условиях. Название почвы: дерново-подзолистая слабо оподзоленная с признаками временного избыточного увлажнения почва на легком моренном суглинке. Влажность почвы определялась стандартным термостатно-весовым методом [5].

Оттарированные бюксы наполнялись на 50...60 % их объема почвогрунтом, закрывались крышками и взвешивались с точностью 0,01 грамма на весах ВК-600. Образцы для определения влажности отбирались из каждого 10-сантиметрового слоя до глубины 40 см и далее из каждого 20-сантиметрового слоя до глубины 1 м в трехкрат-

ной повторности. Пробы почвогрунта высушивались при температуре 100 °С в течение 6 часов в сушильном шкафу типа ШС-80 МК СПУ.

Плотность почвы определялась в полевых условиях. Для ее определения использовался цилиндр, размеры которого  $h/d = 5/7,8$  см, объемом  $V = 238,9$  см<sup>3</sup>. Цилиндр накрывался сверху деревянным брусом толщиной 3...4 см, а затем другим деревянным брусом вколачивался в почву так, чтобы верхний край цилиндра был точно на уровне почвы.

Предельно полевая влагемкость определялась в полевых условиях методом заливаемых площадок. Суть метода состоит в насыщении влагой исследуемой толщи почвогрунта свыше его водоудерживающей способности и создании условий оттока гравитационной воды при отсутствии испарения. Для этого выбиралась ровная площадка внутреннего размера которой составил 1,4×1,4 м, окруженной уплотненным земляным валиком высотой 20...30 см, и заливалась водой из расчета 200 л/м<sup>2</sup>, не размывая поверхности. Чтобы исключить испарение площадка закрывалась полиэтиленовой пленкой, сверху укладывался слой травы. Суданская трава выращивалась на зеленую массу. Сроки посева третья декада мая. Способ посева сплошной рядовой зерновой сеялкой. Глубина заделки семян около 4 см. Норма высева 3 млн. всхожих зёрен на гектар.

Агрохимический анализ почвы представлен в табл. 1.

Таблица 1. Результаты агрохимического анализа почвы под посевами суданской травы

Содержание подвижных форм, мг/кг		Кислотность (рН)	Гумус, %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (фосфор)	K <sub>2</sub> O (калий)		
355±55	331±37	5,29±0,6	1,68

На основании обзора и анализа литературы были приняты варианты опыта: без орошения, с предполивной влажностью почвы 70 %НВ и 80 %НВ (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность суданской травы за первый год исследований

Предполивная влажность почвы, %НВ	Урожайность, ц/га	Количество поливов, <i>n</i>	Оросительная норма, м <sup>3</sup> /га
Контроль	412	–	–
70	463	2	540
80	526	4	720

Поливную норму рассчитывали по формуле

$$m = 10h\gamma_{об} (\beta_v - \beta_n), \quad (1)$$

где  $m$  – поливная норма, мм;

$h$  – глубина расчетного увлажняемого слоя, м;

$\gamma_{об}$  – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;

$\beta_v, \beta_n$  – соответственно влажность почвы при верхней и нижней границах оптимального увлажнения, % от массы сухой почвы.

Количество поливов за первый год для делянок 0,7НВ  $n = 2$ , для 0,8НВ  $n = 4$ , оросительная норма 540 и 720 м<sup>3</sup>/га соответственно.

Рассмотренные выше результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что суданская трава является высокопродуктивной однолетней культурой, возделываемой на зелёный корм. Способна переносить засуху, и достаточно отзывчива к увлажнению почвы, что позволяет формировать гарантированный урожай кормовой массы. В северо-восточной части Беларуси, в условиях искусственного увлажнения почвы суданская трава не изучена, что является основанием для дальнейшего изучения её водного режима.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Елсуков, М. П. Суданская трава / М. П. Елсуков, А. П. Мовсяняц. – М.: Сельхозгиз, 1951. – 148 с.
2. Анохина, Т. А. Возделывание суданской травы в Беларуси / Т. А. Анохина, Т. М. Кадыров, В. И. Ульянич // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов, 2-е изд., доп. и перераб. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С. 304–307.
3. Багров, М.Н. Сельскохозяйственные мелиорации: учеб. пособие / М. Н. Багров, И. П. Кружилин. – М.: Агропромиздат, 1985. – 271 с.
4. Корзун, О. С. Опыт возделывания суданской травы в Республике Беларусь / О. С. Корзун, С. В. Исаев // Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения: материалы конф. XII междунар. науч.-произв. конф. – Белгород: Изд-во Белгородской ГСХА, 2008. – С. 52.
5. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 11. Агрометеорологические наблюдения на станциях и постах. Ч. 1. Основные агрометеорологические наблюдения. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 309 с.

## ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ И ПОВЕРХНОСТНЫЙ СТОК В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ

**И. А. Левшунов**, ст. преподаватель

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

**Ключевые слова:** эрозия почвы, рельеф, атмосферные осадки, смыв почвы, поверхностный сток.

**Аннотация.** В статье показано, что не все атмосферные осадки вызывают поверхностный сток. Установлено, что при одних и тех же величинах атмосферных осадков поверхностный сток различный, это можно объяснить тем, что кроме выпавших осадков на поверхностный сток влияют и другие факторы, такие например как влажность почвы, интенсивность осадков

**Keywords:** Soil erosion, terrain, precipitation, soil washout, surface runoff.

**Summary.** The article shows that not all atmospheric precipitation causes surface runoff. It is established that at the same values of atmospheric precipitation, the surface runoff is different, this can be explained by the fact that in addition to precipitation, other factors affect the surface runoff, such as soil moisture, precipitation intensity.

В настоящее время в Беларуси эрозия является одним из наиболее распространенных видов деградации почв, наносящих большой экономический и экологический ущерб. Она относится к числу тех проблем, актуальность которых не только не уменьшается в ходе исторического развития, но и приобретает все большую остроту. За последние 50 лет интенсивность эрозионных процессов в мире по сравнению со средне исторической возросла в 30 раз. Под термином «эрозия почв» понимают разрушение текучей талой и дождевой водой и ветром почвенного покрова и подстилающих пород. Проблема эрозии почв актуальна для Беларуси, так как особенности рельефа, геоморфологии, характер почвообразующих пород и интенсивная антропогенная нагрузка на почвенный покров обусловили значительное ее развитие. Эродированные почвы на пашне занимают в республике около 7 % от общей площади. Кроме этого, примерно 40 % пахотных земель относятся к эрозионно опасным землям, которые при неправильном

использовании могут быть подвержены эрозии. При этом в ряде районов вполне отчетливо прослеживается тенденция расширения ареалов действия эрозионных процессов. Эрозия наносит существенный эколого-экономический ущерб. Проведенные исследования показывают, что на пахотных землях ежегодно с одного гектара водосборной площади с поверхностным стоком смывается или выносится ветром в среднем до 10–15 т твердой фазы почвы, 150–180 кг гумусовых веществ, безвозвратно теряется до 10 кг азота, 4–5 кг фосфора и калия, 5–6 кг кальция и магния. Потери гумуса и элементов питания, ухудшение агрофизических, биологических и агрохимических свойств отрицательно сказываются на производительной способности эродированных почв. Средние недоборы урожаев зерновых культур из-за ухудшения свойств почв, подверженных эрозии, составляют в зависимости от степени их эродированности 12–40 %; пропашных – 20–60; льна – 15–40; многолетних трав – 5–30 %. Экологический ущерб от эрозии выражается в том, что в условиях холмистого рельефа и близкого расположения пахотных земель к водоёмам и водотокам смываемый мелкозем и биогенные элементы приводят к заилению и загрязнению рек и водоемов нитратами, фосфатами, хлоридами, пестицидами. Ухудшается качество поверхностных вод и водных ресурсов в целом.

Из всех видов деградации земель наиболее выражена водная и ветровая эрозия. Процессы водной эрозии характерны для холмистого рельефа и тяжелых почв северо-восточной части Беларуси.

Площадь эродированных земель на территории Беларуси составляет около 3 % площади страны. Из всех земель сельскохозяйственного использования на долю земель, подверженных водной эрозии, приходится около 5 %.

По данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии» на долю Могилёвской области площади земель, подверженных водной эрозии составляют 21,3 %.

Водная эрозия почв наносит существенный экономический и экологический ущерб, ее последствия приводят к разрушению почвенного покрова и, как следствие, к ухудшению физических, агротехнических и биологических свойств почв.

Исследования показывают, что при современном характере использования эрозионно опасных земель со смываемой и выдуваемой почвой с одного гектара ежегодно выносится в среднем до 10–15 т твердой фазы почвы, 150–180 кг гумусовых веществ, 10 кг азота, 4–5 кг фосфора и калия, 5–6 кг кальция и магния, что отрицательно сказыва-

ется на плодородии почв. При этом потери урожая основных сельскохозяйственных культур на эродированных землях составляют в зависимости от степени эродированности для разных культур от 5–60 %.

Природными факторами, определяющими возможность возникновения эрозии на территории северо-восточной части Беларуси, являются климат, рельеф, гранулометрический состав почвообразующих пород, растительность, сельскохозяйственное использование земель.

При определенном сочетании режима осадков и рельефа возможно формирование поверхностного стока, который является основной причиной возникновения водной эрозии почв. Формирование поверхностного стока, на территории Беларуси, расположенной в зоне достаточного увлажнения, может идти на склоновых землях уже при слабых длительных дождях, и особенно сильно – при ливневых дождях.

В зависимости от основных факторов, обуславливающих развитие эрозионных процессов, на территории Беларуси, для Оршанско-Могилёвского плато характерны длинные склоны, дерново-подзолистые и пылевато-суглинистые почвы, развивающиеся на мощных лёссовидных суглинках и лёссах, малая водопроницаемость, сравнительно большое количество талых вод весной и интенсивных дождей летом.

Однако вышеперечисленные факторы являются только фоном или предпосылкой для возникновения эрозионных процессов. Основной и непосредственной причиной возникновения эрозионных процессов является производственная деятельность человека. Это в первую очередь обуславливается уничтожением естественной растительности и распашкой территории.

Таким образом, природные условия республики (относительно большое количество осадков, их интенсивность, неравномерное распределение по сезонам года, расчлененный рельеф), большая распашанность территории и не всегда обоснованное использование почв в сельском хозяйстве, а также их малая водопроницаемость и легкая размываемость способствуют проявлению эрозионных процессов, чаще всего возникающих при поверхностном стоке.

С целью дальнейшего изучения закономерностей и параметров поверхностного стока в условиях минеральных почв северо-восточной части Беларуси, на базе учебно-опытного оросительного комплекса «Гушково-1» Горецкого района было организовано проведение специальных полевых исследований, а именно устройство так называемых стоковых площадок.

Для экспериментального измерения поверхностного стока ( $C_{п}$ ) на указанном опытным участке были заложены шесть стоковых площадок, представляющих собой участки склона, изолированные от окружающей территории бортиками и оборудованные устройствами, в виде мерных баков, для измерения объёма поверхностного стока.

Исследование поверхностного стока проводилось на стоковых площадках занятых под культурами: свекла с уклоном 0,057 и 0,024, номера площадок 1; 2, сенокос (многолетние травы) с уклоном 0,075 и 0,042, номера площадок 3;4, пашни (пар) с уклоном 0,025 и 0,053, номера площадок соответственно 5; 6.

Также к характеристикам стоковых площадок относится гранулометрический состав почвы, который определялся в лабораторных условиях. Для этого были заложены два почвенных разреза. Разрез № 1 соответствует почвам площадок № 3; 4, и разрез № 2 – площадкам № 1; 2; 5; 6.

Определение морфологических признаков проводилось в полевых условиях. Далее после проведения лабораторных анализов с помощью [5, 6] уточнялся гранулометрический состав почв, и давалось полное уточненное название генетическим горизонтам почвенных разрезов. Положение уровня грунтовых вод более 5 метров.

Учитывая рекомендации, изложенные в [7], нами были приняты размеры стоковой площадки 5×10 м с расположением длинной стороны вдоль уклона поверхности.

За осадками велись наблюдения на метеоплощадке учебно-опытного комплекса «Тушково-1» при помощи дождемера и плювиографа. Значения месячных величин осадков приведены в табл. 1.

Таблица 1. Осадки по месяцам и процент от среднемноголетних значений

Периоды наблюдений	Месяцы										Сумма осадков, мм
	V		VI		VII		VIII		IX		
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%	
1-й год	99	180	139	181	63	72	87	107	6	10	394
2-й год	39	71	67	87	51	58	105	130	112	181	374
3-й год	78	142	84	109	169	192	30	37	25	40	386
Средне-многолетние	55		77		88		81		62		363

Наименьшее количество раз поверхностный сток наблюдался на площадках 3 и 4 занятых под многолетними травами. Так например, для площадок № 1 и № 6 с одинаковыми уклонами, но с вариантами свекла и пар суммарный поверхностный сток с площадки № 1 меньше чем с площадки № 6 на 67–79 %, аналогичную картину мы наблюдаем, анализируя данные для площадок № 2 и № 5 где суммарный поверхностный сток с площадки занятой под свеклу меньше на 37–44 %.

В табл. 2 представлены суммарные значения осадков ( $\sum P$ ) при выпадении которых наблюдался поверхностный сток, а также количество ( $n$ ) таковых наблюдений.

Таблица 2. Значения суммарного поверхностного стока ( $\sum C_n$ ) со стоковых площадок

№ площадки	1-й год			2-й год			3-й год		
	$\sum P$ , мм	$\sum C_n$ , мм	$n$	$\sum P$ , мм	$\sum C_n$ , мм	$n$	$\sum P$ , мм	$\sum C_n$ , мм	$n$
1	209,9	2,86	17	219,9	1,98	12	169,0	2,26	9
2	180,1	1,30	14	210,1	0,64	10	192,6	1,00	6
3	155,0	0,90	14	188,2	0,66	7	178,7	1,56	5
4	180,1	0,70	12	89,2	0,29	3	153,9	0,70	4
5	181,1	2,32	15	212,7	1,01	11	217,0	1,80	8
6	255,2	8,75	19	176,7	6,10	10	213,6	10,78	14

С увеличением уклона, с 0,025 до 0,053 суммарный поверхностный сток увеличивается на 73–83 % это характерно для участков занятых под пар, площадки № 5 и 6. На 55–68 % увеличивается суммарный поверхностный сток с увеличением уклона с 0,024 до 0,057, площадки № 1 и 2 занятые под свеклу. На площадках занятых под сенокос уклон увеличивается с 0,042 до 0,075 и суммарный поверхностный сток соответственно на 22–56 %.

Наиболее подходящая зависимость, описывающая связь поверхностного стока с суточными значениями осадков – линейная [8]:

$$C_n = a \cdot x, \quad (1)$$

где  $x$  – осадки, мм;

$a$  – коэффициент, значение которого представлено в табл. 3.

Таблица 3. Значения коэффициента  $a$  и коэффициента корреляции зависимости (1)

Коэффициенты	Номер площадки					
	1	2	3	4	5	6
$a$	0,0118	0,0047	0,006	0,0039	0,0087	0,0365
$R^2$	0,63	0,53	0,60	0,61	0,66	0,57

Из натурных наблюдений следует сделать вывод о том, что не все атмосферные осадки вызывают поверхностный сток. Необходимо отметить, что при одних и тех же величинах атмосферных осадков поверхностный сток различный, это можно объяснить тем, что кроме выпавших осадков на поверхностный сток влияют и другие факторы, такие например как влажность почвы, интенсивность осадков

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Желязко, В. И. Основы природообустройства / В. И. Желязко. – Горки: БГСХА, 2020. – 245 с.
2. Практика рекультивации загрязненных земель: учеб. пособие для студентов вузов / под ред. Ю. А. Мажайского. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГТУ, 2012. – 604 с.
3. Цыбулька, Н. Н. Эродированные почвы: распространение, свойства, плодородие / Н. Н. Цыбулька // Мелиорация. – Минск, 2006. – № 2 – С. 146–158.
4. Ильин, С. П. Формирование и охрана компонентов окружающей среды: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / С. П. Ильин, В. Н. Рыбкин, И. С. Сильченков. – М.: МГУП, 2007. – 143 с.
5. Почвы Белорусской ССР / под ред. Т. Н. Кулаковской, П. П. Рогового, Н. И. Смяна. – Минск: Ураджай, 1974. – 328 с.
6. Полевая и лабораторная практика по почвоведению: учеб. пособие / В. С. Аношко, Н. А., Гецевич, А. Ф. Черныш, Н. К. Чертко; под ред. В. С. Аношко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск: БГУ, 2003.
7. Методические указания управлениям гидрометслужбы № 84: производство комплексных воднобалансовых наблюдений на пунктах опорной сети / Гос. гидрологич. институт – Л.: Гидрометеониздат, 1973. – 160 с.
8. Левшунов, И. А. Зависимость поверхностного стока от основных почвенно-климатических факторов в условиях северо-восточной части Беларуси / И. А. Левшунов // Вестник БГСХА. – 2016. – № 3. – С. 123–125.

УДК 626.86:631.432

### **ОЦЕНКА РЕСУРСА МЕЛИОРАТИВНОЙ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ**

**А. П. Лихацевич**, гл. науч. сотрудник  
**Г. В. Лагушкина**, вед. науч. сотрудник  
РУП «Институт мелиорации»,  
г. Минск, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** осушительно-увлажнительная система, ресурс сооружения, закрытый дренаж, открытые каналы, гидротехнические сооружения, водоисточник, водный режим.

**Аннотация.** Для выбора обоснованной технологии поддержания благоприятного для сельскохозяйственных культур водного режима почвы на мелиоративных системах необходимо ежегодно проводить оценку технического состояния элементов системы. Такая оценка выполняется в соответствии с разработанным алгоритмом с использованием четырехуровневой шкалы. Путем сравнения установленных при обследовании показателей оцениваемой системы с табличными (нормированными) значениями, осуществляется качественная оценка технической возможности и выявленных ограничений у каждого элемента мелиоративной системы с позиции эффективности выполнения функций по регулированию водного режима.

**Keywords:** drainage-humidification system, structure resource, closed drainage, open channels, hydraulic structures, water source, water regime.

**Summary.** To select a justified technology for maintaining a soil water regime favorable for agricultural crops in reclamation systems, it is necessary to conduct an annual assessment of the technical condition of the system elements. This assessment is carried out in accordance with the developed algorithm using a four-level scale. By comparing the indicators of the assessed system established during the survey with tabular (normalized) values, a qualitative assessment of the technical feasibility and identified limitations of each element of the reclamation system is carried out from the standpoint of the effectiveness of performing the functions of regulating the water regime.

Мелиоративное состояние осушаемых земель определяется эффективностью действия и техническим состоянием всех элементов осушительно-увлажнительных систем (ОУС). В результате старения и ухудшения технического состояния открытой сети, закрытого дренажа и сооружений на мелиоративной сети снижаются возможности управления водным режимом на мелиорированных землях. Для выбора правильных решений по проведению текущих эксплуатационных мероприятий, направленных на создание благоприятного для возделываемых сельскохозяйственных культур водного режима почвы, требуется объективная оценка ресурса каждого элемента системы. В первую очередь это касается наиболее технически совершенных осушительно-увлажнительных систем.

Основными элементами мелиоративной системы, от которых зависит эффективность ее работы по обеспечению благоприятного водного режима почв, являются закрытая дренажная сеть, открытые каналы,

водоприемник, регулирующие гидротехнические сооружения, а для ОУС с гарантированной подачей воды, важным элементом является также водоисточник.

Управление водным режимом на ОУС с помощью предупредительного и увлажнительного шлюзования заключается в управлении уровнями грунтовых вод в течение вегетационного периода. Управление осуществляется при помощи водорегулирующих сооружений (шлюзы, трубы-регуляторы, колодцы-регуляторы), позволяющих удерживать на заданной отметке уровень воды в водотоках, воздействуя, тем самым на положение уровня грунтовых вод на подконтрольной территории.

Особое внимание при оценке мелиоративного состояния земель на объекте следует уделять водоприемнику и открытой сети. Признаками плохого состояния водоприемника, проводящей и регулирующей открытой сети являются: обрушение откосов, захламление русел, наличие запруд, наносов, зарастание русел кустарником и влаголюбивой растительностью, заиление, наличие оплывов и разрушений, подпор устьев закрытых коллекторов, застой воды по длине канала, вымочки на прилегающих территориях. Данные повреждения должны устраняться после выявления в аварийном порядке.

Водоприемник должен отвечать следующим требованиям: уровни воды не должны создавать подпоры и подтопления впадающим в водоприемник магистральным каналам и проводящей осушительной сети; должно быть обеспечено равномерное движение воды по всей длине водоприемника. При визуальном выявлении неудовлетворительного технического состояния водоприемника и магистральных каналов необходимо немедленно установить его причины с использованием, при необходимости, поперечной и продольной нивелировки русел водотоков. Полученные характерные отметки дна, откосов и бERM наносят на исполнительные профили водоприемника и каналов, что позволяет делать выводы и прогнозы о характере деформации русел. Все нарушения водопроводящей способности водоприемника и магистральных каналов должны устраняться в аварийном порядке.

Для оценки ресурсных возможностей других элементов мелиоративной системы по обеспечению заданного водного режима почв используются количественные показатели, которые сравниваются с нормативами, приведенными в таблице. На основе данных сравнения составляются планы проведения текущих ремонтов для рассматриваемой мелиоративной системы.

Оценка работоспособности гидротехнических сооружений мелиоративного назначения выполняется по данным визуальных и инструментальных обследований. Так при оценке степени исправности труб-регуляторов и шлюзов-регуляторов, регулирующих колодцев визуально проводится осмотр их конструктивных элементов с установлением размеров трещин, мест разрушения бетона с оценкой их влияния на работоспособность сооружения. Состояние регуляторов уровня в колодцах, подъемных устройств на трубах-регуляторах и шлюзах определяется опытной проверкой их работоспособности. Выявляется степень коррозии металла, состояние винтовой резьбы, погнутость штоков, сохранность сварочных и болтовых соединений. В резиновых уплотнениях проверяются сохранность их по длине, герметичность перекрытия, степень старения резины. После проведенного осмотра даются оценка дефектов сооружения и заключение с указанием возможности эксплуатации сооружения с обнаруженными разрушениями и повреждениями, или отмечается, что дефект приводит к заметному снижению эксплуатационных характеристик. Определяется целесообразность и очередность ремонта данного сооружения.

В качестве показателя *ресурса водорегулирующих гидротехнических сооружений*, участвующих в регулировании водного режима на конкретном мелиоративном объекте, принята доля суммарной площади мелиоративной системы, подконтрольная сооружениям, находящимся в исправном (нормативно-техническом) состоянии к общей площади ОУС, на которой запроектировано двустороннее регулирование водного режима

$$R_{в.с} = \frac{\sum_{i=1}^z F_{испр. i}}{F_{ОУС}} 100 \% , \quad (1)$$

где  $F_{испр. i}$  – суммарная площадь влияния исправных подпорных сооружений, га;

$z$  – количество участков регулирования с исправными подпорными сооружениями;

$F_{ОУС}$  – общая площадь мелиоративной системы, га.

Вопрос оценки технического состояния закрытой дренажной сети должен решаться путем организации мониторинга с обязательным наличием схемы объекта. Визуально выполняется оценка мелиоративного состояния дренированных участков: устанавливаются места и контуры вымочек и переувлажнений; оценивается мелиоративное со-

стояние (затопление) наддренных полос и окружающей территории, а также определяется их примерная суммарная площадь; фиксируется наличие или отсутствие дренажного стока и состояние устьевых сооружений. Признаками неисправного состояния дренажа является наличие провалов и воронок над дренами; наличие луж и вымочек на дренажных системах; недостижение необходимой нормы осушения на мелиорированной площади; затопление устьев дренажных коллекторов, разрушения смотровых колодцев (имеют просадки, заилены, не имеют крышек).

В качестве *ресурса дренажа* рассматривается площадь мелиоративной системы с благоприятным водным режимом почв для возделываемых сельскохозяйственных растений (относительно общей площади ОУС), обеспечиваемых эффективной работой дренажных систем:

$$R_{\text{др}} = \frac{\sum_{i=1}^N F_{\text{б.в.р. } i}}{F_{\text{др}}} 100 \% , \quad (2)$$

где  $F_{\text{б.в.р. } i}$  – площадь  $i$ -й дренажной мелиоративной системы с благоприятным водным режимом почв для возделываемых сельскохозяйственных растений, га;

$N$  – количество дренажных систем на ОУС;

$F_{\text{др}}$  – общая площадь мелиоративной системы с закрытым дренажем, га.

В Беларуси в качестве водоисточников для увлажнения осушаемых земель используются магистральные и транспортирующие осушительные каналы. Однако местного стока в каналах для увлажнения, как правило, недостаточно. Поэтому на системах двустороннего действия для увлажнения осушаемых земель кроме каналов предусмотрены дополнительные водоисточники, такие как озера, пруды и водохранилища, которые можно использовать для регулирования горизонтов воды в каналах.

Хозяйства, занимающиеся организацией двустороннего регулирования водного режима с использованием местных водных ресурсов, должны знать (изучить) режим водоисточника, которым они располагают. Данные сведения можно получить в органах территориального управления по гидрометеорологии и контролю природной среды, куда поступают данные по гидрологическому режиму водоисточника и его водному балансу от организации, эксплуатирующей пруды и малые водохранилища.

Эксплуатационный режим работы прудов и малых водохранилищ, предназначенных для сельскохозяйственного использования, следующий: весеннее заполнение до отметки нормального подпорного уровня (НПУ); уровень воды в водохранилище в условиях пропуска расчетного максимального паводка не должен превышать установленный проектом форсированный уровень; допустимое снижение уровня воды в маловодные годы до уровня мертвого объема (УМО) при использовании водоисточника на орошение и увлажнение земель.

По каждому водохранилищу, пруду должны быть установлены основные показатели: объем полный (млн. м<sup>3</sup>); объем полезный (млн. м<sup>3</sup>); отметка НПУ, отметка УМО.

В качестве показателя *ресурса водоисточника* ( $R_b$ ), как элемента мелиоративной системы, участвующего в регулировании водного режима, рассматривается степень наполнения водоисточника до НПУ в весенне-посевной период

$$R_b = \frac{\Delta - \text{УМО}}{\text{НПУ} - \text{УМО}} 100 \%, \quad (3)$$

где  $\Delta$  – отметка наполнения водоисточника в весенне-посевной период, м;

УМО – отметка (уровень) мертвого объема, м;

НПУ – отметка нормального подпорного уровня, м.

Недостаток воды в водоисточнике можно компенсировать изменением структуры посевных площадей и уменьшением площадей с подпочвенным увлажнением.

При достаточном для осуществления эксплуатационного управления водным режимом ресурсе следует его поддерживать и по возможности повышать. При среднем, низком и крайне низком уровне ресурса требуется выявить возможности повышения ресурса и разработать организационно-технические мероприятия по элементам системы для повышения их ресурса с позиции выполнения ими функции регулирования водного режима.

Выбор технологического уровня реализации управления водным режимом устанавливается с учетом лимитирующего показателя ресурса (по наиболее неблагоприятному на данном объекте сооружению с точки зрения управления уровнями воды в каналах и УГВ).

**Шкала оценки ресурса элементов мелиоративной системы, влияющих на регулирование водного режима осушаемых почв**

Элементы мелиоративной системы	Шкала оценки ресурса элементов мелиоративной системы				Способы оценки ресурса
	Высокий уровень	Средний уровень	Низкий уровень	Крайне низкий уровень	
Закрытый дренаж	Площадь системы без вымочек и переувлажнений составляет 90 и более процентов	Площадь системы без вымочек и переувлажнений составляет от 80 до 90 процентов	Площадь системы без вымочек и переувлажнений составляет 70–80 процентов	Площадь без вымочек и переувлажнений составляет менее 70 процентов	Экспертная оценка мелиоративного состояния
Водорегулирующие гидротехнические сооружения	Исправны все построенные на ОУС подпорные водорегулирующие сооружения, обеспечивающие заданный уровень режим в каналах	Исправные сооружения имеют зону влияния не менее чем на 70 % проектной площади увлажнения	Исправны не исправные сооружения имеют зону влияния не менее чем на 50 % проектной площади увлажнения	Исправные сооружения имеют зону влияния менее чем на 50 % проектной площади увлажнения	Визуальное и инструментальное обследование ГТС
Водоисточник (водохранилище, озеро, река, канал)	Водоисточник к началу посевного периода наполнен до отметки НПУ	Ресурс наполнения водоисточника к началу посевного периода превышает 90 %	Ресурс наполнения водоисточника к началу посевного периода составляет более 80 %	Ресурс наполнения водоисточника к началу посевного периода составляет менее 80 %	Инструментальное обследование

Инструментально поддерживаемая технология управления водным режимом, когда принятие решений по его регулированию базируется на данных контроля за уровнями воды в каналах и уровнями грунтовых вод на участках регулирования, контроле метеорологической обстановки, эффективна на осушительно-увлажнительных системах с достаточным ресурсом (высоким и средним) при высоких организационно-хозяйственных возможностях предприятий по эксплуатации пользователей мелиоративных систем и землепользователей. Для инструментальных измерений параметров водного режима объект регу-

лирования должен быть обустроен соответствующими сооружениями и снабжен реперной информацией [1].

Упрощенная технология управления водным режимом на ОУС со средним и низким уровнем ресурса предполагает управление водным режимом без инструментального контроля параметров водного режима. Для принятия решений об управленческих воздействиях необходимо минимальное количество оперативной информации. В этом случае не требуется проводить какие-либо измерения. Решение по сезонному управлению затворами подпорных сооружений с использованием качественных показателей («конец сева», «ожидаемое отсутствие осадков», «прогнозируемые обильные осадки», «подготовка к уборочным работам») принимается опытными специалистами на основании визуального контроля уровней воды в каналах (УВК) и анализа прогноза метеорологической обстановки.

Эксплуатация ОУС без применения увлажнительных мероприятий в течение вегетационного периода выбирается, когда мелиоративная система работает только в режиме осушения, и допускается при низких ресурсах ОУС.

#### **Заключение.**

Основными элементами мелиоративной системы, от которых зависит эффективность ее работы по обеспечению проектного водного режима почв, являются: закрытая дренажная сеть, открытые каналы, водоприемники, регулирующие гидротехнические сооружения, водисточник. Учитывать их функциональный ресурс необходимо при выборе технологии регулирования водного режима, исходя из текущего технического состояния

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации. Проектирование устройств для оперативного контроля водного режима на осушительно-увлажнительных системах. – Минск: РУП «Институт мелиорации». – 2008. – 9 с.

## ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ КУЛЬТУРЫ (НА ПРИМЕРЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ)

**А. П. Лихацевич**<sup>1</sup>, гл. науч. сотрудник  
**Г. В. Латушкина**<sup>1</sup>, вед. науч. сотрудник  
**А. В. Мальшко**<sup>2</sup>, зав. отделом  
**С. В. Набздоров**<sup>3</sup>, доцент

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

<sup>2</sup> РУП «Опытная станция по сахарной свекле»,  
г. Несвиж, Республика Беларусь

<sup>3</sup> УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** урожайность, питание растений, атмосферные осадки, причинно-следственные взаимодействия, опорные показатели математической модели урожайности.

**Аннотация.** Математическое моделирование зависимости урожайности сельскохозяйственной культуры (сахарной свеклы) от уровня питания и влагообеспеченности с использованием 12-летних результатов сортоиспытаний (ГСХУ «Несвижская СС») и 3-летних данных полевых исследований (Несвиж, Горки) с привлечением данных метеорологических станций, ближайших к участкам возделывания, показало, что 3-летних данных недостаточно для построения достоверной математической модели урожайности.

**Keywords:** productivity, plant nutrition, atmospheric precipitation, cause-and-effect interactions, reference indicators of the mathematical model of productivity.

**Summary.** Mathematical modeling of the dependence of the yield of an agricultural crop (sugar beet) on the level of nutrition and moisture supply using 12-year results of variety trials (State Agricultural Institution "Nesvizh SS") and 3-year data from field studies (Nesvizh, Gorki) using data from meteorological stations closest to the sites cultivation, showed that 3-year data is not enough to build a reliable mathematical model of yield.

**Введение.** Наиболее обоснованным при построении математической модели любого объекта исследований является использование физического закона (принципа), с применением которого можно наиболее точно охарактеризовать поведение данного объекта. Например, зависимость урожайности любой сельскохозяйственной культуры от урожаяформирующих факторов можно представить аналитически, выбрав в качестве методологической основы физический принцип баланса причинно-следственных взаимодействий (*causal interaction*) в замкнутой физической системе. При анализе влияния факторов среды на урожайность культур исходные положения, на которых базируется математическое моделирование урожайности, не связываются с особенностями культур и природных условий, поэтому варианты модели универсальны по применению и действительны для любой сельскохозяйственной культуры независимо от региона возделывания.

Ранее нами было установлено, что в условиях Беларуси урожаяформирующие факторы по результату своего воздействия на урожайность располагаются в следующей убывающей последовательности: суммарная доза содержащихся в почве и вносимых питательных веществ → сумма выпавших атмосферных осадков за активные фазы вегетации → температуры воздуха за тот же период. Расчеты показали, что уменьшение числа учитываемых в математической модели урожаяформирующих факторов с трех (пища, влага, тепло) до двух (пища, влага) снижает точность расчета урожайности незначительно [1]. В качестве показателя влагообеспеченности культуры при отсутствии ее орошения используются атмосферные осадки [2].

**Методика исследований.** Формальным выражением физического принципа баланса причинно-следственных взаимодействий в замкнутой физической системе является математическая модель урожайности, учитывающая влияние на растения двух урожаяформирующих факторов (питание, влагообеспеченность):

$$\frac{Y}{Y_{\max(\text{NPK}, S)}} = \left[ 1 - a_{\text{NPK}} \left( \frac{\text{NPK}_{\text{opt}} - \text{NPK}}{\text{NPK}_{\text{opt}} - \text{NPK}_{\text{min}}} \right)^2 \right] \left[ 1 - a_s \left( \frac{S_{\text{opt}} - S}{S_{\text{opt}} - S_{\text{min}}} \right)^2 \right], \quad (1)$$

где  $Y$  – расчетная урожайность сельскохозяйственной культуры;

$Y_{\max(\text{NPK}, S)}$  – максимум (потенциал) урожайности, полученный при оптимальных сочетании питания и влагообеспеченности растений (с учетом ее снижения при неоптимальности других, неучтенных в (1), урожаяформирующих факторов);

$a_{\text{NPK}}$  – константа, характеризующая степень влияния NPK на урожайность;

$\text{NPK}_{opt}$  – оптимальное количество питательных веществ (сумма действующего вещества азота, фосфора, калия), содержащихся в почве и вносимых, при которых достигается максимум урожайности;

$\text{NPK}_{min}$  – минимальный граничный показатель суммы NPK, при которой урожай не формируется;

$a_S$  – константа, характеризующая степень влияния на урожайность выпадающих за активные фазы вегетации атмосферных осадков;

$S_{opt}$  – оптимальное количество (сумма) атмосферных осадков, при которой достигается максимум урожайности;

$S_{min}$  – минимальный граничный показатель суммы атмосферных осадков, при которой урожай не формируется.

Можно последовательно добавлять в модель (1) другие урожаеформирующие факторы, не нарушая ее структуру, которая справедлива для любой сельскохозяйственной культуры.

Опорными (постоянными) показателями математической модели урожайности (1), численные значения которых устанавливаются в процессе анализа опытных данных, являются показатели  $Y_{\max(\text{NPK}, S)}$ ,  $a_{\text{NPK}}$ ,  $\text{NPK}_{opt}$ ,  $\text{NPK}_{min}$ ,  $a_S$ ,  $S_{opt}$ ,  $S_{min}$ . Переменными показателями математической модели урожайности (1), которые получены в поле на сортоиспытательных станциях (участках) или в стационарных опытах, являются показатели  $Y$ ,  $\text{NPK}$ ,  $S$ . Аналитическая работа с переменными показателями математической модели урожайности с целью установления численных значений опорных (постоянных) показателей выполняется методом подбора и требует детального знания предмета исследований (высокой квалификации исследователя) при анализе объективной информации, полученной в полевых условиях с точным соблюдением методик полевого опыта.

Метод подбора опорных показателей математической модели (1) ориентируется на минимизацию среднеквадратических (стандартных) отклонений урожаев, вычисленных по (1), от урожаев, измеренных в поле,

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\Delta Y_i)^2}{n-1}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$\Delta Y_i = Y_{\text{выч},i} - Y_i, \quad (3)$$

где  $\delta$  – среднее квадратическое отклонение урожаев, вычисленных по формуле (1), от урожаев, замеренных в поле за  $n$ -летие;

$\Delta Y_i$  – отклонение урожая, вычисленного по формуле (1) в условиях  $i$ -го года, от урожая, измеренного в поле в  $i$ -м году;

$Y_{\text{выч},i}$  – урожай, вычисленный по формуле (1) для условий  $i$ -го года;

$Y_i$  – фактический урожай, полученный в поле в условиях  $i$ -го года;

$i$  – порядковый номер года в многолетии;

$n$  – количество лет в ряду.

**Результаты и обсуждение.** Справедливость формулы (1) проверена и подтверждена по данным урожайности сахарной свеклы (гибрид NZ – тип), возделываемой в Беларуси на сортоиспытательных станциях (Кобрин, Молодечно, Несвиж), и участке (Щучин) [3], а также в стационарных полевых опытах (Несвиж, Горки). Анализ полученных результатов показал, что коэффициент, характеризующий влияние уровня питания растений на урожайность, для всех сортоиспытательных станций близок к единице ( $a_{\text{НПК}} \approx 1$ ). В то же время, выявлена зависимость показателя, характеризующего степень влияния на урожайность атмосферных осадков, от расстояния между опытным участком и метеостанцией (метеопунктом), где велись измерения данного показателя. Причем значения этого коэффициента различаются для разных периодов.

В таблице в качестве примера приведены соответствующие формуле (1) опорные показатели математической модели урожайности сахарной свеклы для ГСХУ «Несвижская СС» (продолжительность опыта 12 лет) и для опытных участков (ОУ «Несвиж», ОУ «Горки») – продолжительность опыта 3 года. Опорные показатели математической модели (1) (строки 5–11) выделены полужирным шрифтом. Закономерным является вопрос: можно ли построить математическую модель урожайности сельскохозяйственной культуры с достоверными опорными показателями по данным 3-летних исследований? Данный вопрос является ключевым, поскольку в подавляющем большинстве диссертационных исследований на соискание ученой степени кандидата наук используются результаты именно 3-летних опытов.

**Показатели математической модели урожайности сахарной свеклы (1)**

№ п/п	Наименование	Размерность	СС «Несвиж»	ОУ «Несвиж»		ОУ «Горки»
			N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> +NPK	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> +NPK	NPK	NPK
1	Годы наблюдений	годы	2011-2023	2021-2023		2017-2019
2	Пределы колебания $Y$	т/га	46,8-88,0	24,4-60,4		54,7-85,6
3	$Y$ среднемноголетняя	т/га	68,5	44,8		69,2
4	(N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> +NPK), NPK	кг д.в./га	5460-6305	2607-6270	0-540	310-560
5	$Y_{\max}(\text{NPK}, S)$	т/га	<b>95</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>89</b>
6	$a_{\text{NPK}}$	б/р	<b>1,0</b>	<b>0,76</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
7	NPK <sub>opt</sub>	кг д.в./га	<b>7000</b>	<b>9000</b>	<b>1000</b>	<b>700</b>
8	NPK <sub>min</sub>	кг д.в./га	<b>4700</b>	<b>0</b>	<b>-650</b>	<b>0</b>
9	$a_S$	б/р	<b>0,32</b>	<b>0,97</b>	<b>0,93</b>	<b>1,0</b>
10	$S_{\text{opt}}(V-IX)$	мм	<b>400</b>	<b>460</b>	<b>460</b>	<b>300</b>
11	$S_{\text{min}}(V-IX)$	мм	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>20</b>
12	Стандартн. отклон. ( $\delta$ )	т/га	3,15	3,59	3,64	3,19
13	Коэф-т детермин. ( $R^2$ )	б/р	0,94	0,93	0,92	0,90

Данные, приведенные в таблице, заставляют отвечать на поставленный вопрос отрицательно. Несмотря на достаточно высокие коэффициенты детерминации, подтверждающие наличие тесной связи между полученной урожайностью сахарной свеклы и основными урожаеформирующими факторами (обеспеченностью питательными веществами и влагой), отчетливо видны искажения в численных значениях опорных показателей математической модели урожайности, установленных методом подбора по (1–3). По трехлетним данным ОУ «Несвиж» имеем явно завышенные значения оптимального количества питательных веществ (суммы действующего вещества азота, фосфора, калия, содержащихся в почве и вносимых), при которых достигается максимум урожая. А по 3-летним данным ОУ «Горки» получили резко заниженное количество оптимальных атмосферных осадков (сумма за май-сентябрь), при которых достигается максимум урожайности.

**Заключение.** Опыт построения математической модели урожайности сахарной свеклы с использованием 12-летних результатов сортоиспытаний и данных полевых исследований показал, что трехлетние данные, полученные на опытных участках, недостаточно для определения достоверных численных значений опорных показателей математической модели урожайности (1). Несмотря на достаточно высокие коэффициенты детерминации, подтверждающие наличие тесной связи между полученной урожайностью сахарной свеклы, ее питанием и

влагообеспеченностью (таблица), отчетливо видны искажения в значениях опорных показателей, установленных по 3-летним данным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лихацевич, А. П. Математическая модель урожая сельскохозяйственных культур / А. П. Лихацевич // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2021. – Т. 59, № 3. – С. 304–318.
2. Выбор показателя водного режима в математической модели урожайности сахарной свеклы / А. П. Лихацевич [и др.] // Мелиорация. – 2022. – № 4 (102). – С. 45–54.
3. Лихацевич, А. П. Оценка комплексного влияния водно-пищевого режима на урожайность сахарной свеклы / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, А. В. Малышко // Мелиорация. – 2023. – № 3 (105). – С. 22–35.

УДК 631.671.1:635.342

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ ПРИ СПРИНКЛЕРНОМ ПОЛИВЕ НА ЮГЕ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Н. Д. Лихоманов**, аспирант  
ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ,  
г. Волгоград, Российская Федерация

*Научный руководитель – М. А. Лихоманова, канд. с.-х. наук, доцент*

**Ключевые слова:** орошение, водный режим почвы, капуста белокочанная, гумавит.

**Аннотация.** Получение потенциально возможной урожайности на уровне 80 т/га капусты и выше в условиях светло-каштановых почв Нижнего Поволжья возможно, на фоне спринклерного способа полива, водного режима почв 80 % НВ и внесения удобрений в сочетании с почвенным биологическим мелиорантом Гумавитом. Изучается положительное влияние Гумавита на биологическую активность почвы, биометрические показатели и формирование урожая капусты белокочанной, оценивается экономическая эффективность применения различных факторов воздействия.

**Keywords:** irrigation, soil water regime, cabbage, humavite.

**Annotation.** Obtaining a potential yield at the level of 80 t/ha of cabbage and above in the conditions of light chestnut soils of the Lower Volga region is possible against the background of a sprinkler irrigation method, a water regime of soils of 80% НВ and fertilization in combination with the

soil biological meliorant Humavit. The positive effect of Humavite on the biological activity of the soil, biometric indicators and the formation of the white cabbage crop is studied, the economic efficiency of the use of various impact factors is evaluated.

Основным объектом проводимых исследований является разработка водного режима почвы, позволяющего при внесении удобрений в сочетании с гумавитом определить потенциально возможную урожайность капусты на спринклерном способе орошения.

Разработкой режимов орошения и доз удобрений, выявлением особенностей водопотребления капусты белокочанной в Поволжье и других аридных регионах занимались М. С. Григоров, С. М. Григоров, Т. Г. Рябцева (2017), В. В. Бородычев, С. В. Умецкий (2003), М. В. Глистин (2006), В. В. Бородычев, Н. А. Щепотько (2017) [1, 2, 3]. Вместе с тем, анализ результатов исследований российских ученых показал, что для условий Нижнего Поволжья не изучался водный режим почвы при спринклерном поливе в сочетании с удобрениями и почвенным мелиорантом Гумавитом при возделывании капусты позднеспелого гибрида Атрия F1.

Для усиления биологической активности почв рядом ученых Л. А. Христовой, П. С. Александровым, Е. Т. Базиным, Н. Н. Бамбаловым, П. И. Белькевичем, и др., предлагается использование органических удобрений на основе торфа. Однако, имеющиеся экспериментальные данные о влиянии таких удобрений на овощные культуры недостаточно изучены.

При использовании гуминовых удобрений в сельском хозяйстве: «увеличивается урожайность зерновых, кормовых и овощных культур, в среднем, на 10...30 %, повышается всхожесть семян и их прорастание, улучшается обмен веществ у растений, повышается поглощение минеральных веществ, усиливается корнеобразование, снижается содержание нитратов, пестицидов, ионов тяжелых металлов и радионуклидов».

Программа исследований реализуется многофакторным опытом, который был заложен на территории научно-исследовательского полигона «Агробиотехнологии» на площади 0,1 га.

Многофакторным опытом предусматривается разработка благоприятного водного режима почвы (3 варианта) и доз внесения удобрений (4 варианта) под планируемый урожай в 80 т/га, с использованием жидкого гуминового удобрения на основе торфа при спринклерном способе полива.

Основным показателем, характеризующим водный режим почвы, было суммарное водопотребление. Его величина по вариантам опыта показана в табл. 1. Она формировалась из общего объема оросительной воды; воды, поступающей с осадками и почвенными влагозапасами.

Таблица 1. Суммарное водопотребление капусты белокочанной при спринклерном поливе

Вариант опыта	Оросительная норма (М), м <sup>3</sup> /га	Приход влаги от осадков (Р), м <sup>3</sup> /га	Почвенные влагозапасы (ΔW), м <sup>3</sup> /га	Суммарное водопотребление (Е), м <sup>3</sup> /га	Доля от Е, %		
					М	Р	ΔW
СО-РО1	3180	669	303	4152	76,59	16,11	7,30
СО-РО2	3770	669	241	4680	80,56	14,29	5,15
СО-РО3	3990	669	196	4855	82,18	13,78	4,04

Оросительные нормы в 2023 г. равные 3180...3990 м<sup>3</sup>/га составили 76,59...82,18 % от суммарного водопотребления.

Приход влаги от осадков (13,78...16,11 %) и почвенные влагозапасы (4,04...7,3 %) составляли незначительную долю в суммарном водопотреблении, также установлено, что их доля в суммарном водопотреблении снижалась с повышением предполивного порога влажности.

Исследование накопленных климатических данных установило четкую взаимосвязь между потребностью в поливе белокочанной капусты и климатическими условиями. При помощи водобалансового уравнения было получено суммарное водопотребление капусты белокочанной. Суммарное водопотребление в первом режиме орошения оказалось меньшим по сравнению со вторым, и соответственно с третьим изучаемым режимом, что подтверждает данные предыдущих исследований [4, 5].

Если в обеспечении белокочанной капусты появляются перерывы с обеспечением минеральным питанием и влагой, то задерживается рост кочана, а также корневой системы, что уменьшает урожайность растений. Агроклиматические условия местности, режим орошения, комплексное внесение удобрений, водный режим почвы, представляют основные факторы, характеризующие урожайность, рост и развитие белокочанной капусты.

При этом было установлено, что с повышением предполивного порога влажности на вариантах КО-РО1...КО-РО4 от 70-80-70 % НВ до 80-90-80 % НВ общий объем воды также, как объем оросительной воды за сезон 2023 г. возрастал от 3180 до 3990 м<sup>3</sup>/га, в то время как почвенные влагозапасы снижались от 196 до 303 м<sup>3</sup>/га.

Следует заметить, что поливы занимают значительную долю в суммарном водопотреблении белокочанной капусты, а почвенные вла­гозапасы играют малую роль в обеспечении растений водой, так как большая их часть представлена малоподвижными труднодоступными для растений формами.

При спринклерном орошении (СО) на агрономическом фоне без внесения удобрений (СО-ДУ1) при повышении предполивного порога влажности от 70-80-70 до 80-90-80 % НВ на варианте СО-РО3, по сравнению с СО-РО1, урожайность капусты белокочанной увеличилась на 3,2 т/га или на 9,5 %. Самая большой урожай был получен на варианте при поддержании уровня водообеспеченности на уровне 80 % НВ (СО-РО2) с внесением удобрений в сочетании с гумавитом, здесь прибавка урожая составила 2,94 т/га или 3,5 %, по сравнению в аналогичным вариантом с режимом орошения СО-РО1. Таким образом, исследования показали, что минимальная урожайность капусты белокочанной 30,05 т/га была получена при поддержании предполивного порога влажности 70-80-70 % НВ на варианте без удобрений. Максимальная урожайность 33,21 т/га достигнута на варианте без удобрений при поддержании режима орошения на уровне 80-90-80 %НВ. Аналогичные закономерности с увеличением урожайности при возрастании показателей уровня влагообеспеченности были получены на других уровнях минерального питания (табл. 2).

**Таблица 2. Урожайность белокочанной капусты при спринклерном способе орошения**

Режим орошения	Доза минерального удобрения, кг д.в./га	Планируемая урожайность, т/га	Урожайность, т/га
СО-РО1	ДУ-1	Контроль	30,05
	ДУ-2	80	79,81
	ДУ-3	–	39,84
	ДУ-4	80	80,68
СО-РО2	ДУ-1	Контроль	31,42
	ДУ-2	80	80,22
	ДУ-3	–	41,93
	ДУ-4	80	83,62
СО-РО3	ДУ-1	Контроль	33,21
	ДУ-2	80	80,95
	ДУ-3	–	43,58
	ДУ-4	80	81,95

В результате нашей работы в 2023 г. проведены все запланированные исследовательские работы в соответствии с методикой опытного

дела. Получен урожай капусты белокочанной позднеспелого гибрида Атрия F1 на запланированном уровне 80 т/га, выход товарной продукции с опытного участка составил 8,3 т.

Лучший результат получен на варианте при поддержании водного режима почвы на уровне 80 % НВ, с применением удобрений и гумавита, здесь была зафиксирована урожайность 83,6 т/га, себестоимость продукции 3,8 руб. за кг. Оросительная норма 3770 м<sup>3</sup>/га, которую выдали за 15 вегетационных полива, с дифференцированием предполивных порогов влажности по фазам вегетации. Суммарное водопотребление составило для режима 80 % НВ – 4680 м<sup>3</sup>/га.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бочарников, В. С. Экономия оросительной воды при производстве продукции овощеводства / В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков, О. В. Бочарникова // Перспективные направления исследований в изменяющихся климатических условиях: сборник докладов Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 140-летию А. Г. Дояренко. – Саратов: ГНУ НИИ сельского хозяйства Юго-Востока РАСХН, 2014. – С. 487–490.

2. Влияние внутрипочвенного орошения на выращивание кормовых культур в Волго-Ахтубинской пойме / М. С. Григоров [и др.] // Совершенствование научного обеспечения сельскохозяйственного производства Волгоградской области: Тез. докл. Област. науч.-практ. конф. 2–6 февр. 1998 г. – Волгоград, 1999. – С. 155–157.

3. Концептуальные подходы к созданию систем мониторинга и управления орошением / А. С. Овчинников [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 2 (54). – С. 26–39.

4. Лихоманова, М. А. Агроклиматические особенности выращивания овощных культур в условиях Волгоградской области / М. А. Лихоманова, О. А. Соловьева // Природообустройство и строительство: наука, образование, практика: материалы международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора, Заслуженного мелиоратора РФ И. С. Алексейко, Благовещенск, 8 ноября 2017 г. / отв. ред. М. В. Маканикова. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. – С. 82–89.

5. Лихоманова, М. А. Результаты исследований факторов, влияющих на формирование урожайности капустных растений / М. А. Лихоманова // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. – Волгоград, 2021. – С. 132–138.

## ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

**В. М. Лукашевич**, канд. с.-х. наук, доцент

**А. А. Константинов**, аспирант

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

**Ключевые слова:** северо-восточная зона, тепловлагообеспеченность, орошение, мелиорации.

**Аннотация.** Территория Могилевской области Республики Беларусь относится к зоне неустойчивой естественной тепловлагообеспеченности, что в свою очередь, обуславливает необходимость применения оросительных мелиораций.

**Key words:** northeastern zone, heat and moisture supply, irrigation, land reclamation.

**Summary.** The territory of the Mogilev region of the Republic of Belarus belongs to the zone of unstable natural heat and moisture supply, which in turn necessitates the use of irrigation reclamation.

Необходимость проведения оросительных мелиораций обуславливается объективными и субъективными факторами [1]. К первым из них относится в основном наличие естественных ресурсов тепла и влаги, необходимых для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных земель.

Могилевская область расположена на северо-востоке Республики Беларусь. Рельеф территории области преимущественно равнинный, постепенно понижающийся с севера на юг. Северо-восточную часть ее занимает Оршанско-Могилевское плато с абсолютными высотами 150–220 м, представляющее слабовсхолмленную равнину, расчлененную довольно глубокими долинами рек (до 30 м и более) и оврагами. Юго-запад области занимает Центрально-Березинская равнина, слабо-наклоненная на юг, с абсолютными отметками 150–180 м. Преобладание равнинного рельефа благоприятно для хозяйственного освоения территории. Южная часть области представляет плоскую равнину, значительная часть которой заболочена, что препятствует интенсив-

ному сельскохозяйственному использованию высокоплодородных торфяно-болотных почв.

Климат Могилевской области умеренно континентальный. Лето влажное и прохладное, зима сравнительно мягкая. Самый теплый месяц – июль (средняя месячная температура 17,5–18,5 °С, самый холодный – январь (6,5–8,0 °С мороза). Продолжительность теплого периода составляет 220 дней. Среднегодовая температура воздуха составляет 5,3 °С, а за период май–сентябрь она в среднем равна 15 °С. Средняя продолжительность безморозного периода (без заморозков) составляет 153 дня, а наименьшая – 116 дней [1].

Среднегодовое количество измеренных осадков составляет около 600 мм. Однако, принимая во внимание недостаточно точный учет приборами атмосферных осадков, величина фактических, т. е. исправленных осадков на территории области составляет в среднем 750 мм в год. В отдельные годы и тем более месяцы осадки могут значительно отклоняться от средних значений. О неравномерности выпадения осадков на территории области свидетельствует колебание обеспеченности сумм осадков за отдельные декады в годы различной увлажненности. Так, в средний год (50%-ная обеспеченность по осадкам за май–август) сумма осадков за отдельные декады может иметь 5- и 95%-ную обеспеченность. То же самое можно сказать и о влажном (5 %) и о среднезасушливом (75 %) годах. Во все месяцы вегетационного периода преобладающее количество осадков выпадает при суточной сумме менее 5 мм, при этом в середине вегетационного периода это количество уменьшается и возрастает процентное отношение обильных осадков, наиболее опасных в эрозионном отношении. В условиях области чаще всего выпадают осадки с интенсивностью 0,06–0,10 мм/мин. Для метеостанции Горки они составляют 30 %, а для метеостанции Бобруйск – 22 %. Менее часто выпадают дожди с интенсивностью 0,02 мм/мин. Проведенный анализ продолжительности осадков в зависимости от интенсивности по месяцам вегетационного периода показал, что с увеличением продолжительности интенсивность убывает. Прослеживается зависимость возрастания продолжительности осадков при одинаковой интенсивности в середине вегетационного периода [2, 3].

Значительный практический интерес для сельского хозяйства представляют бездождные периоды (вероятность, продолжительность). Зачастую период, когда суточные суммы осадков были менее 5 мм, рекомендуется считать бездождным. В табл. 1 дана вероятность про-

должительности бездождных периодов, подсчитанная при различных суточных суммах осадков за май – сентябрь. При этом учитывались также бездождные периоды, которые начинались или заканчивались в соседнем месяце [4].

Таблица 1. Вероятность продолжительности бездождных периодов по градациям за период май – сентябрь

Станция	Продолжительность периода по градациям, дн.						
	0–5	6–10	11–15	16–20	21–30	31–40	41
<b>При суточных сумма <math>\leq 0,1</math> мм</b>							
Горки	85	11	3	–	–	–	–
Бобруйск	86	12	3	1	–	–	–
<b>При суточных суммах <math>\leq 5</math> мм</b>							
Горки	51	21	10	8	8	2	1
Бобруйск	49	20	12	10	7	2	2

Приведенные материалы свидетельствуют, что вероятность бездождных периодов продолжительностью более 5 суток (при суточных суммах 0,1 мм) сравнительно невысокая. При суточных же суммах менее 5 мм вероятность бездождных периодов такой продолжительности (более 5 суток) составляет в среднем 50 %, а их количество – 8–9 периодов в год [5].

Заслуживает внимания также количество единичных засушливых периодов (ЕЗП). Под ЕЗП понимается период продолжительностью 10–15 суток без осадков или с осадками менее 5 мм в сутки. Считается, что при наличии такого периода необходим один полив. В связи с тем, что вредное воздействие засушливого периода возрастает значительно быстрее, чем его продолжительность, засушливый период в 16–22 дня принят за 2 ЕЗП, в 23–28 дней – за 3 и более 29 – за 4 единичных засушливых периода. Расчеты показывают, что ежегодно на территории области наблюдаются в течение мая–августа единичные засушливые периоды. В табл. 2 приводится повторяемость ЕЗП для двух метеостанций области [3].

Таблица 2. Повторяемость единичных засушливых периодов в годы различной обеспеченности

Станция	Процент обеспеченности по числу ЕЗП		
	5	25	50
Горки	9	7	5
Бобруйск	11	8	6

Показателем теплообеспеченности территории может служить температура воздуха. При этом в качестве абсолютного показателя зачастую используют сумму среднесуточных температур воздуха за различные периоды. Период с температурой воздуха выше 50 °С, определяющий начало и конец вегетационного периода роста и развития растений, трав и зерновых культур, длится 187 дней.

Начало его в среднем – 13 апреля. Сумма температур за этот период составляет 2570 °С. Период с температурой выше 10 °С, т. е. время активной вегетации большинства сельскохозяйственных культур, длится в среднем 144 дня (начало 30 апреля). Сумма температур за этот период – 2240 °С. А период с температурой выше 15 °С, определяющий возможность выращивания теплолюбивых культур, начинается 30 мая и длится около 89 дней. Сумма температур за этот период – 1530 °С. Суммы температур воздуха за различные периоды, а также коэффициенты вариации и асимметрии их приводятся в табл. 3 [3, 4].

Таблица 3. Нормы сумм среднесуточных температур воздуха, коэффициенты вариации ( $C_v$ ) и асимметрии ( $C_s$ )

Станция	Периоды				
	Апрель – октябрь			Май – октябрь	
	$\Sigma t, ^\circ\text{C}$	$C_v$	$C_s/C_v$	$\Sigma t, ^\circ\text{C}$	$C_v$
Горки	2640	0,056	2,0	23,91	0,092
Могилев	2640	0,052	2,0	2453	0,053
Бобруйск	2720	0,021	1,5	2661	0,059

Окончание табл. 3

Станция	Периоды			
	Май – сентябрь		Июнь – август	
	$\Sigma t, ^\circ\text{C}$	СУ	$\Sigma t, ^\circ\text{C}$	СУ
Горки	2230	0,040	1522	0,065
Могилев	2240	0,055	1516	0,059
Бобруйск	2360	0,060	1600	0,062

Анализ этой таблицы показывает, что по степени обеспеченности теплом территория области имеет существенные различия.

Относительная влажность воздуха за период май – сентябрь составляет в среднем 72 %. Сухих дней, когда относительная влажность воздуха не более 40 %, очень мало, причем основная часть из них приходится на май.

Преобладающими ветрами в теплый период года являются северо-западные ветры. Среднемесячная скорость ветра за период апрель –

сентябрь равна 3,3 м/с. Сильные ветры наблюдаются сравнительно редко и чаще всего в холодное время года.

Большую опасность для овощных культур представляют заморозки, когда на фоне положительных температур температура воздуха понижается до 0 °С и ниже. В среднем по территории области заморозки в воздухе прекращаются через 34 дня после того, как средняя суточная температура воздуха устойчиво переходит через 0 °С. Однако они возможны во все месяцы теплого периода и, особенно в мае – начале июня.

Приведенные выше показатели метеусловий свидетельствуют о том, что территорию Могилевской области следует отнести к зоне неустойчивой естественной тепловлагообеспеченности и здесь необходимо применять оросительные мелиорации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технологическая карта на полив сельскохозяйственных культур мобильными шланговыми дождевальными машинами / РУП «Институт мелиорации»; А. П. Лихачевич, Г. В. Латушкина, Н. М. Авраменко, В. И. Желязко, В. М. Лукашевич. – Минск, 2017. – 36 с.
2. Климат Беларуси / под ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Институт геологических наук Беларуси, 1996. – 234 с.
3. Латушкина Г. В. Эффективность орошения кормовых и овощных культур в условиях Беларуси / Г. В. Латушкина, В. И. Желязко, В. М. Лукашевич // Мелиорация. – 2021. – № 2 (96). – С. 37–41.
4. Лукашевич, В.М. Эрозионно-безопасные поливные нормы при прерывистом дождевании на дерново-подзолистых суглинистых почвах / В.М. Лукашевич // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: научные статьи Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 23–25 апреля 2014 г.: в 4-х частях / УО БГТУ; под ред. А. А. Волчека [и др.]. – Брест, 2014. – Ч. III. – С. 168–172.
5. Лукашевич, В. М. Технологические схемы полива мобильными барабанно-шланговыми дождевальными машинами и установками / В.М. Лукашевич // Напряги раціонального використання водних ресурсів: матеріалі Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, Херсон, 28 березня 2015 р. / Херсонський держ. аграр. ун-т. – Херсон: РВВ "Колос", 2015. – С. 50–55.

## ПОДГОТОВКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ КОМПЕТЕНТНОГО СПЕЦИАЛИСТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СФЕРЫ

**В. В. Масич**, д-р пед. наук, профессор  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** экологическое образование, профессиональная подготовка, компетентностный подход.

**Аннотация.** Компетентностный подход в подготовке специалистов аграрного сектора позволяет получить специалиста способного решать задачи в динамично изменяющихся условиях. Подготовка такого специалиста обеспечит успешное функционирование сельскохозяйственного сектора в современных условиях с всесторонним учетом экологической составляющей.

**Keywords:** environmental education, professional training, competence-based approach.

**Summary.** The competence-based approach in the training of specialists in the agricultural sector allows you to get a specialist who is able to solve problems in dynamically changing conditions. The training of such a specialist will ensure the successful functioning of the agricultural sector in modern conditions with full consideration of the environmental component.

Одна из задач аграрного образования – подготовка специалистов агропромышленного комплекса, которые способны работать в рыночных условиях хозяйствования. Специалистов, которые не только обеспечивали бы экономически эффективное производство в сельском хозяйстве, но и могли бы взаимодействовать с природной средой на принципах экологического сознания.

Экологическое образование можно считать направленным на интересы развития личности, если с его помощью удастся решить следующие задачи: гармонизировать отношения человека с природой; стимулировать интеллектуальное развитие человека и обогащение его мышления путем современных методов познания; социализировать человека через погружение его в существующую культурную, техногенную и информационную среду; создать условия для непрерывного самообразования и достижения нового уровня научной грамотности.

Компетентностный подход к экологическому образованию предопределяет целенаправленное приобретение молодежью знаний, умений и навыков, их трансформацию в компетенции, что способствует личностному культурному развитию, развитию технологий, способности быстро реагировать на запросы времени. Важно понимать каким именно компетенциям необходимо обучать и как, что должно быть результатом обучения [1].

Проблема экологизации обучения является неотъемлемой составляющей процесса реформирования системы образования в целом, насущную необходимость которого в полной мере испытывает все мировое сообщество. Особые требования предъявляются к действующей системе высшего образования, к профессиональной подготовке аграрных специалистов, к интеллектуальному и духовному развитию личности. Высшее образование направленное, в первую очередь, на воспроизведение лишь узкого специалиста, прагматика, а не духовно развитой, творчески мыслящей личности, а это приводит к обострению противостояния техники и природы, к разрушительным процессам в культуре. И поэтому надо сделать все возможное, чтобы в противовес парадигме «информированности» утвердилась парадигма интеллектуализации, интуиции культуры как среды свободы мысли. В этих условиях на первый план выдвигается воспитательная функция образования, призванная обеспечить инициацию творческого самовыявления, формирование духовного мира личности [2].

Сознательность экологически компетентного специалиста свидетельствует о его способности:

1. Принимать свои решения и стремиться к пониманию собственных чувств и требований согласно принципам гармоничного сосуществования с природной средой.
2. Блокировать неприятные чувства и личную неуверенность.
3. Знать, как достичь цели наиболее эффективным образом с наименьшими затратами и экологически вредной нагрузкой.
4. Правильно понимать желания, ожидания и требования других людей, учитывать их права на чистую природную окружающую среду.
5. Понимать, как с учетом отдельных обстоятельств и времени вести себя, принимая во внимание интересы других людей, собственные требования.
6. Осознавать, что экологическая компетентность не имеет ничего общего с агрессивностью и предполагает уважение прав и обязанностей других.

Современная профессиональная подготовка специалиста, в том числе и экологическая, не исчерпывается только знаниями о природе, ее законах, технике, но и предусматривает овладение способами деятельности, умениями их осуществлять. Этому способствует деятельностно-профессиональный компонент экологической культуры, проявляющийся в овладении экологическими умениями и навыками как способами экологической деятельности. Они формируются в процессе выполнения лабораторно-практических работ, семинарских занятий, проведения разнообразных опытов, а также в написании рефератов, курсовых и дипломных работ, прохождении практики. Поэтому общая цель экологической составляющей практической подготовки – формирование соответствующего экологического мышления, экологической культуры студента, ответственность его за собственные действия и в профессиональной деятельности, и в быту. Эта цель достигается в общем виде формированием соответствующего экологического мировоззрения, единой целостной картины мира.

Для успешного функционирования сельскохозяйственного сектора в современных условиях необходимо перенаправление учебных заведений соответствующего профиля на практическую ориентацию с всесторонним учетом экологической составляющей. Для этого нужны ряд организационно-педагогических условий: качественные изменения в образовании и обновление его содержания в сторону экологической направленности; изменения в управлении с учетом современных тенденций в развитии мировой рыночной экономики; распространение перспективных идей по подготовке конкурентоспособных кадров для сельскохозяйственной сферы; повышение профессионального уровня и улучшение методической работы педагогов в области экологической составляющей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вороткова, И. Ю. Компетентный подход в экологическом образовании / И. Ю. Вороткова // Культура, личность, общество в современном мире: методология, опыт эмпирического исследования: XIV Междунар. конф., 17–18 марта 2011 г. / Екатеринбург: УрГУ, 2011. – Ч. 1. – С. 750–755.

2. Гольшева, С. П. Развитие эгоцентрической компетентности будущих специалистов [Электронный ресурс] / С. П. Гольшева // Вестник Бурятского государственного университета, 2010. – С. 42–44. – Режим доступа: <https://sciup.org/vestnik-bsu/2010-15>.

## ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ БАШЕННОГО ВОДОСБРОСА С ПОПЛАВКОВЫМ ЗАТВОРОМ

**Л. И. Мельникова**, ст. преподаватель

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

**Ключевые слова:** водосброс, затвор, опыт.

**Аннотация.** В данном исследовании рассматривается пропускная способность башенного водосброса с поплавковым затвором. Работа посвящена анализу гидравлических характеристик данной конструкции и определению ее эффективности в регулировании уровня воды и обеспечении сброса избыточного объема воды в условиях повышенной нагрузки.

**Keywords:** overflow, gate, experience..

**Summary.** This study examines the flow capacity of a tower-type overflow with a float gate. The research focuses on analyzing the hydraulic characteristics of this structure and determining its effectiveness in regulating water levels and discharging excess water volume under increased load conditions.

**Введение.** Пропускную способность водосброса нельзя оценить без определения гидравлических характеристик и режима движения жидкости. Существование различных режимов движения и условий протекания воды в водоводах ставит задачу выбора таких параметров, при которых обеспечивались бы пропуск расчетных расходов и надежная работа сооружения.

Чтобы получить рациональную конструкцию сооружения и иметь благоприятный (устойчивый) режим ее работы, необходимо обеспечить равенство пропускной способности каждой ее составной части для гидравлического режима.

Например, при работе башенного водосброса в автоматическом режиме при колебании уровней в ВБ и НБ сложно обеспечить равенство:

$$Q_0 = Q_{\text{вх}} = Q_{\text{тр}} = Q_i = \text{const},$$

где  $Q_0$ ,  $Q_{\text{вх}}$ ,  $Q_{\text{тр}}$  – пропускная способность ствола башни, входного оголовка и водоотводящей трубы. Поэтому, исследование пропускной способности водосброса при

различных режимах движения требует специального изучения.

Принятое в результате расчета и проектирования сооружение должно быть рациональным по капитальным затратам; должно обеспечивать пропуск расчетных расходов и надежную работу сооружения; использоваться для природоохранных целей.

**Цель работы** – экспериментально и теоретически оценить пропускную способность башенного водосброса, уточнить принятые размеры элементов водосбросного сооружения.

**Материалы и методика исследований.** Экспериментальные исследования включали физическое моделирование водосбросного сооружения с поплавковым затвором с использованием закона гравитационного подобия (критерия Фруда). Масштабы гидравлической модели были приняты 1:10; 1:12,5; 1:15; 1:17,5 (табл. 1) исходя из размеров водосбросного сооружения, гидравлического лотка и соблюдения законов подобия.

Таблица 1. Геометрические размеры модели и натурные параметры водосброса

Размеры модели		Линейный масштаб модели $\lambda_m$	Натурные параметры сооружений		
диаметр трубы $d$ , см	высота шахты $H_{ш}$ , см		высота шахты $H_{ш}$ , м	диаметр трубы $d$ , м	глубина воды в верхнем бьефе $H_{вб}$ , м
8,0	37	10	4,0	0,8	5,0
	37	12,5	4,5	1,0	6,0
	37	15	5,5	1,2	7,0
	30	10	3,0	0,8	4,0
	30	12,5	4,0	1,0	5,0
	30	15	4,5	1,2	6,0
	23	10	2,5	0,8	3,0
	23	12,5	3,0	1,0	4,0
	23	15	3,5	1,2	5,0
	23	17,5	4,4	1,4	6,0
	14	17,5	2,4	1,4	4,0
19	17,5	3,4	1,4	5,0	

Для изучения гидравлического режима сооружения ствол башни был оборудован системой пьезометров, которые были выведены на пьезометрический щит (рис. 1). Измерение расхода осуществлялось водосливом Томпсона. Измерения уровней проводились при помощи шпигун-масштаба и мерной рейки.

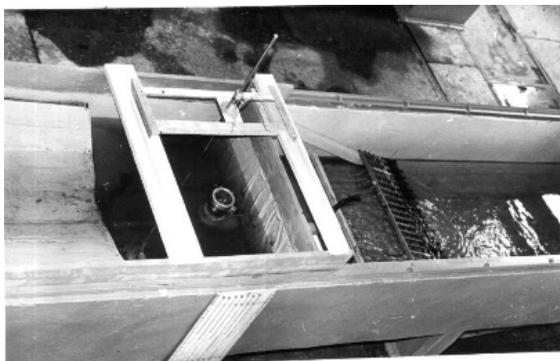


Рис. 1. Модель экспериментальной установки

**Результаты исследований.** Диапазон исследованных уровневых и расходных режимов. Исследования пропускной способности проведены для двенадцати типоразмеров однотрубчатых башенных водосбросов диаметром  $d = 0,8; 1,0; 1,2; 1,4$  м (табл. 1). Напоры на сооружении  $H_1 = 3 \dots 7$  м, при форсировке уровня в верхнем бьефе до 0,5 м. Расход воды от  $0,5 \text{ м}^3/\text{с}$  до  $8,5 \text{ м}^3/\text{с}$ . По расходным характеристикам водосброса построены графики пропускной способности  $Q = f(H_{\text{нб}}; h_{\text{нб}})$  и графики  $Q = f(a; h_{\text{нб}})$  для модели и в пересчете на натуру  $Q = f(H_{\text{ВВ}}; h_{\text{нб}})$  (рис. 3) и  $Q = f(a; h_{\text{нб}})$  (рис. 2).

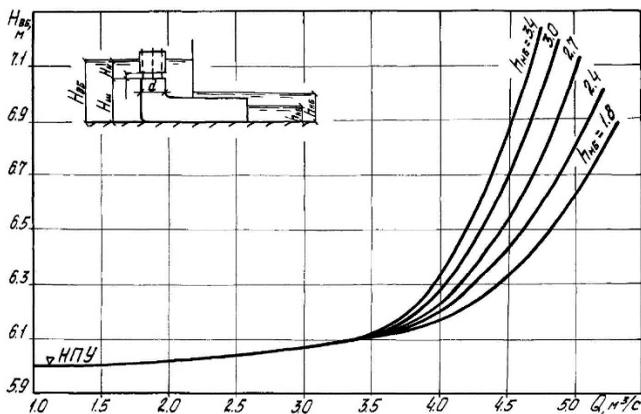


Рис. 2. Графики пропускной способности  $Q = f(H_{\text{ВВ}}; h_{\text{нб}})$  для  $d = 1,2$  м,  $H_{\text{ВВ}} = H_1 = 6,0$  м и высоты шахты  $H_{\text{ш}} = 4,5$  м

Башенный водосброс с диаметром трубы  $d = 1,2$  м.

При напоре  $H_1 = 6$  м водосброс работает в безнапорном режиме при форсировке до  $h_\phi = 0,1$  м с максимальным сбросным расходом до  $Q = 3,5$  м<sup>3</sup>/с. При форсировке  $h_\phi = 0,5$  м сооружение переходит из полунапорного в напорный режим работы с расходом от  $Q = 4,3$  м<sup>3</sup>/с при  $h_{нб} = 3,4$  м до  $Q = 5,2$  м<sup>3</sup>/с при  $h_{нб} = 1,8$  м.

При напоре  $H_1 = 7$  м диапазон безнапорного режима увеличивается. При этом наблюдается более плавный переход от безнапорного к напорному режиму. Переход от безнапорного к полунапорному происходит при форсировке  $h_\phi = 0,2$  м, при этом сбросной расход достигает  $Q = 4,5$  м<sup>3</sup>/с. При  $h_\phi = 0,5$  м расход увеличивается до  $Q = 5,5$  м<sup>3</sup>/с.

Графики представляют систему кривых, отражающих пропускную способность сооружения, гидравлический его режим работы и влияние нижнего бьефа на этот режим.

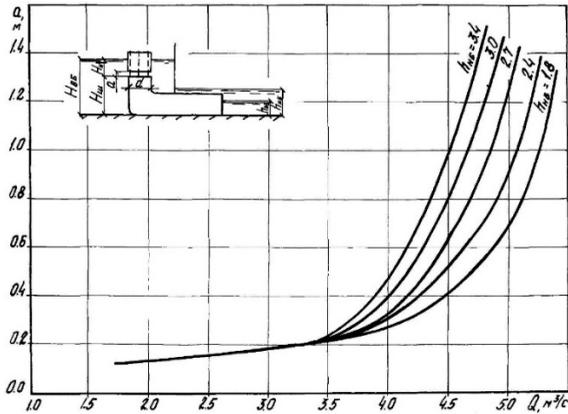


Рис. 3. Графики пропускной способности  $Q = f(a; h_{нб})$  для  $d = 1,2$  м  $H_{вб} = H_1 = 6,0$  м и высоты шахты  $H_{ш} = 4,5$  м

На приведенных графиках принятые обозначения показывают:  
 $H_{вб}$  – глубина воды в верхнем бьефе (напор на сооружении);  
 $H_n$  – глубина воды на пороге водослива;  
 $D(d)$  – расчетный диаметр башни;  
 $h_{нб}$  – глубина воды в нижнем бьефе;  
 $a$  – величина открытия глубинного отверстия (высота всплытия затвора).

**Заключение.** Выполненные гидравлические исследования пропускной способности позволяют выполнить теоретические расчеты по определению коэффициентов расхода башенных водосбросов исследованных моделей при безнапорном и частично-напорном режимах системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мельникова, Л. И. Башенные (шахтные) водосбросные сооружения для водохранилищных объектов // Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти Б. И. Яковлева / редкол.: В. И. Желязко (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – С. 160–164.

2. Мельникова, Л. И. Башенный водосброс автоматического действия с поплачковым затвором // Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти Б. И. Яковлева / редкол.: В. И. Желязко (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – С. 155–159.

УДК 626. 823(075.8)

### ГИДРАВЛИКА БАШЕННОГО ВОДОСБРОСА С ПОПЛАЧКОВЫМ ЗАТВОРОМ

**Л. И. Мельникова**, ст. преподаватель

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

**Ключевые слова:** водосброс, затвор, опыт.

**Аннотация.** В данном исследовании рассматривается гидравлика башенного водосброса с поплачковым затвором. Работа посвящена анализу гидравлических характеристик данной конструкции и определению ее эффективности в регулировании уровня воды и обеспечении сброса избыточного объема воды в условиях повышенной нагрузки.

**Keywords:** overflow, gate, experience.

**Summary.** This study examines the flow capacity of a tower-type overflow with a float gate. The research focuses on analyzing the hydraulic characteristics of this structure and determining its effectiveness in regulating water levels and discharging excess water volume under increased load conditions.

**Введение.** Наиболее интересным гидравлическим вопросом в плане использования предельных возможностей сооружения является вопрос

о режиме потока в закрытом водоводе [1, 2, 3]. Величина сбросного расхода определяет гидравлический режим водосбросного сооружения.

Поскольку башенный водосброс относится к трубчатым сооружениям, движение воды в нем может происходить в различных режимах. Трубчатые сооружения могут работать в безнапорном, частично-напорном (полунапорном) и напорном режиме. Истечение потока из водовода может происходить в атмосферу, если имеется свободный доступ воздуха под струю и под уровень воды в нижнем бьефе, при котором происходит затопление потока на выходе из трубы.

Башенный водосброс наиболее продолжительное время работает в частично-напорном режиме, поскольку максимальные сбросные расходы наблюдаются редко.

**Цель работы** – изучение гидравлических режимов сооружения и пропускной способности башенного водосброса.

**Материалы и методика исследований.** Экспериментальные исследования включали физическое моделирование водосбросного сооружения с поплавковым затвором (рис. 1). Комплексные гидравлические исследования проводились в лаборатории ГТС БГСХА.

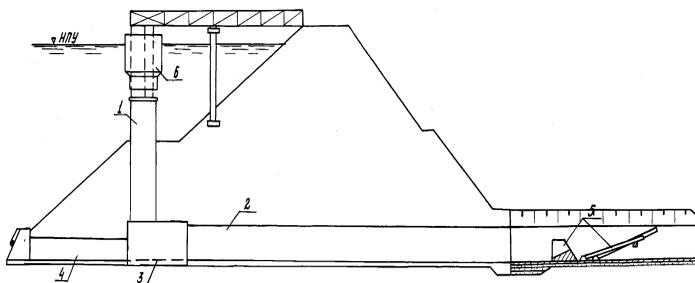


Рис. 1. Башенный водосброс с поплавковым затвором

Результаты исследований. Коэффициенты расхода системы. Пропускная способность определялась путем измерения сбросного расхода в зависимости от глубины воды в верхнем, нижнем бьефах и действующего напора на сооружении [1, 2].

При безнапорном режиме работы башни и отводящего водовода пропускная способность сооружения зависит от напора на гребне водослива и величины открытия глубинного отверстия. Для этих условий коэффициент расхода водосброса определяется:

$$\mu = \frac{Q}{\omega_{\text{отв}} \sqrt{2g \cdot H_d}}, \quad (1)$$

где  $\omega_{\text{отв}} = 2\pi R a$  – площадь радиального напорного водопропускного отверстия;

$H_d = H_n - a/2$  – напор на оси отверстия (действующий напор);

$Q$  – расход, пропускаемый при напоре  $H_n$ ;

$a$  – высота водосливного отверстия (поднятия) затвора;

$R$  – расчетный радиус водослива ( $R = 4,25$  см). При частично-напорном режиме системы на пропускную способность сооружения оказывает влияние глубина воды в нижнем бьефе и коэффициент расхода равен

$$\mu = \frac{Q}{\omega_{\text{тр}} \sqrt{2g \cdot Z_d}}, \quad (2)$$

где  $\omega_{\text{тр}}$  – площадь поперечного сечения трубы;

$Z_d = (H_{\text{ш}} + a/2) - h_{\text{нб}}$  – действующий напор.

В свою очередь, коэффициент расхода  $\mu$  есть произведение коэффициента сжатия  $\varepsilon$  и коэффициента скорости  $\varphi$

$$\mu = \varepsilon \cdot \varphi. \quad (3)$$

Если пренебречь коэффициентом сжатия в выходном сечении трубы, т. е. на выходе  $\varepsilon = 1$ . Следовательно, коэффициент расхода  $\mu$  численно равен коэффициенту скорости  $\varphi$ .

Коэффициент расхода системы можно определить по зависимости:

$$\mu_{\text{сист}} = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \xi_{\text{сист}}}} \quad \text{или} \quad \mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \Sigma \xi}} \quad (4)$$

где  $\alpha$  – коэффициент кинетической энергии, можно принять  $\alpha = 1$ ;

$\xi_{\text{сист}} = \Sigma \xi$  – коэффициент сопротивления системы.

При безнапорном режиме башни и отводящего водовода  $\mu_{\text{сист}} = \mu_6 = 0,75$ .

Обозначим коэффициент сопротивления системы через коэффициент сопротивления поплавкового затвора  $\xi_{\text{пз}}^6$ . Тогда  $\xi_{\text{сист}} = \xi_{\text{пз}}^6$ . Подсчитаем численное значение коэффициента сопротивления поплавкового затвора выразив его из формулы (4):

$$\xi_{\text{пз}}^6 = (1/\mu^2) - \alpha = (1/0,75^2) - 1 = 0,78.$$

Для частично-напорного режима работы системы коэффициент расхода можно определить с учетом, как местных потерь, так и потерь по длине потока в трубе

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{пов}} + \xi_{\text{дл}}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{\text{пз}}^{\text{н}} + \xi_{\text{пов}} + \lambda l / d}}, \quad (5)$$

где  $\xi_{\text{вх}} = \xi_{\text{пз}}^{\text{н}}$  – коэффициент сопротивления на входе в башню или коэффициент сопротивления поплавкового затвора;

$\xi_{\text{пов}}$  – коэффициент сопротивления на повороте;

$\xi_{\text{дл}} = \lambda l / d$  – коэффициент сопротивления по длине трубы;

$\lambda = 0,11(\Delta / d)^{0,25}$  – гидравлический коэффициент трения (коэффициент Дарси);

$l, d$  – длина и диаметр трубы.

Если  $\mu_{\text{сист}} = \mu_{\text{н}} = 0,63$  [1] и  $\Sigma \xi = 1,6$ , то коэффициент сопротивления поплавка при напорном режиме работы системы равен

$$\xi_{\text{пз}}^{\text{н}} = (1 / \mu^2) - \Sigma \xi = (1 / 0,63^2) - 1,6 = 0,92.$$

По результатам исследований построены графики коэффициентов расхода, то есть графики зависимости  $\mu_{\text{б}} = f(a / H_{\text{д}})$ ;

$\mu_{\text{н}} = f(a / H_{\text{д}})$  (рис. 2) для различной степени подтопления нижнего бьефа  $\delta / Z$ .

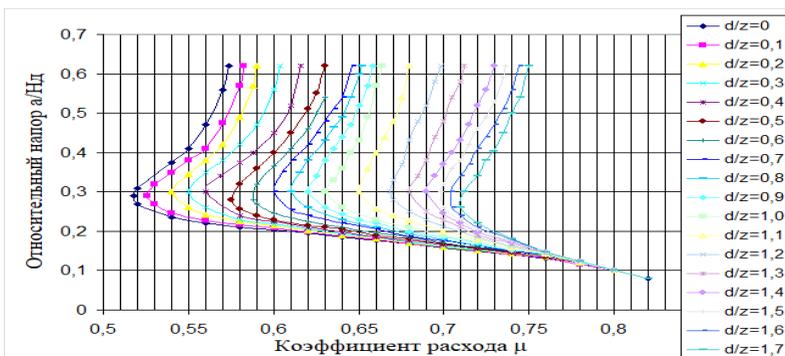


Рис. 2. Коэффициенты расхода водосброса  $\mu_{\text{н}} = f(a / H_{\text{д}})$

Коэффициенты расхода башенных водосбросов исследованных типоразмеров изменяются от  $\mu_{\text{б}} = 0,60$  до  $\mu_{\text{б}} = 0,82$  – при безнапорном режиме башни и отводящего водовода и от  $\mu_{\text{н}} = 0,51$  до  $\mu_{\text{н}} = 0,85$  при

полунапорном режиме системы. На коэффициент расхода водосброса влияют не только конструктивные параметры и размеры сооружения, но и величина вакуума на внутренних стенках водосброса [3].

Заключение. При анализе возможных режимов работы башенного водосброса видно, что одним из наиболее ответственных с точки зрения надежности конструкции является полунапорный или частично-напорный режим.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шилович, В. С. Башенные водосбросные сооружения для низконапорных гидроузлов // Научный поиск молодежи XXI века: сб. научных статей по материалам XXI Междунар. науч. конф. студентов и магистрантов / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия: под ред. В. И. Желязко. – Горки: РИЦ «Печатник», 2023. – С. 400–404.

2. Мельникова, Л. И. Башенный водосброс с поплачковым затвором для водохранимых объектов // Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель: материалы междунар. заочной науч.-практ. конф., посвящ. памяти М. Г. Голченко / Бел. гос. с.-х. акад.; редкол.: В. И. Желязко (гл. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 174–177.

3. Мельникова, Л. И. Башенный водосброс автоматического действия с поплачковым затвором // Актуальные науч.-техн. и экологические проблемы мелиорации земель: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти Б. И. Яковлева / редкол.: В. И. Желязко (гл. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 155–159.

УДК 631.47

## ОХРАНА ПОЧВ – ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОЧВЕННОГО МУЗЕЯ

**Р. И. Мирзаде**, канд. биол. наук

Министерство науки и образования Азербайджанской Республики

Институт почвоведения и агрохимии,

г. Баку, Республика Азербайджан

**Ключевые слова:** почва, охрана земель, музей, экспонаты, монолиты.

**Аннотация.** Почвенные ресурсы республики будучи национальным богатством требуют также к ним бережного отношения. Учёт, оценку, всемирное сохранение и улучшение почв необходимо рассматривать как обязательную часть зональных, региональных, локальных систем земледелия и планов использования природных ресурсов. Поэтому охрана почв, их улучшение и повышение их плодородия-

важнейшая задача почвенной и смежных с ней наук. Земледелие требует глубокой научной обоснованности, точности, тщательности в обращении с почвой. Особенно важно детализировать и учитывать природное районирование изучаемых территорий, хозяйств на основе почвенно-экологического подхода. Охрана почв в целом природе в соответствии с глобальной деятельностью человека должна рассматриваться в биосферно-биогеоценологическом т. е. экосистемном аспекте.

Исследование механизмов рационального использования природными ресурсами в том числе земельными угодьями требует необходимости разработки программ позволяющие эффективно использовать окружающую среду. Необходимо создавать информационные центры, парки, зоологические и ботанические сады, полевые станции и музеи. В этом отношении работа почвенного музея имеет неопределимую научно-практическую значимость.

**Key words:** soil, land conservation, museum, exhibits, monoliths.

**Annotation.** The soil resources of the republic, being a national wealth, also require careful treatment. Accounting, assessment, worldwide conservation and improvement of soils must be considered as an obligatory part of zonal, regional, local farming systems and plans for the use of natural resources. Therefore, protecting soils, improving them and increasing their fertility is the most important task of soil and related sciences. Agriculture requires deep scientific validity, accuracy, and thoroughness in handling the soil. It is especially important to detail and take into account the natural zoning of the study areas and farms based on the soil-ecological approach. The protection of soils in nature as a whole, in accordance with global human activity, should be considered in the biogeocenological - biogeocenological, i.e. ecosystem aspect.

The study of mechanisms for the rational use of natural resources, including land, requires the development of programs that allow the efficient use of the environment. It is necessary to create information centers, parks, zoological and botanical gardens, field stations and museums. In this regard, the work of the soil museum has invaluable scientific and practical significance.

**Введение.** В настоящее время почвенные ресурсы в глобальном понимании значительно ограничены как площади так и на качество. В результате направленной эксплуатации почв имеет место разрушение почв, утрата ими плодородия и обсуждение земель из активного

сельскохозяйственного использования. При неправильном росте народонаселения наблюдаются сокращение площади пашни на душу населения.

В конечном итоге всё это требует необходимость бережного и рационального использования почвенных ресурсов. Важнейшей проблемой рационального использования почвенных ресурсов является охрана почв. Глубокие знания в области охраны почвенного покрова – основа продуктивного земледелия.

Земель, таким образом, ценнейшие природное достояние нашей, территория становления истории и формирования культуры населения эту землю народов. Почвенный покров будучи предметом многосторонних интересов человека, объектом его труда вместе представляет собой важнейшую форму природных ресурсов и необъемный компоненты биосферы.

Однако, почвенные ресурсы Азербайджана не беспредельны- они ограничены, в зависимости, как от их эволюционного происхождения, так и от экогеографического пространства. Именно с этой точки зрения одной из важнейших проблем в настоящее время является эффективное использование земельного фонда и конечно, сохранения его как основной части функциональной модели экосистемы.

Почвенный покров играет важную роль накопителей разнообразных отходов хозяйственной жизнедеятельности человека. Сюда следует включить также и техногенные отходы. В целом накапливаясь в почве, они вызывает загрязнение и нарушение его основных экологических функций. Происходит постепенная деградация почв и его жилого населения.

**Объект и методика использования.** Поскольку данная статья посвящается глобальной по своей тематике вопросу охраны почв, мы попытались на примере почвенного музея охватить некоторые аспекты охраны почв Азербайджана. Поэтому, все наши обсуждения будут сосредоточены на основных типах почв республики.

Учитывая, что доминантные типы почв Азербайджана распределены и развиваются в характерных климатических условиях непосредственными объектами наших исследований были почвенные монолиты собранные в почвенном музее Института Почвоведения и Агрохимии. Методологической основой наших исследований были достижения в почвенных музеях России (1970) и Молдавии (1989). Используя положительные подходы в музейном деле мы комплексно подошли ко всем музейным экспонатам разместив поч-

венные монолиты и почвенные образцы в демонстрационном блоке музея, сопровождая их описанием важных почвенных характеристик [7–11].

В почвенном музее собраны также фундаментальные научные труды по систематике и классификации почв [1, 5] а также по общей экологии почв [2, 3, 4].

Раздел техногенно-загрязненных почв занимает особое место в почвенном музее. Представленные монолиты нефтезагрязненных серо-бурых почв Апшерона характеризуют изменения в морфогенетическом профилях этих почв [5].

Одновременно указывается и на то, что нефтезагрязнение кроме физико-химических показателей изменяет также биологическую характеристику серо-бурых почв [6].

В почвенном музее проводят встречи с посетителями, школьниками, студентами, аспирантами знакомя их с научными достижениями и наследием Азербайджанских ученых.

**Обсуждение результатов.** Почва, как важная, составная часть экосистемы регулируя биологический круговорот химических элементов всех уровней биосферы. Почвенный покров Азербайджана, это по сути дела музей под открытым небом. Характерные особенности географического распространения этих почв определяются своеобразием гидротермического режима, разнообразием группового и видового состава растительности и почвенной фауны.

Создание почвенного музея сводится не только для показа всего разнообразия и сложности почвенного покрова, но и определяется многоотраслевым характером сельского хозяйства республики. Поэтому собранный в почвенном музее экспонаты и демонстрационный материал представляет собой фундаментальный труд научно-исследовательских работ проводимых в Институте Почвоведения и Агрохимии. Можно таким образом, сказать что все музейные экспонаты являются наглядным научным, информационно-справочным комплексом с учётом современного состояния изученности почвенного покрова, как важнейшего компонента биосферы.

Весь музейный комплекс отражает закономерности географического распространения почв, генетического строения, физико-химических свойств, биологических и экологических показателей, современным состоянием, эволюцией и прогнозом их использования.

В музее каждый демонстрационный блок укомплектован монолитами почв взятых из различных эко-географических регионов сопровождае-

мыми с описанием морфологических профилей в сочетании с фрагментами и панорамными фотоизображениями природных и агроландшафтов, а также обзорными картами: почвенных зон и природных зон.

В настоящее время по отдельным типам почв республики накоплен огромный научно - экспериментальный материал, который охватывает важные проблемы по динамике почвенных процессов, состоянию плодородия, загрязнения, рекультивации, охраны почв, картографии. Подробно для каждого типа почв даётся химическая. Физико-химическая характеристика. А также морфологическая описание, биоморфогенетические диагностические показатели основных типов почв для каждой ландшафтной зоны.

Поэтому основной задачей почвенного музея является ознакомление широкой аудитории специалистов природными почвенными ресурсами и современным состоянием хозяйственного использования земель отдельных регионов республики. Профили почвенных монолитов типичных типов почв и подтипов представлены в виде цветных снимков до глубины 1,0 метров.

Собранный в музее экспонаты должны помочь широкой общественности понять основные экологические принципы, вытекающие из использования человеком природных ресурсов и взаимодействия между человеком и окружающей его физической и биологической средой.

Необходимо полнее использовать средства массовой информации, создавать региональные музейные центры где будут собраны не только экспонаты доминирующих типов почв, а также историко- этнографические и археологические материалы.

Следует разработать программу воспитания информации широкой общественности, включающие принципы и значение рационального использования окружающей среды.

Считаем целесообразным в качестве примера привести данные по площади некоторых почв имеющих важную охранную значимость.

Таблица 1. Площади почв мезофильных лесов

Почвы	Тыс/га	% от общей площади почв
Горнолесные бурые	589510	91,1
Горно-лесные дерново-карбонатные	57363	8,9

Сюда следует отнести и почвы зоны сухих ксерофильных лесов и кустарниковых степей.

Таблица 2. Площади почв сухих ксерофильных лесов

Почвы	Тыс/га	% от общей площади почв
Горные черноземы	221,2	0,3
Горно-коричневые выщелоченные типичные и карбонатные	815,4	1,09
Горно-коричневые остепененные	56129	75,34
Лугово-коричневые	17339	23,27

Если учесть, что зона сухих субтропических степей и полупустынь расположена на высотах от 200–400 м и характеризуется высокой освоенностью и заняты богарными и орошаемыми культурами, то естественно эти почвы также требуют их правильной эксплуатации в сельском хозяйстве и проведения комплексных охранных мероприятий. Аналогично такого научно- практического подхода требуют также в целом все орошаемые почвы республики.

**Выводы.** На основе собранного в почвенном музее демонстрационного материала в виде почвенных монолитов, почвенных образцов из различных эко-климатических зон Азербайджана теоретически обосновано приоритетное направление почвенного музея- охраны почв.

Почвенный музей в котором представлен демонстрационный материал по отдельным разделам почвоведения, агрохимии, а также антропогенно-изменённым почвам является необходимым является научно-информационным центром.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Морфогенетическая диагностика, номенклатура и систематика почв Азербайджана / М. П. Бабаев [и др.]. – Баку: Элм, 2011. – 448 с.
2. Волобуев, В. Р. Экология почв / В. Р. Волобуев. – Баку: изд. АНАз. ССР, 1963. – 260 с.
3. Мамедов, Г. Ш. Экология и окружающая среда / Г. Ш. Мамедов, М. Халилов. – Баку: Элм, 2004. – 414 с.
4. Мамедова, С. З. Экологическая оценка и мониторинг почв Ленкоранской области Азербайджана / С. З. Мамедова. – Баку: Элм, 2006. – 368 с.
5. Морфогенетические профили почв Азербайджана / М. Э. Салаев [и др.]. – Баку: Элм, 2004. – 205 с.
6. Биологическая характеристика техногенно-загрязнённых почв / П. А. Самедов [и др.]. – Баку: Элм, 2011. – 105 с.
7. Мирзазаде, Р. И. Почвенный музей Азербайджана / Р. И. Мирадзе // Сохраним почвы России: материалы Междунар. науч. конф. – Новосибирск, 2008. – С. 85–87.

8. Mirzazade, R. I. Value of the Red Book in protection of soils of Azerbaijan, 9<sup>th</sup> International Soil Science Congress on “The Soul of Soil and Civilization”, 2014, Side, Antalya / Turkey. – P. 831–833.

9. Mirzazade, R. I. Protection of soils as the important problem of protection of the soil genofund of Azerbaijan, International Soil Science Congress on “Soil Science in International Year of Soils 2015”, 19–23 October, 2015. Sochi – Russia, p. 288–290.

10. Mirzazade, R. I., Hasanova T. A. Modern methods for application of soil standards on the basis of museum monoliths, 1<sup>th</sup> International Conference on innovative studies of contemporary sciences, April 1–3, 2023. – Paris, P. 316–320.

11. Mirzazade R. I., Hasanova T. A. Innovation methods of soil classification and organization of soil museum in Azerbaijan, International European conference on interdisciplinary scientific research, 2024, Valencia, Spain.

УДК 631.37:633.63

## **ФАЗЫ РАЗВИТИЯ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ ПРИ ОРОШЕНИИ**

**С. В. Набзоров**, доцент

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

**Ключевые слова:** урожайность, сахарная свекла, фазы развития, поливная норма, орошение.

**Аннотация.** В статье представлен анализ результатов трехлетних данных полевого опыта по оценке урожайности при возделывании сахарной свеклы при орошении. Одной из задач исследований являлось изучение развития фенологических фаз сахарной свеклы на первом году жизни при орошении. В результате проведенных исследований предварительно было установлено, что при орошении сахарной свеклы максимальная урожайность наблюдалась на варианте с нижней границей регулирования влажности почвы 70 % НВ в слое 0–40 см. В то же время орошение способствовало к более быстрому наступлению фаз развития сахарной свеклы.

**Key words:** yield, sugar beet, development phases, watering rate, irrigation.

**Summary.** The article presents an analysis of the results of three years of field experience data on assessing yields in the cultivation of sugar beets under irrigation. One of the research objectives was to study the development of phenological phases of sugar beets in the first year of life under irrigation. As a result of the research, it was previously established that when irrigating sugar beets, the maximum yield was observed in the variant

with a lower limit of soil moisture regulation of 70% HB in a layer of 0–40 cm. At the same time, irrigation contributed to a more rapid onset of the development phases of sugar beets.

**Введение.** Все процессы, связанные с жизнедеятельностью растений могут протекать только при достаточном насыщении тканей водой. И пока этот недостаток воды не будет пополнен, все количество внесенных удобрений будет лежать в почве мертвым капиталом, поэтому удовлетворение потребности в воде – важнейшее условие нормального развития растительного организма [1].

Лучше всего сахарная свекла растет на дерново-подзолистых супесчаных и супесчаной подстилаемой моренной почвой. Оптимальная глубина пахотного слоя 20–25 см и плотность его 1,2–1,4 г/см<sup>3</sup> [1–3]. Для свеклы наиболее благоприятна нейтральная и слабощелочная реакция почвенного раствора (рН 6.5–7.5). На кислых почвах без предварительной их нейтрализации свекла дает невысокие урожаи.

Температурный режим влияет на рост и развитие сахарной свёклы. Сахарная свекла умеренно теплолюбива. Температура прорастания семян находится в пределах 1...8 °С, но при повышении температуры всходы ускоряются. При 3–4 °С всходы через 25–30 дней, при температуре 6–7 °С – на 10–15-й, при 10–11 °С – на 8–10-й и при 15–25 °С – через 3–4 дня [3].

Сахаристость свеклы сильно зависит от напряженности солнечной радиации во второй половине вегетационного периода. Наиболее интенсивно накопление сахара в корнеплодах происходит, когда ясная солнечная погода чередуется с облачной [4].

Сахарная свекла – растение относительно к влаголюбивым мезофильным растениям. Для получения корнеплода массой 500 г за время роста требуется 40–50 л воды, на формирование 20–30 т/га осадков должно быть не менее 300 мм в течение вегетационного периода. Потребность в воде у сахарной свеклы разная по периодам роста. В июле и августе необходимо много воды при недостатке воды в августе может вызвать сильное увядание листьев, что повлечет снижения урожая [3]. Нужно всегда заботиться о том, чтобы не только накапливать, но и продуктивно расходовать влагу [5].

Одной из задач исследований являлось изучение развития фенологических фаз сахарной свеклы на первом году жизни при орошении. Для исследования данной задачи был заложен и проводился полевой опыт на протяжении трех лет по следующей схеме:

Режимы орошения:

Вариант 1 – без орошения (контроль);

Вариант 2 – с нижним пределом регулирования почвенных влагозапасов 60 %НВ;

Вариант 3 – с нижним пределом регулирования почвенных влагозапасов 70 %НВ;

Вариант 4 – с нижним пределом регулирования почвенных влагозапасов 80 %НВ.

Опыт заложен с систематическим размещением вариантов со смещением по повторностям. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком с глубины около 1 м.

Потребность в воде у свекловичного растения не одинакова по периодам роста. Особенно много воды, и главным образом на испарение (для защиты от перегрева), требуется в период интенсивного роста растений (июнь – июль). Недостаток влаги в августе может вызвать сильное увядание листьев и снижение интенсивности фотосинтеза, а избыток влаги в сентябре способствует повышению оводненности тканей корнеплода и усилению роста новых листьев, что ведет к снижению сахаристости [1–3].

В годы исследования наиболее влажным был июль месяц и количество осадков составило в 2017 г. – 140,3 мм, 2018 г. – 138,6 мм и 2019 г. – 135,2 мм, но при более внимательном изучении оказалось, что в 2017 г. 85,1 мм осадков выпало за день, в 2018 г. 105,3 мм выпало за шесть дней, а в 2019 г. количество осадков 76,7 мм выпало за два дня. Более засушливый в 2017 г., 2019 г. был сентябрь, а в 2018 г. – август.

При достаточно благоприятной сумме атмосферных осадков в годы исследований в целом за вегетацию, в отдельные месяцы и особенно декады наблюдалось их значительный недобор до оптимальных значений, что негативно сказывалось на развитии растений и урожайности сахарной свеклы [6–9]. От количества влаги, температуры зависит развития сахарной свеклы. Вегетационный период в первый год жизни в зависимости от сорта технологических и природных условий длится 135–155 дней. В опытах использован гибрид сахарной свеклы – Белполь однострочковый.

В результате исследования развития фенологических фаз сахарной свеклы на первом году жизни были определены следующие фазы: всходы, вилочка, фаза первой, второй, третьей, четвертой и пятой пар

настоящих листьев, смыкание листьев в рядках, смыкание листьев в междурядьях, размыкание листьев в междурядьях и наступление технической спелости. Наблюдения проводились на вариантах.

За годы исследование в среднем было выполнено следующие количество поливов на варианте 2–1; на варианте 3–2; на варианте 4–3.

Вегетационный период в 2017 году длился 137 дней.

Посев сахарной свеклы был осуществлен 6 мая 2017 г.

Фаза всходов. Это прорастание семени начинается с набухания клубочков и заканчивается появлением всходов.

Начало фазы всходов отмечается в день появления 10–15 % растений это было отмечено 15 мая 2017 г. Полные всходы отмечались в день, когда взошло 75 % семян и отчетливо обозначились рядки 17 мая 2017 г.

Фаза вилочки связана с появлением на дневную поверхность проростков и развертыванием семядольных листьев (как вилка). Это фаза была отмечена, когда проявилось у 75 % растений почки на пятый день после всходов 22 мая 2017 г.

Фаза первой пары настоящих листьев наступила через 20 дней после посева. Появление первой пары настоящих листьев отмечается в день появления у 75 % растений почки, образующей вторую пару настоящих листьев. Фаза второй пары настоящих листьев обычно наступает через 5 дней после первой пары настоящих листьев. Фаза третьей пары настоящих листьев отмечалась на 9 день после первой пары настоящих листьев. В дальнейшем в среднем через каждые два три дня парами появляются четвертая и пятая пары настоящих листьев. Последующие листья образуются поодиночке.

При изучении фенологических фаз было замечено, что на всех вариантах период от всходов до начала смыкания листьев в рядках был одинаковым. Дальнейший анализ показал, что в первой и второй декадах июня во все года исследования были выполнены поливы на вариантах 3 и 4, что повлияло на сроки наступления последующих фаз развития сахарной свеклы.

Фаза смыкания листьев в рядках отметалась в тот день, когда крайние листья соседних растений в рядках начали соприкасаться. Дата наступления фазы – через 9 дней после третьей пары настоящих листьев наблюдалось на вариантах 3 и 4. На вариантах 1 и 2 эта фаза наступила через 16 дней.

Фаза смыкания листьев в междурядьях, когда листья растений соседних рядков соприкасаются, прикрывают междурядья и смыкаются в них. Эта фаза, когда у 75 % растений листья начинают соприкасаться

или накладываться друг на друга. Дата наступления фазы – через 10 дней после смыкания листьев в рядках на вариантах 3 и 4, а на вариантах 1 и 2 через 12 дней.

Фаза размыкания листьев в междурядьях (листья растений смежных рядков размыкаются, вновь обнажая рядки) связана с отмиранием и подсыханием старых листьев. Дальнейшее отмирание старых листьев приводит к обнажению междурядий. Эта фаза наступает обычно осенью, характеризуя приближение уборочной зрелости корнеплодов, и отмечается, когда листья растений соседних рядков перестают соприкасаться у 75 % растений. Дата наступления фазы – через 75 дней после смыкания листьев в междурядьях на вариантах 3 и 4, а на вариантах 1 и 2 через 79 дней.

Вегетационный период в 2018–2019 г. длился 138 дней. В эти годы, как и в 2017 г. наблюдалось, что на всех вариантах период от всходов до начала смыкания листьев в рядках был одинаковый. Период смыкания листьев в рядках до размыкания листьев в междурядьях на вариантах 1 (без орошения) и 2 (60 %НВ) фенологические фазы сахарной свеклы были одинаковые, но они отличались от вариантов 3 (70 %НВ) и 4 (80 %НВ). Отличие в запаздывании на 4–6 дней.

На протяжении последних лет заготовку сахарной свеклы начинали первого сентября. Правда, столь ранние сроки — вынужденная мера, ведь в сентябре продолжается накопление массы клубней и повышение сахаристости. Однако мощности четырех сахарных заводов не позволяют укладываться в оптимальные для переработки урожая 100 дней. Поэтому и приходится стимулировать раннюю уборку корнеплодов, чтобы избежать потерь при их хранении.

Полученные данные в период исследований показывают, что орошение способствовало к более быстрому наступлению фаз смыкания листьев в рядках и в междурядьях. И это так же способствовало к получению высоких урожаев на вариантах 70 %НВ и 80 %НВ.

В результате проведенных исследований предварительно было установлено, что при орошении сахарной свеклы максимальная урожайность наблюдалась на варианте с нижней границей регулирования влажности почвы 70 % НВ в слое 0–40 см. В то же время орошение способствовало к более быстрому наступлению фаз развития сахарной свеклы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вострухин, Н. П. Сахарная свекла / Н. П. Вострухин. – Минск: МФЦП, 2005. – 392 с.

2. Коломец, А. П. Агрофизические свойства, режимы и продуктивность сахарной свеклы / А. П. Коломец // Сахарная свекла. – Киев: Урожай, 1979.
3. Вострухин, Н. П. Сахарная свекла / Н. П. Вострухин. – Минск: МФЦП, 2011. – 384 с.
4. <http://biofile.ru/bio/37475.html>
5. Зеленский, В. А. Обработка почвы и плодородие / В. А. Зеленский, Я. У. Яроцкий. – Минск, 2004. – 10 с.
6. Набздорov, С. В. Влияние удобрений и орошения на динамику роста и урожайность сахарной свеклы / С. В. Набздорov // Мелиорация. – Минск, 2020. – № 2(92). – С. 48–57.
7. Набздорov, С. В. Опыт возделывания сахарной свеклы при орошении в условиях Республики Беларусь / С. В. Набздорov // Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Рязань: изд-во Рязанского агротехнологического института, 2019. – С. 550–556.
8. Набздорov, С. В. Влияние орошения на рост, развитие и урожайность сахарной свеклы / С. В. Набздорov // Мелиорация. – 2019. – № 4 (90). – С. 66–73.
9. Набздорov, С. В. Динамика роста и урожай сахарной свеклы, возделываемой при разных режимах влагообеспеченности на суглинистых почвах в условиях востока Беларуси / С. В. Набздорov // Вестн. БГСХА. – 2020. – № 1. – С. 140–144.

УДК 53:378

## **АКТИВИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ**

**М. И. Папсуева, ассистент**

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

**Ключевые слова:** активизация познавательной деятельности, обучение, обучение.

**Аннотация.** Процесс реформирования современного общества создал потребность в новом типе специалиста как творческой, саморазвивающейся, постоянно совершенствующейся личности, готовой и способной к обновлению всех сфер общественного бытия. Достижение этого требует, чтобы система образования стала социальным институтом, который в течение всей жизни человека предоставлять ему самые разнообразные наборы образовательных услуг, позволяющих учиться непрерывно, обеспечивать возможность получения базового, профессионального и дополнительного образования. Это предполагает реализацию новых подходов в образовании, ориентированных на развитие субъектности обучающихся, на активизацию их сознательной и самоуправляемой познавательной деятельности.

**Key words:** activation of cognitive activity, education, training

**Summary.** The process of reforming modern society has created the need for a new type of specialist as a creative, self-developing, constantly improving personality, ready and capable of updating all spheres of social existence. Achieving this requires that the education system become a social institution that, throughout a person's life, provides him with a wide variety of educational services that allow him to study continuously, provide the opportunity to receive basic, vocational and additional education. This implies the implementation of new approaches in education focused on the development of students' subjectivity, on the activation of their conscious and self-directed cognitive activity.

Преобразования, происходящие в обществе, требуют существенных перемен в системе профессионального образования, подготовке подрастающего поколения к жизни в новых социальных условиях, формах хозяйствования. Сегодня нужны люди, умеющие творчески мыслить, способные принимать нестандартные решения. В настоящее время в связи с происходящими изменениями в стране, переоценкой ценностей у многих молодых людей отмечается снижение интереса к учебе.

В связи с этим перед педагогами организаций профессионального образования ставятся задачи поиска новых форм обучения, способствующих развитию интереса к обучению и получаемой профессии, помогающим слабым учиться, обрести уверенность в себе.

Одним из средств активизации познавательной деятельности студентов является проведение нестандартных занятий.

Главная цель активизации – формирование активности студентов, повышение качества учебно-воспитательного процесса.

Выделяются уровни познавательной активности:

Уровень I. Воспроизводящая активность. Характеризуется стремлением студентов понять, запомнить и воспроизвести знания, овладеть способом его применения по образцу. Этот уровень отличается отсутствием у студентов интереса к углублению знаний.

Уровень II. Интерпретирующая активность. Характеризуется стремлением студентов к выявлению смысла изучаемого содержания, стремлением познать связи между явлениями и процессами, овладеть способами применения знаний в изменённых условиях.

Уровень III. Творческий. Характеризуется интересом и стремлением не только проникнуть глубоко в сущность явлений и их взаимосвязей, но и найти для этой цели новый способ.

При выборе тех или иных методов обучения необходимо прежде всего стремиться к продуктивному результату. При этом от обучаемого требуется не только понять, запомнить и воспроизвести полученные знания, но и уметь ими оперировать, применять их в практической деятельности, развивать, ведь степень продуктивности обучения во многом зависит от уровня активности учебно-познавательной деятельности обучаемого.

### **Принципы активизации познавательной деятельности.**

**Принцип проблемности.** Путем последовательно усложняющихся задач или вопросов создать в мышлении обучаемого такую проблемную ситуацию, для выхода из которой ему не хватает имеющихся знаний, и он вынужден сам активно формировать новые знания с помощью преподавателя и с участием других слушателей, основываясь на своем или чужом опыте, логике.

Особенности применения данного принципа в процессе преподавания производственных дисциплин требуют и специфических форм проведения занятий, педагогических приемов и методов. И самое главное, что содержание проблемного материала должно подбираться с учетом интересов обучаемых.

**Принцип обеспечения максимально возможной адекватности учебно-познавательной деятельности характеру практических задач.** Суть данного принципа заключается в том, чтобы организация учебно-познавательной деятельности обучаемых по своему характеру максимально приближалась к реальной деятельности. Это и должно обеспечить в сочетании с принципом проблемного обучения переход от теоретического осмысления новых знаний к их практическому осмыслению.

**Принцип взаимообучения.** Следует иметь в виду, что обучаемые в процессе обучения могут обучать друг друга, обмениваясь знаниями. Для успешного самообразования необходимы не только теоретическая база, но и умение анализировать и обобщать изучаемые явления, факты, информацию; умение творчески подходить к использованию этих знаний; способность делать выводы из своих и чужих ошибок; уметь актуализировать и развивать свои знания и умения.

**Принцип исследования изучаемых проблем.** Очень важно, чтобы учебно-познавательная деятельность студентов носила творческий, поисковый характер и по возможности включала в себя элементы анализа и обобщения. Процесс изучения того или иного явления или проблемы должны по всем признакам носить исследовательский характер.

Принцип индивидуализации. Для любого учебного процесса важным является принцип индивидуализации – это организация учебно-познавательной деятельности с учетом индивидуальных особенностей и возможностей обучаемого. Для обучения этот принцип имеет исключительное значение, так как существует очень много психофизических особенностей: состав аудитории (комплектование групп), адаптация к учебному процессу, способность к восприятию нового и т. п.

Все это требует применять такие формы и методы обучения, которые по возможности учитывали бы индивидуальные особенности каждого студента, т. е. реализовать принцип индивидуализации учебного процесса.

Принцип самообучения. Данный принцип позволяет индивидуализировать учебно-познавательную деятельность каждого студента на основе их личного активного стремления к пополнению и совершенствованию собственных знаний и умений, изучая самостоятельно дополнительную литературу, получая консультации.

Принцип мотивации. Активность как самостоятельной, так и коллективной деятельности студентов возможна лишь при наличии стимулов. Поэтому в числе принципов активизации особое место отводится мотивации учебно-познавательной деятельности. Главным в начале активной деятельности должна быть не вынужденность, а желание обучаемого решить проблему, познать что-либо, доказать, оспорить.

Принципы активизации учебно-познавательной деятельности обучаемых, также как и выбор методов обучения, должны определяться с учетом особенностей учебного процесса. Помимо принципов и методов, существуют также и факторы, которые побуждают студентов к активности, их можно назвать еще и как мотивы или стимулы преподавателя, чтобы активизировать деятельность студентов.

В процессе приобретения студентами знаний, умений и навыков важное место занимает их познавательная активность, умение преподавателя активно руководить ею. Со стороны преподавателя учебный процесс может быть управляемым пассивно и активно. Пассивно управляемым процессом считается такой его способ организации, где основное внимание уделяется формам передачи новой информации, а процесс приобретения знаний для студентов остается стихийным. В этом случае на первое место выступает репродуктивный путь приобретения знаний. Активно управляемый процесс направлен на обеспечение глубоких и прочных знаний всех студен-

тов, на усиление обратной связи. Здесь предполагается учет индивидуальных особенностей студентов, моделирование учебного процесса, его прогнозирование, четкое планирование, активное управление обучением и развитием каждого студента.

Важнейшим методом исследования познавательного интереса студентов является наблюдение, смыкающиеся с педагогическим экспериментом в тех случаях, когда точно вычислена задача, когда наблюдение нацелено на выявление и запечатления всех условий, приемов, факторов, процессов, связанных именно с этой поставленной задачей. Наблюдение за протекающим процессом деятельности студента либо на занятии, в естественных, либо в экспериментальных условиях дает убедительный материал о становлении и характерных особенностях познавательного интереса.

Для наблюдения необходимо иметь ввиду те показатели, по которым можно определить проявление познавательного интереса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяченко, В. К. Организационная структура учебного процесса и её развитие / В. К. Дьяченко. – М.: Педагогика, 1989. – 159 с.
2. Дьяченко, М. И. Педагогические проблемы готовности к деятельности / М. И. Дьяченко, Л. А. Кандыбович. – Минск: Изд-во БГУ, 1976. – 175 с.
3. Ермошкина, Г. Ф. Об использовании метода портфолио в вузе / Г. Ф. Ермошкина // География и экология в школе 21 века. – 2005. – № 7. – С. 68–71.

УДК 001.895:378

## **ИННОВАЦИИ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ В ВУЗЕ КАК УСЛОВИЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ**

**М. П. Подобед**, ст. преподаватель

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

**Ключевые слова:** профессиональная подготовка, интерактивные методы обучения, педагогическая технология, персонализированная образовательная среда.

**Аннотация.** Данная статья посвящена рассмотрению возможностей применения инновационных методов преподавания физики в вузе как условия повышения качества образования. В статье рассмотрены различные ресурсы, которые помогают создать более эффективную, рабочую и персонализированную образовательную среду.

**Key words:** professional training, interactive teaching methods, pedagogical technology, personalized learning environment.

**Summary.** This article is devoted to the consideration of the possibilities of using innovative methods of teaching physics at a university as a condition for improving the quality of education. The article discusses various resources that help to create a more efficient, working and personalized educational environment.

Главная задача вуза, на данном этапе – обеспечение студентов, будущих молодых специалистов всеми необходимыми условиями для дальнейшей социальной адаптации. Актуально использование интерактивных методов обучения, что позволяет пробудить интерес к учебным дисциплинам. Технология интерактивного обучения дает возможность преподавателю объединить работу студентов на занятиях, а также связать учебную деятельность и общение между ними.

Поставленные перед вузом задачи нелегко решить, применяя средства и методы иллюстративно-объяснительного обучения, так как преподаватель слишком активен (объясняет, помогает, уточняет), а студенты – слушатели слишком пассивны на занятиях. Поэтому актуально применение интерактивных методов обучения. Основой технологии интерактивного обучения является интеракция (взаимодействие, воздействие друг на друга). Интерактивные технологии обучения отличает инициативность студентов в учебном процессе, которую постепенно улучшает преподаватель тем, что не дает знания в готовом виде, а подводит студентов к их самостоятельному поиску. В интерактивном обучении активность студентов доминирует над активностью преподавателя, а задачей преподавателя становится создание таких условий, в которых студентам захотелось бы проявлять активность. Преподаватель выполняет функцию помощника и является одним из источников информации. Возникает эффект вынужденной интеллектуальной активности, так как этот вид учебного процесса активизирует мышление молодых людей независимо от их желания. В подобных условиях студенты учатся доказывать правильность своего мнения, критически мыслить, решать самостоятельно задачи на основе анализа информации из разных источников, вместе решать проблемы.

Так как учебный предмет «Физика» относят к категории сложных в вузе, то перед преподавателем стоит задача «разбудить» интерес, не отпугнуть сложностью. Для того чтобы обучение не превратилось в скучные, однообразные занятия, необходимо на каждом занятии вызывать у студентов чувство новизны познаваемого. Таким образом, сего-

дня занятия по физике в вузе направлено на решение ряда образовательных задач: усвоение обучающимися физической теории; применение знаний для анализа наблюдаемых явлений; развитие у обучающихся внимания, образного и аналитического мышления; развитие творческих способностей, умения делать правильные выводы, воспринимать и преобразовывать информацию.

Современные занятия по физике необходимо проводить с использованием следующих ресурсов: интерактивные технологии: применение компьютерных программ, виртуальных лабораторий для проведения экспериментов и наглядной демонстрации физических законов; применение геймификации: использование игровых элементов и техник для развития интереса к предмету. Оказалось когда концепции внедряются в неигровой контекст, это повышает продуктивность людей и их вовлеченность в рабочий процесс; использование экспериментальных методов: проведение различных физических экспериментов в аудитории с помощью доступных материалов и простых устройств; коллаборативное обучение: организация групповых проектов и заданий, которые требуют сотрудничества и коммуникации между студентами; практическая работа с использованием новых технологий: использование устройств, таких как Arduino, Raspberry Pi, для создания собственных физических экспериментов и проектов; применение дифференцированного обучения: проведение занятий в соответствии с индивидуальными способностями каждого студента.

Таким образом, инновации на занятиях физики играют важную роль в повышении качества образования, обеспечивая преподавателям и студентам доступ к новым методам, средствам, ресурсам и возможностям. Они помогают создать более эффективную, рабочую и персонализированную образовательную среду.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лаврентьев, Г. В. Инновационные обучающие технологии в профессиональной подготовке специалистов / Г. В. Лаврентьев, Н. Б. Лаврентьева. – Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2002. – Ч. 1. – 156 с.

## ПРОПУСК ЛЕТНЕ-ОСЕННЕГО ПАВОДКА В РУСЛЕ КАНАЛА ИЗ УСЛОВИЙ НАЛИЧИЯ ВОДНЫХ И ОКОЛОВОДНЫХ АССОЦИАЦИЙ

**А. И. Ракицкий**, инженер-исследователь  
г. Пинск, Республика Беларусь

**Ключевые слова:** летне-осенний паводок, открытый канал, гидравлический расчет, окашивание, водная и околородная растительность.

**Аннотация.** Пропуск летне-осеннего паводка в условиях наличия водных и околородных ассоциаций в русле канала, сопряжен с риском затопления прилегающих земель и нанесением ущерба сельскохозяйственным культурам. Выполненный гидравлический расчет, по изложенному алгоритму, позволяет избежать затопления угодий и уменьшить в 4 раза протяженность окашиваемой части канала.

**Keywords:** summer-autumn flood, open channel, hydraulic calculation, mowing, aquatic and semi-aquatic vegetation.

**Summary.** The passage of summer-autumn floods in the presence of water and near-water associations in the canal bed is associated with the risk of flooding adjacent lands and causing damage to agricultural crops. The performed hydraulic calculation, according to the stated algorithm, makes it possible to avoid flooding of land and reduce the length of the fringed part of the canal by 4 times.

Объектом исследования является проводящий открытый канал, находящийся в условиях естественного состояния (наличие в канале водных и околородных ассоциаций) и работающий в режиме пропуска летне-осеннего паводка (далее – ЛОП). Расход ЛОП, является максимальным расходом для летне-осеннего времени года. За объект исследования, принят участок проводящего канала Я-6, расположенный на осушенных землях мелиоративной системы Пинского района, Брестской области. Данными для исследования послужили материалы полевых изысканий и камеральные расчеты, выполненные в 2022–2023 гг. На исследуемом участке канала Я-6 (пикет 0...16+60), русло канала пролегает по минеральным грунтам, средняя глубина – 1,57 м, средняя ширина поверху – 6,28 м. Отметки по каналу получены инструмен-

тальным способом, путем нивелирования. Система высот Балтийская. Преобладающими видами водной и околоводной растительности в русле канала Я-6, являются: Ряска малая (*Lemna minor L.*), Рдест плавающий (*Potamogeton natans L.*), Рдест курчавый (*Potamogeton crispus L.*), Тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), Уруть колосистая (*Myriophyllum spicatum L.*), Сусак зонтичный (*Butomus umbellatus*), Осока береговая (*Carex riparia Curt.*), Хвощ речной (*Equisetum fluviatile*) [1].

Доля проводящих каналов в общей структуре мелиоративных каналов составляет 59 %, что в 1,9 раза длиннее регулирующей сети и в 7,4 раза протяжение водоприемной сети. От пропуска стока в проводящем канале зависит урочный режим регулирующей сети, а также состояние прилегающих земель, которые не редко, периодически затапливаются. В период вегетации сельскохозяйственных культур по руслу канала протекает минимальный сток. В период летне-осенних дождей в русле канала протекает сток ЛОП, который в зависимости от состояния русла, способен затопить прилегающие земли, что приводит к снижению или потере части урожая, переносу сроков проведения технологических операций или уборке урожая. Большая протяженность мелиоративных каналов (156,2 тыс. км) и ограниченности в денежных средствах эксплуатирующих организаций, не позволяет в полном объеме производить эксплуатационные работы по окашиванию каналов. Не окошенные каналы, являются зоной повышенного риска для пользователей сельхозугодий.

В работах [1, 2] доказано, что водная и около водная растительность, в период минимального стока, способна поддерживать уровни воды в канале в 2 и более раза выше, по сравнению с каналом на котором проведены эксплуатационные работы по окашиванию. Для предотвращения негативных последствий от ЛОП, в нормативных документах предусмотрены требования и мероприятия по пропуску ЛОП. К таким требованиям относится – это пропуск уровня ЛОП 10 % в бровках канала [3], а к мероприятиям – это окашивание бровки и откосов канала 2 раза за сезон (1-й раз с 25 мая по 20 июля и 2-й раз с 30 июля по 15 октября) [4].

Пропуск ЛОП 10 % в русле канала, в условиях естественного состояния имеет практическое и экономическое значение. Для более глубокого понимания процесса прохождения ЛОП 10 % в русле канала целесообразно смоделировать урочный режим ЛОП 10 % канала Я-6, в естественном состоянии, таким образом, чтобы пропустить сток в

бровках канала. Реализация данной цели выполнено, через следующий алгоритм:

1) определяем уровень ЛОП 10 % в среде *Hydrologic Engineering Center's - River Analysis System* (далее – *HEC-RAS*);

2) анализируем продольный профиль канала Я-6 на наличие участков, где уровень ЛОП 10 % превышает отметки бровки канала, если превышения уровня нет, то расчет заканчиваем;

3) если такой участок есть, то продолжаем подбирать модель с вводом длины окашивания откоса, до тех пор, пока уровни ЛОП 10 % окажутся в бровках канала или ниже.

Зная расчетные расходы  $Q$ , а также коэффициенты шероховатости  $n$ , можно определить уровни воды в канале при пропуске стока ЛОП 10 % в зависимости от состояния канала (естественное или эксплуатационное). За значения коэффициента шероховатости для эксплуатационного состояния русла, принято среднее значение  $n = 0.033$  (0,03...0,035) [3]. За естественное состояние, значения коэффициента шероховатости, приняты данные полевых работ, выполненных в июле 2022 г [1]. Гидравлический расчет выполнен в среде *HEC-RAS* [5]. Результаты гидравлического расчета сведены в табл. 1.

Таблица 1. Рассчитанные естественные и эксплуатационные уровни ЛОП 10 %

Наименование		Створ					
		1	2	3	4	5	6
Расстояние от устья, м		205	445	740	1034	1252	1427
Расход ЛОП 10%, м <sup>3</sup> /с		0,771	0,758	0,748	0,735	0,724	0,715
Отметка, м	Правый берег	138,23	138,15	137,95	138,30	138,27	138,17
	Левый берег	138,15	138,20	138,20	138,30	138,70	138,70
	Дно	136,33	136,38	136,56	136,87	136,76	136,78
	ЛОП 10 % (естественный)	137,60	137,84	137,94	138,05	138,49	138,54
	ЛОП 10 % (эксплуатационные)	137,09	137,17	137,27	137,41	137,52	137,56

Из рис. 1 видно, что в естественном состоянии уровень ЛОП 10 % на участке от створа 5 и до створа 6 выше, чем отметки правого берега. Это указывает на то, что на этом участке уровень ЛОП 10 % затопляет прилегающие к каналу земли. Эксплуатационный уровень ЛОП 10 %, на всем исследуемом участке ниже отметок двух берегов и не предоставляет опасность. По каналу Я-6 проведено моделирование по

выше приведенному алгоритму с четырьмя сценариями. Описание сценариев приведено в табл. 2.

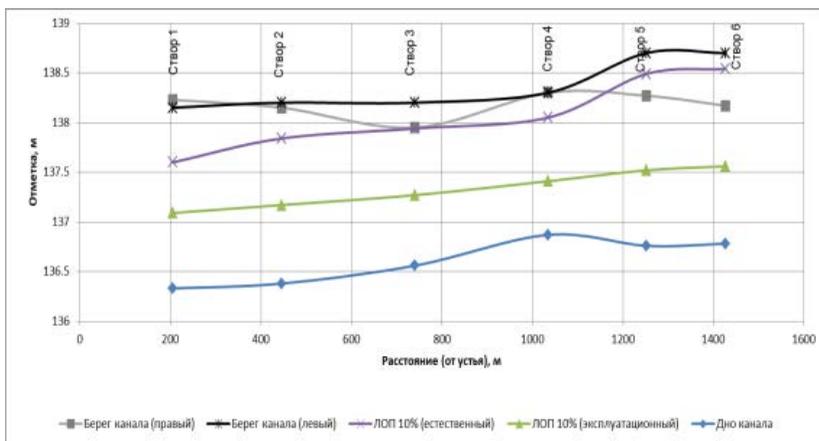


Рис. 1. Естественные и эксплуатационные уровни ЛОП 10 % по каналу Я-6 (створ 1-6)

Таблица 2. Характеристика русла канала в зависимости сценария окашивания

Сценарий	Створ	Сторона	Длина, м	Коэффициент шероховатости, $n$			Примечание
				откос правый	откос левый	дно	
1	6	Правая	233	0,033	0,25	0,12	Окашивание правого откоса до створа 6
2	5, 6	Правая	408	0,033	0,25	0,12	Окашивание правого откоса до створа 5
3	6	Левая и правая	466	0,033	0,033	0,12	Окашивание правого и левого откоса до створа 6
4	5, 6	Левая и правая	816	0,033	0,033	0,12	Окашивание правого и левого откоса до створа 5

Результаты гидравлического расчета по изложенным сценариям приведены в табл. 3.

Таблица 3. Рассчитанные уровни ЛОП 10 % по сценариям окашивания

Наименование		Створ					
		1	2	3	4	5	6
Отмет- ка, м	Сценарий 1	137,60	137,84	137,94	138,06	138,49	138,51
	Сценарий 2	137,60	137,84	137,94	138,06	138,20	138,22
	Сценарий 3	137,60	137,84	137,94	138,06	138,20	138,21
	Сценарий 4	137,60	137,84	137,94	138,05	138,12	138,14

По данным табл. 2 построен график уровней ЛОП 10% (рис. 2). Из рис. 2 видно, что только сценарий 4 позволил снизить уровень ЛОП 10 % ниже отметок правого берега в створе 5 и 6.

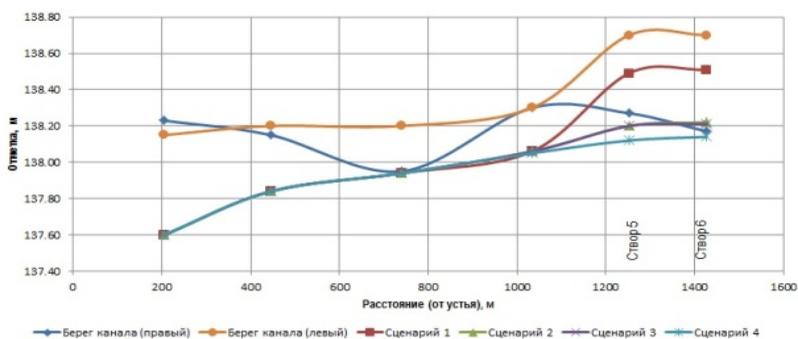


Рис. 2. Уровни ЛОП 10 % в зависимости от сценария окашивания

На примере проводящего канала Я-6 продемонстрирована возможность пропуска ЛОП 10 % в условиях естественного состояния канала с предотвращением затопления прилегающих территорий.

По действующим правилам эксплуатации мелиоративных систем, окашивания откосов и берм каналов необходимо проводить 2 раза за сезон. Предложенный алгоритм, на рассматриваемом участке канала Я-6 позволил уменьшить длину окашивания в 4 раза по сравнению с эксплуатационными требованиями. Общая длина окашивания канала, на исследуемом участке, составляет 3320 м ( $1660 \times 2 = 3320$  м), а длина окашивания в створах 5 и 6 равна 816 м ( $408 \times 2 = 816$  м).

Представленный в статье алгоритм по определению окашиваемой длины канала, позволяет масштабировать полученный эффект на все схожие каналы, по условиям наличия водной и околководной растительности, что позволит уменьшить протяженность окашивания каналов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ракицкий, А. И. Влияние водной и околородной растительности на уровенный режим каналов осушительных систем центральной и южной частей Беларуси / А. И. Ракицкий // Мелиорация. – 2023. – № 2(104). – С. 24–34.
2. Шкутов, Э. Н. Оценка возможности проведения подпочвенного увлажнения на площадях осушительных систем южной и центральной части Беларуси / Э. Н. Шкутов, В. П. Иванов, А. И. Ракицкий // Мелиорация. – 2017. – № 2 (80). – С. 10–22.
3. Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования. = Мелиарачыйныя сістэмы і збудаванне. Нормы праектавання: ТКП 45-3.04-8-2005 (02250). – Введ. 01.11.05. – Минск: Минстройархитектуры, 2006. – 105 с.
4. Правила эксплуатации (обслуживания) мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений [Электронный ресурс]: утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 10 июля 2009 г., № 920 // Законодательство Беларуси / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.mshp.gov.by/special/ru/melio-ru/view/ekspluatatsija-obslyuzhivanie-i-vedenie-gosudarstvennogo-ucheta-meliorativnyx-sistem-i-otdelno-raspolozhenn-2212/>. – Дата доступа: 15.02.2024.
5. Ракицкий, А. И. Гидравлический расчет открытого канала в среде *HEC-RAS* / А. И. Ракицкий // Мелиорация. – 2022. – № 4 (102). – С. 30–38.

УДК 631.6

## ВЛИЯНИЕ ВЕСЕННИХ ВЛАГОЗАПАСОВ НА ВЕРОЯТНОСТЬ ПОЯВЛЕНИЯ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ

**И. А. Романов**, канд. техн. наук, ст. преподаватель

**Д. В. Гнеденков**, студент 3-го курса

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

**Ключевые слова:** водный баланс, засуха, водный режим.

**Аннотация.** Для территории Беларуси характерны засушливые периоды. Для оценки влияния весенних влагозапасов на вероятность появления почвенной засухи в данной статье выполнены водобалансовые расчеты для лет с разной обеспеченностью по осадкам.

**Keywords:** water balance, drought, water regime

**Summary.** The territory of Belarus is characterized by dry periods. To assess the influence of spring moisture reserves on the probability of soil drought, this article performed water balance calculations for years with different precipitation rates.

В течение последних нескольких десятилетий на территории Беларуси наблюдается увеличение частоты экстремальных засушливых событий, которые негативно влияют на урожайность и подчеркивают важность использования систем орошения для сельскохозяйственных культур [1, 2]. Основная цель данного исследования заключается в определении продолжительности засушливых периодов в зависимости от весенних запасов влаги для лет с различным количеством осадков.

Почвенной засухой называется иссушение почвы, связанное с длительным отсутствием дождей в сочетании с высокой температурой воздуха и солнечной инсоляцией, повышенным испарением с поверхности почвы и транспирацией, сильными ветрами.

Почвенная засуха часто наблюдается в середине или конце лета, когда зимние запасы влаги уже исчерпаны, а летних осадков недостаточно. Почвенная засуха всегда снижает урожай, а если она начинается очень рано, то может привести к полной его потере [3].

Для исследования использовались следующие материалы и методы:

1. Метеоданные по метеостанции Минск за период 1980–2016: Результаты наблюдений за погодными условиями, включающие атмосферные осадки за указанный период времени предоставили информацию о климатических условиях в районе исследования.

2. Тип почвы – супесь.

3. Расчетный период с 21.04 по 30.09 (163 дня): Установленный временной интервал исследования позволяет оценить влияние погодных условий на почвенную влажность и развитие культур в течение активного вегетационного периода.

4. Наименьшая влагоемкость – 100 мм (слой 0–50 см): Установленное значение указывает на максимально количество влаги, которое способна удержать почва после стекания гравитационной влаги.

5. Культура – многолетние травы;

6. Обеспеченность по осадкам: 10 % – влажный год; 60 % – средне-сухой год; 95 % – засушливый год.

Данные показатели описывают уровень осадков в разные годы и позволяют классифицировать их по степени влажности, что важно для оценки влияния осадков на урожайность и вероятность почвенной засухи.

Для оценки влияния влагозапасов в начале вегетации на вероятность наступления почвенной засухи во время вегетационного периода использовался водобалансовый расчет с разными начальными влагозапасами.

Суть водобалансовых расчетов заключается в определении приходных и расходных элементов водного баланса почвы за интервал времени с учетом начальной влажности почвы [4]. Водобалансовый расчет ведется по формуле

$$W_k = W_n + (P + m) - (\varphi E + C), \quad (1)$$

где  $W_k$  – конечные влагозапасы;

$W_n$  – начальные влагозапасы;

$P$  – осадки;

$m$  – поливная норма;

$\varphi$  – коэффициент, учитывающий увлажненность почвы;

$E$  – эвапотранспирация культуры;

$C$  – внутрипочвенный сток;

Водопотребление растений определяется по формуле (2):

$$E = 0,1K_{tm} \sum t_m, \quad (2)$$

где  $E$  – эвапотранспирация культуры;

$K_{tm}$  – биотермический коэффициент культуры;

$\sum t_m$  – сумма максимальных суточных температур за предыдущие даты расчета 10 суток.

Биотермические коэффициенты для многолетних трав, как и коэффициент, учитывающий увлажненность почвы, взяты согласно рекомендациям:

$$\varphi = \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{W_{нв}}{W_n} - 1 \right)^2 \right], \quad (3)$$

где  $W_{нв}$  – наименьшая влагоемкость;

$W_n$  – влагозапасы на начало суток.

Внутрипочвенный сток определялся по формуле (4):

$$C = (W_n - E_m - W_{нв}) \left( \frac{t}{T} \right)^a + P \left( \frac{t}{T} \right)^b, \quad (4)$$

где  $C$  – внутрипочвенный сток;

$t$  – продолжительность расчетного интервала (одни сутки);

$T$  – количество суток до полного стекания гравитационной влаги из расчетного слоя (двое суток);

$a$  и  $b$  – эмпирические коэффициенты [2].

В результате анализа количество атмосферных осадков за многолетний период, была получена кривая обеспеченности по осадкам, рис. 1.

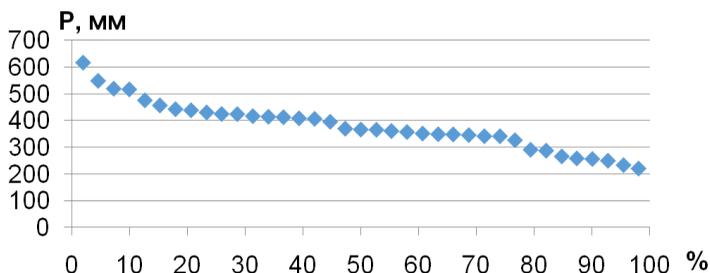


Рис. 1. Кривая обеспеченности по осадкам по метеостанции Минск за период 1980–2016

В результате водобалансовых расчетов было получено количество суток, когда влагозапасы были меньше 60 % от наименьшей влагоемкости, что на супесчаных почвах соответствует влажности завядания для большинства сельскохозяйственных культур (таблица).

**Результаты водобалансовых расчетов с различным значением начальных Влагозапасов**

Обеспеченность по осадкам, %	Атмосферные осадки, мм	Начальные влагозапасы		
		$W_n = 0,7HВ$	$W_n = 0,8HВ$	$W_n = HВ$
9,9	516,5	45	39	29
60,7	350,8	59	52	45
95,5	232,2	146	140	120

Анализ таблицы показывает, что недостаточный уровень весенних влагозапасов, что приводит к увеличению количества суток с почвенной засухой. Для влажного года увеличение составляет 55 %, для среднесухого года – 31 %, и для засушливого года – 21 %.

Этот вывод подчеркивает важность регулирования влажности почвы для борьбы с негативным влиянием засухи на величину урожайности сельскохозяйственных культур [5–8].

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Дубина, А. В. Влияние видов орошения на урожайность земляники садовой / А. В. Дубина // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур :

сборник статей по материалам XXIII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессора Н. И. Протасова, Горки, 30–31 января 2024 г. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2024. – С. 65–69.

2. Дятлов, В. В. Водопотребление орошаемого зеленого конвейера / В. В. Дятлов // Экологические проблемы мелиорации. – Москва, 27–28 марта 2002 г. – Москва: УПК «Федоровец», 2002. – С. 213–215.

3. Другомилова, О. В. Изучение продуктивности образцов озимой пшеницы в коллекционном питомнике / О. В. Другомилова, А. В. Дробыш // Проблемы продовольственной безопасности (EPFS 2023) : Материалы Международной научно-практической конференции: В 2-х частях, Горки, 19–21 января 2023 года / редкол.: В. В. Великанов (гл. ред.) [и др.]. – Ч. 1. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 224–229.

4. Лихацевич, А. П. Управление режимом орошения сельскохозяйственных культур в условиях Беларуси / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, И. А. Романов // Мелиорация. – 2019. – № 2 (88). – С. 18–25.

5. Эколого-экономическая оптимизация режима орошения сельскохозяйственных культур / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, С. В. Набзоров [и др.] // Мелиорация. – 2023. – № 2 (104). – С. 5–11.

6. Сельскохозяйственные мелиорации. Практикум: учеб.-метод. пособие / В. И. Желязко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 164 с.

7. Кумачев, В. И. Современные проблемы управления поверхностным стоком / В. И. Кумачев, А. А. Константинов // Вестник БГСХА. – 2011. – № 3. – С. 110–117.

8. Константинов, А. А. Внедрение инновационных и ресурсосберегающих технологий в производстве овощной продукции в Республике Беларусь / А. А. Константинов, Т. Н. Лукашевич // Молодежь XXI века: образование, наука, инновации : материалы X Междунар. конф. аспирантов и молодых ученых, Витебск, 8 дек. 2023 г. – Витебск: Витебский государственный университет им. П. М. Машерова, 2023. – С. 30–32.

УДК 504/54

## СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Н. Е. Степанова**, канд. с.-х. наук, доцент  
ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ  
г. Волгоград, Российская Федерация

**Ключевые слова:** мониторинг, земля, сельскохозяйственное назначение, мелиорация, деградация, хозяйство.

**Аннотация.** В работе представлены разъяснения в соответствии с ЗК РФ понятия земель сельскохозяйственного назначения. Приведены данные об изменении площади земель за последние десять лет в РФ. Рассмотрен вопрос проблемы рационального природопользования зе-

мель сельскохозяйственного назначения на примере Волгоградской области.

**Keywords:** monitoring, land, agricultural purpose, land reclamation, degradation, agriculture.

**Summary.** The paper provides explanations in accordance with the RF CC of the concept of agricultural land. The data on the change in land area over the past ten years in the Russian Federation are presented. The issue of the problem of rational nature management of agricultural lands is considered on the example of the Volgograd region.

Для развития агропромышленного комплекса Волгоградской области и всей РФ необходимо обеспечить эффективное рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения. В соответствии со ст. 77 ЗК РФ к землям сельскохозяйственного назначения относятся те, которые находятся за границами населенных пунктов и предназначены для занятия сельским хозяйством. К землям сельскохозяйственного назначения относятся как сами сельскохозяйственные угодья, так и земли, занятые коммуникациями (дороги, лесные насаждения, водные объекты, объекты капитального строительства и т. д.), которые могут использоваться для ведения производства в сельскохозяйственных целях.

Согласно Постановлению Правительства РФ № 731 от 14.05.2021 за десять лет, начиная с 2010 г. в нашей стране произошло резкое сокращение площади земель сельскохозяйственного назначения, по подсчетам это составляет – 17,6 миллионов гектар, с 400 до 382,4 миллионов гектар. По состоянию на 1 января 2021 г. по предоставленным данным субъектов РФ из земель сельскохозяйственного назначения, которые имеются неиспользуемыми остаются 19,4 миллионов гектар. Одной из главных причин увеличения площадей неиспользуемых земель является реорганизация хозяйств, когда сотрудникам сельхозпредприятий были выданы паи. Впоследствии многие из земельных участков сельскохозяйственного назначения стали выбывать из оборота, и в 2020 г. количество долей не востребуемых земельных угодий по стране составили до 1,5 миллионов единиц, площадью 14,2 миллионов гектаров. Основной проблемой для земель сельскохозяйственного назначения при выбывании их оборота это их деградация, которая начинается с зарастанием растительностью, а затем и порослью деревьев, в итоге в обработке данных участков с годами возникают серьезные проблемы. Вопрос решения проблемы рационального природопользования земель

сельскохозяйственного назначения для нашей страны назрел и его нужно решать безотлагательно и начать с формирования по субъектам в первую очередь достоверных и актуальных сведений о: границах земель сельскохозяйственного назначения, качественных характеристиках, и внесение сведений в ЕГРН [1, 2].

Владение, пользование, распоряжение земельными участками сельскохозяйственного назначения осуществляется при соблюдении правил и ограничений, применяемых к обороту земельных участков и долей в праве общей собственности на земельные участки из земель сельскохозяйственного назначения, в соответствии с ФЗ № 101 «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения» (24.07.2002).

Волгоградский регион является одним из крупнейших производителей товаров сельского хозяйства в Российской Федерации. По объему производства продукции в сельском хозяйстве регион занимает девятое место по стране. Размеры сельхозугодий в Волгоградской области составляют около 5,2 миллион гектаров пашни, это третье место после Алтайского края и Оренбургской области.

По данным «Центра цифровой трансформации в сфере АПК» (единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения, предназначенная для обеспечения актуальными и достоверными сведениями о таких землях, включая данные об их местоположении, состоянии и фактическом использовании в РФ) площадь земель сельскохозяйственного назначения составляла на 01.01.2021 г. 9121,2 тысяч гектар (табл. 1).

**Таблица 1. Распределение земель сельскохозяйственного назначения Волгоградской области по видам использования за период с 2014 по 2021 гг.**

Данные по состоянию на:	Площадь земель с.-х. назначения, тыс. га	Площадь с.-х. угодий, тыс. га	В том числе, тыс. га:				
			пашня	пастбища	сенокосы	многолетние насаждения	залежь
01.01.2021 г.	9121,2	8578,1	5794	2563,7	190,4	25,5	4,5
01.01.2020 г.	9121,6	8577,9	5793,8	2563,7	190,4	25,5	4,5
01.01.2019 г.	9121,6	8578	5793,9	2563,7	190,4	25,5	4,5
01.01.2018 г.	9121,7	8578,1	5793,9	2563,8	190,4	25,5	4,5
01.01.2017 г.	9121,8	8578,2	5793,9	2563,9	190,4	25,5	4,5
01.01.2016 г.	9121,9	8578,3	5794	2563,9	190,4	25,5	4,5
01.01.2015 г.	9125	8578,4	5794	2564	190,4	25,5	4,5
01.01.2014 г.	9125,3	8577,8	5793,5	2565,7	187,8	26,3	4,5

Начиная с 2014 г. работа по возвращению земель сельскохозяйственного назначения в оборот ведется очень активно, площади увеличились на 624,5 тысячи гектаров. По данным комитета по сельскому хозяйству Волгоградской области в 12 районах (Алексеевском, Еланском, Киквидзенском, Котельниковском, Нехаевском, Новоаннинском, Новониколаевском, Октябрьском, Чернышковском, Серафимовичском и Суrowsикинском, а также в городском округе – городе Михайловке) земли сельскохозяйственного назначения полностью введены в оборот.

Площадь земельного фонда Волгоградской области на 01.01.2020 год составляла 11 287,7 тыс. га. На рис. 1 представлена структура земельного фонда по категориям земель. Ежегодное увеличение земель пригодных для сельского хозяйства, даёт возможность увеличить объемы растениеводства и животноводства, а также реализовывать программы по созданию необходимой для аграрного сектора инфраструктуры, в частности систем мелиорации [3, 4, 5]. Мелиоративный фонд земель сельскохозяйственного назначения в РФ на 01.01.2021 год составлял 9,47 миллионов гектар, из которых по факту в сельском хозяйстве используются 3,96 миллионов гектар.

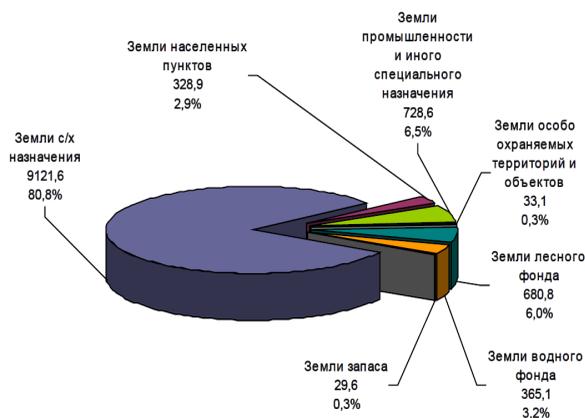


Рис. 1. Структура земельного фонда Волгоградской области

Системная работа региона по вводу в оборот неиспользуемой пашни получает высокие федеральные оценки: Волгоградская область входит в число лидеров среди субъектов РФ по количеству возвращенных сельхозугодий.

В Волгоградском регионе по итогам 2022 г., по данным комитета по сельскому хозяйству региона, в сельскохозяйственный оборот возвращено 98,4 тысячи гектаров земель, область планомерно сокращает площади неиспользуемых земель.

Для Волгоградской области мелиорация для сельского хозяйства является главным фактором получения стабильных, высоких урожаев [6]. В регионе совместно с введением в оборот земель сельскохозяйственного назначения ведется результативно работа по введению мелиорируемых земель, так за последние семь лет площадь орошения увеличилась в два раза, если в 2021 г. она составляла 67,1 тысяч гектар, то в 2022 г. площади орошаемых земель увеличились более чем на 7 тысяч гектар. Условия сельскохозяйственного производства на орошаемых землях необходимо решить еще вопросы, связанные с приведением всех ГТС в нормативно-техническое состояние, чтобы обеспечивать бесперебойную, безопасную их эксплуатацию с соблюдением требований природоохранного законодательства: внедрение новых технологий и техники для ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных системах и очистки каналов за счет повышения уровня материально-технического обеспечения подведомственных учреждений, организацию рационального водопользования и водораспределения, проведение противопаводковых мероприятий, расчистку мелиоративных каналов.

Интенсивность использования находящихся в обороте земель сельскохозяйственного назначения постоянно увеличивается, что также создает риск достижения предела роста производства сельскохозяйственной продукции, для минимизации которого требуются, с одной стороны, целенаправленные усилия по сохранению и повышению плодородия почв, а с другой стороны – вовлечение в оборот новых земель сельскохозяйственного назначения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Болдырева Д. А. Управление земельными ресурсами землеустройства сельских территорий // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК : Материалы студенческой научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию ФГБОУ ВПО ИрГСХА, Иркутск, 19–20 марта 2014 года / Иркутская государственная сельскохозяйственная академия. 2014. – С. 67–72.
2. Зверева, Г. Н. Земли сельскохозяйственного назначения региона: состояние, тенденции, перспективы / Г. Н. Зверева, С. А. Попова, В. В. Беркалиева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – № 4 (60). – С. 105–120.

3. Комментарий к Федеральному закону «О землеустройстве»: от 18 июня 2001 г. № 78-ФЗ (в ред. от 18 июля 2005 г.): постатейный: [новая ред.] / А. А. Ялбулганов, А. А. Ялбулганов. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Москва: Юстицинформ, 2006. 128 с.

4. Лайкам, К. Э. О проблемах учета земель сельхоззначения в Российской Федерации / К. Э. Лайкам, А. А. Фомин // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 2. – С. 7–12.

5. Степанова, Н. Е. Экологическое состояние почв Волгоградского региона / Н. Е. Степанова // Проблемы эффективного использования мелиорированных земель и управление плодородием почв нечерноземной зоны в условиях изменяющегося климата в рамках мероприятий года науки и технологий: материалы междунар. науч.-практ. конф., Тверь, 30 сентября 2021 года. – Тверь: Тверской государственный университет, 2021. – С. 179–183.

6. Степанова, Н. Е. Экологический подход на предприятии АПК в управлении качеством почвы / Н. Е. Степанова // Проблемы агрохимии и экологии – от плодородия к качеству почвы: материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 90-летию выдающегося деятеля науки, классика отечественной школы агрохимии, академика РАН Василия Григорьевича Минеева, Москва, 7–8 сент. 2021 г. / под ред. В. А. Романенкова. – Москва: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 2021. – С. 157–162.

УДК 631.6.02

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОСИСТЕМНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

**О. А. Стрижников**, аспирант

Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации

имени А. Н. Костякова,

г. Москва, Российская Федерация

*Научный руководитель – Э. Б. Дедова, д-р с.-х. наук, профессор РАН*

**Ключевые слова:** водные ресурсы, экосистемы, микроводоросли

**Аннотация.** Экосистемное водопользование – это важный аспект устойчивого развития, который непосредственно связан с биологическими основами функционирования водных экосистем. Вода является ключевым компонентом жизни на Земле, обеспечивая не только жизнедеятельность организмов, но и играя значительную роль в поддержании биоразнообразия и экологической устойчивости. Правильное управление водными ресурсами базируется на понимании биологических процессов, происходящих в водоемах, взаимодействии микроорганизмов, растений и животных, а также на осознании последствий человеческой деятельности для водных экосистем.

**Keywords:** water resources, ecosystems, microalgae.

**Summary.** Ecosystem water use is an important aspect of sustainable development, which is directly related to the biological foundations of the functioning of aquatic ecosystems. Water is a key component of life on Earth, providing not only the vital functions of organisms, but also playing a significant role in maintaining biodiversity and environmental sustainability.

Понятие экосистемного водопользования было сформировано С. Я. Бездновой в конце XX века, как возможность комплексного подхода к снижению антропогенной нагрузки на водные экосистемы [1, 2]. Обязательным условием является взаимодействие человека и компонентов природы, в частности подчеркивается важность водных ресурсов, как основного фактора воздействия на природные ландшафты. Была разработана концепция, сформулированы основные цели и принципы, а также научные направления связанные с экосистемным водопользованием. Концепция ориентировала на экологизацию использования водных, земельных, биологических ресурсов, снижение безвозвратного водопотребления, предупреждение загрязнения водных экосистем, связанных с сельскохозяйственным производством, водопользованием и водоотведением. Основные исследования, на том этапе, были сфокусированы на двух направлениях: создание системы экологического нормирования качества оросительной воды и технологии регулирования химического состава коллекторно-дренажных вод. Сброс неочищенных КДВ в состав которых входят биогенные вещества, могут приводить к негативным последствиям для водных экосистем, нарушению биологического разнообразия, а также снижает возможность использование водных объектов для мелиорации земель

В традиционной понимании экосистемного водопользования биологические системы, такие как высшие водные растения, фито и зоопланктон, выполняют ряд важных функций в водных экосистемах. Они являются биоиндикаторами качества воды, поскольку любые изменения в составе и количестве биологических видов могут свидетельствовать об изменениях в экологическом балансе водоема.

В настоящее время учёными Федерального научного центра гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова совершенствуется понятие экосистемного водопользования в которой обитателям водных экосистем, в частности микроводорослям, отводится роль управляющего воздействия [3].

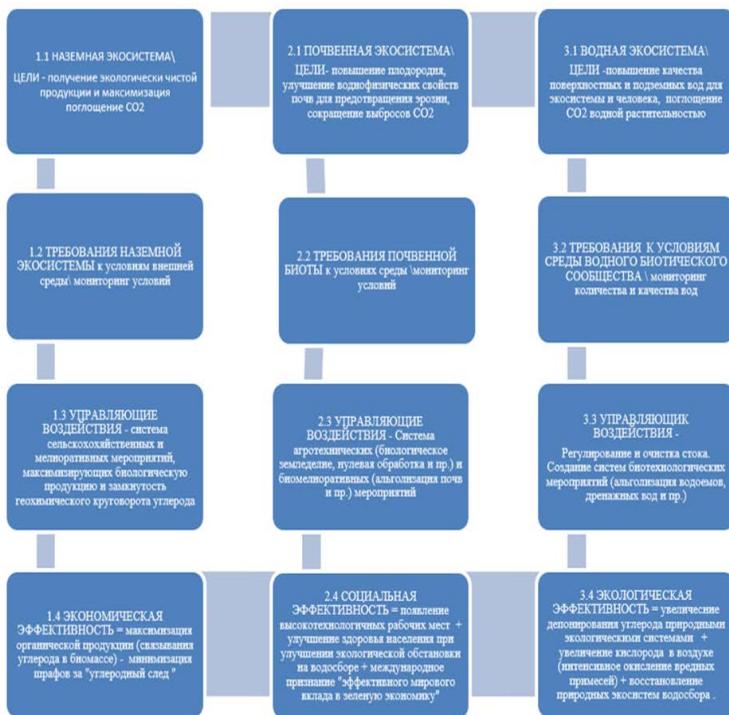


Рис. 1. Блок-схема принятия решений в парадигме экосистемного водопользования

Микроводоросли играют важную роль в процессе очистки сточных вод и улучшения качества воды. Они представляют собой микроскопические водные организмы, обладающие способностью активно улавливать и превращать вредные вещества в нейтральные или полезные соединения.

Во-первых, микроводоросли являются мощными фильтрами для сточных вод. Благодаря своей способности к фотосинтезу, они активно поглощают нитраты, фосфаты и другие питательные вещества, которые могут стать причиной загрязнения водоемов. Таким образом, они устраняют излишние питательные вещества, которые могут провоцировать размножение водорослей и вредных водных растений.

Во-вторых, микроводоросли способны поглощать токсичные вещества и тяжелые металлы, которые могут присутствовать в сточной во-

де. Они обладают способностью аккумулировать эти вредные соединения в своей клеточной структуре, что помогает очистить воду от токсинов и улучшить ее качество. Кроме того, микроводоросли также способны обрабатывать органические загрязнители и устранять запахи, повышая тем самым стандарты очистки сточных вод.

Данные свойства можно использовать для совершенствования технологий биологической очистки сельскохозяйственных и коллекторно-дренажных вод.

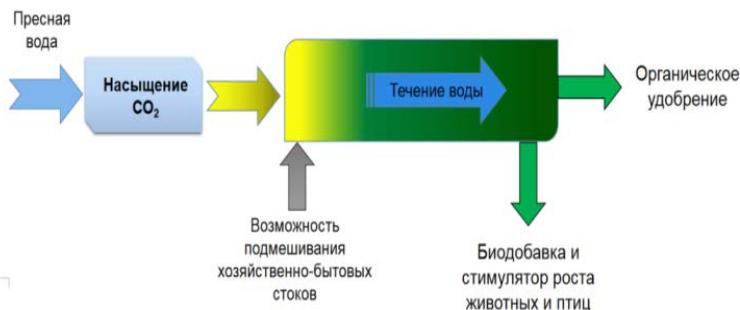


Рис. 2. Концептуальная схема очистки сточных вод с применением микроводорослей

Полученную в ходе процесса биомассу, можно использовать как органическое удобрение. Во многих источниках [4–7] приведен положительный опыт влияния микроводорослей на почвенное плодородие и рост сельскохозяйственных культур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безднина, С. Я. Принципы и технологии экосистемного водопользования в мелиорации: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / С. Я. Безднина; ВНИИГиМ. – М., 1995.
2. Шумаков, Б. Б. Концептуальные принципы экосистемного водопользования / Б. Б. Шумаков, С. Я. Безднина / Мелиорация и водное хозяйство. – 1996. – № 4. – С. 20–23.
3. Экосистемное водопользование и точная мелиорация – основные инструменты зеленой экономики / В. В. Шабанов [и др.] // Роль мелиорации в обеспечении продовольственной безопасности, Москва, 14–15 апр. 2022 г. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова, 2022. – С. 241–248.
4. Лукьянов, В. А. Прикладные аспекты применения микроводорослей в агроцепочке / В. А. Лукьянов, А. И. Стифеев. – Курск: Изд-во Курской гос. с.-х. акад., 2014. – 181 с.

5. El Boukhari MEM, Barakate M, Bouhia Y, Lyamlouli K. Trends in Seaweed Extract Based Biostimulants: Manufacturing Process and Beneficial Effect on Soil-Plant Systems. *Plants* (Basel). 2020 Mar 12;9(3):359. doi: 10.3390/plants9030359.

6. Штина, Э. А. Почвенные водоросли / Э. А. Штина // Жизнь растений. – М.: Просвещение, 1977. – Т. 3. – С. 62–66.

7. Музафаров, А. М. Альголизация орошаемых земель протококковыми водорослями и ее влияние повышение плодородия почв и урожайность хлопчатника / А. М. Музафаров, Т. Т. Таубаев, И. Д. Джуманиязов / Культивирование и применение микроводорослей в народном хозяйстве: материалы респ. совещания. – Ташкент, 1977. – 136 с.

УДК 633.2

## ПРОВЕДЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НА ОТВАЛАХ ГИДРОНАМЫВНОГО ГРУНТА

**А. Г. Тюрюков**, вед. науч. сотрудник

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН,  
г. Новосибирск, Российская Федерация

**Ключевые слова:** Биологическая рекультивация, травосмесь, травостой, кострец безостый, многолетние травы, урожайность, минеральное удобрение.

**Аннотация.** Установлена возможность использования травосмеси злаковых многолетних трав для проведения биологической рекультивации техногенно нарушенных земель. Рассмотрены некоторые особенности роста и развития многолетних злаковых трав в экстремальных условиях субарктической тундры полуострова Ямал.

**Keywords:** Biological recultivation, grass mixture, herbage, smooth brome grass, perennial grasses, yield, fertilizer.

**Summary.** The possibility of using a grass mixture of perennial grasses for biological recultivation of disturbed lands has been established. Some features of the growth of perennial grasses in extreme conditions of the subarctic tundra of the Yamal Peninsula are considered.

В связи с промышленным освоением полуострова Ямал значительные площади тундровых земель оказались техногенно нарушены. Так как природа Крайнего Севера характеризуется ранимостью к техногенным воздействиям, то проведённые на территории Крайнего Севера исследования по биологической рекультивации техногенно нарушен-

ных земель показали, что процессы их самозарастания дикорастущими многолетними растениями во времени и пространстве происходят очень медленно [1]. Например, без внесения минеральных удобрений многолетние злаковые растения значительно отставали в росте и развитии и плохо переносили перезимовку [2, 3]. Поэтому в данном регионе, поиск путей проведения биологической рекультивации гидронамывного грунта особенно актуален. Территория данного региона заболоченная равнина, поэтому гидронамывной грунт, взятый со дна крупных озер, используется для отсыпки автодорог, поселков, аэропортов, кустовых скважин.

Цель данной работы состояла в изучении возможности проведения рекультивационных работ на отвалах гидронамыва грунта Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения на основе использования травосмеси многолетних злаковых трав и рядкового внесения комплексных минеральных удобрений в дозе (НРК)<sub>90</sub>. В задачи исследований входило определение урожайности, густоты стояния травостоя, высоты растений и глубины проникновения корней растений.

Работы по биологической рекультивации техногенно нарушенных земель проводились на территории Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения, которое расположено на северо-востоке полуострова Ямал. Опытный участок находился на отвалах гидронамывного грунта, добытого со дна крупных озер.

Климат региона субарктический. Самый теплый месяц – июль, среднемесячная температура воздуха составляет +7,3 °С. Продолжительность безморозного периода – 53 дня. Гидронамывной грунт характеризуется легким механическим составом, имеются небольшие примеси торфа и сапропеля.

До посева злаковых многолетних трав рекультивируемые участки техногенно нарушенных земель тщательно выравнялись бульдозером и планировщиком. Для проведения посева семян многолетних трав и рядкового внесения минеральных удобрений использовали сеялку СЗТ-3,6А в агрегате с гусеничным трактором Т-170. Глубина заделки семян травосмеси составила 1–2 см. Посев провели 10 июля 2016 г., что является оптимальным сроком посева для данного региона, так как к этому времени обычно прогревается верхний слой почвы. Влаги в гидронамывном грунте находилось в избытке, поэтому не проводили послепосевное прикатывание почвы. Таким образом, особенность данной технологии в том, что практически никаких обработок до посева семян многолетних злаковых трав сеялкой СЗТ-3,6А не

проводилось. Доза внесения минеральных удобрений составила (NPK)<sub>90</sub>.

Регион северный, поэтому общую норму высева семян травосмеси увеличили до 160 кг/га, из них костреца безостого – 80 кг/га, овсяницы красной – 20 кг/га, тимофеевки луговой – 40 кг/га и овсяницы луговой – 20 кг/га.

Учеты, наблюдения и обработка полученных данных проводилась с помощью общепринятых методик [4, 5]. Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [6] с помощью пакета прикладных программ SNEDECOR V3 [7].

В табл. 1 представлены результаты химического анализа грунта гидронамывных карьеров.

Таблица 1. Агрохимический анализ грунта гидронамывных карьеров до проведения биологической рекультивации

Номер образца	Азот			Фосфор подвижный (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), мг/кг (по Чирикову)	Калий обменный (K <sub>2</sub> O), мг/кг	Гумус, %	рН водн.
	общий, %	аммиачный (NH <sub>4</sub> ), мг/кг	нитратный (NO <sub>3</sub> ), мг/кг				
1	0,07	16,0	2,0	1,0	37	0,38	5,6
2	0,08	15,0	1,8	3,0	34	0,54	5,6
3	0,06	14,0	1,6	2,0	34	0,44	5,5
4	0,10	14,0	1,9	2,0	32	0,44	5,5
5	0,11	12,0	1,6	1,0	37	0,52	5,2
6	0,08	10,0	1,5	2,0	35	0,24	5,4
7	0,07	11,0	1,5	1,0	32	0,57	5,5
8	0,07	14,0	1,6	1,0	32	0,51	5,5
9	0,08	12,0	1,4	2,0	34	0,52	5,6
10	0,08	8,0	1,4	2,0	40	0,64	5,4
Среднее	0,08	12,6	1,6	1,7	35	0,51	5,4

Содержание гумуса в грунте гидронамывных карьеров составляет 0,24–0,64 %, что свидетельствует об очень низком их плодородии. Общего азота содержится 0,06–0,11%, аммиачного азота – 8,0–16,0 мг/кг почвы, нитратного азота – 1,4–2,0 мг/кг почвы. Подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) содержится 1,0–3,0 мг/кг почвы. Обменного калия (K<sub>2</sub>O) – 32–120 мг/кг почвы. Реакция почвенной среды слабокислая, рН водной вытяжки составил 5,2–5,6.

Основных элементов питания растений содержится в гидронамывном грунте очень мало, что недостаточно для нормального роста и развития злаковых многолетних трав, поэтому на данных грунтах необходимо внесение комплексных минеральных удобрений.

На третий год жизни злакового многолетнего травостоя его проективное покрытие составило 40–60 %. Наиболее сильно в злаковой многолетней травосмеси развились растения костреца безостого: высота их достигала 48 см, количество побегов составило 63 шт/м<sup>2</sup>, глубже проникновение корневой системы – 20 см; наименее – у растений тимофеевки луговой: 40 см, 22 шт/м<sup>2</sup> и 17 см, соответственно. Причем надземная вегетативная масса злаковых многолетних растений значительно превышала подземную массу корней и корневищ, что характерно для холодных почв Крайнего Севера [3]. К тому же, растения костреца безостого оказались наиболее экологически адаптированы к условиям данного региона [8, 9, 10]. Растения овсяницы луговой на второй год жизни травостоя полностью выпали (табл. 2).

Таблица 2. Показатели злаковых многолетних растений на третий год жизни травостоя (10.08.2018 г.). Фон (НРК)<sub>90</sub>

Вид многолетнего растения	Количество побегов на 1 м <sup>2</sup> , шт.	Высота растений, см	Урожайность сухой массы, ц/га	Глубина проникновения корней, см
Кострец безостый	63	48	4,3	21
Овсяница луговая	–	–	–	–
Овсяница красная	56	34	2,8	18
Тимофеевка луговая	22	40	1,2	17
Дикорастущие растения	69	15–55	0,7	15–24
Сумма	210	–	9,0	–
Среднее	–	41	–	18,7
НСР <sub>05</sub>			1,2	

Общая урожайность сухой массы травосмеси многолетних злаковых трав составила 9,0 ц/га, из которой на долю костреца безостого приходится 4,3 ц/га, или 47 %, тимофеевки луговой – 1,2 ц/га, или 14 %, на долю овсяницы красной – 2,8 ц/га, или 31 %.

В данном регионе очень медленно происходят процессы минерализации растительных остатков, поэтому высохшая надземная фитомасса сохраняется в течение длительного времени.

Таким образом, проведенные исследования в условиях Заполярного Ямала свидетельствуют о реальной возможности проведения биологической рекультивации карьеров гидронамыва грунта путем посева травосмеси многолетних злаковых трав с рядковым внесением комплексных минеральных удобрений.

Генеративные побеги у многолетних злаковых трав в тундровой зоне Ямала формировались только на третий год жизни травостоя.

В условиях субарктического климата семена многолетних злаковых трав не успевали вызреть, поэтому их необходимо завозить из других регионов.

В целом, проведение биологической рекультивации гидронамывно-го грунта способствует значительному снижению негативного воздействия водной и ветровой эрозии почвы путем создания на поверхности почвы травяного покрытия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Денисов, Г. В. Агрофитоценоотические аспекты травосеяния в зоне вечной мерзлоты / Г. В. Денисов. – Новосибирск: Наука, 1984. – 247 с.
2. Коровин, А. И. Эколого-физиологические особенности роста и развития растений на холодных почвах Севера / А. И. Коровин // Проблемы освоения пойм северных рек. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 77–84.
3. Денисов, Г. В. Травосеяние в зоне вечной мерзлоты (эколого-биологические основы) / Г. В. Денисов. – Новосибирск: Наука, 1983. – 222 с.
4. Методика опытов на сенокосах и пастбищах. Ч. 1. – М.: ВНИИ кормов, 1971. – 174 с.
5. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М.: ВНИИ кормов, 1987. – 196 с.
6. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М., 1985. – 351 с.
7. Сорокин, О. Д. Прикладная статистика на компьютере / О. Д. Сорокин. – Краснообск: РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
8. Результаты изучения коостреца безостого *Bromopsis inermis* Leys и его использование в экстремальных условиях среды / Н. И. Кашеваров, Г. М. Осипова, А. Г. Тюрюков, Н. И. Филиппова // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. – № 6. – С. 14–17.
9. Кашеваров, Н. И. Урожайность коостреца безостого в разных природно-климатических зонах Сибири / Н. И. Кашеваров, А. Г. Тюрюков, Г. М. Осипова // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 11. – С. 81–83.
10. Kashevarev N.I., Osipova G.M., Tyuryukov A.G. Investigation of the characteristics of smooth bromegrass (*Bromopsis inermis* Leys) biological traits for cultivation under extreme environmental conditions // Russian Agricultural Sciences. // <http://link.springer.com/article/10.3103/S1068367415010085>. – V. 41. Issue 1. – 2015. – P. 14–17.

## **ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ ПО ФИЗИКЕ КАК СРЕДСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ**

**А. В. Цвыр**, ст. преподаватель

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

**Ключевые слова:** задачи, профессионально ориентированные задачи, профессиональные компетенции

**Аннотация.** В процессе обучения студентов акцент делается на развитие профессиональных компетенций будущих специалистов. Это достигается решением профессионально ориентированных задач с техническим содержанием, что способствует созданию качественно нового продукта образования.

**Keywords:** tasks, professionally oriented tasks, professional competencies

**Summary.** In the process of teaching students, the emphasis is on developing the professional competencies of future specialists. This is achieved by solving professionally oriented problems with technical content, which contributes to the creation of a qualitatively new educational product.

В сфере технического образования физика играет важную роль не только как инструмент для развития умения мыслить универсально, но и как основа для будущей профессиональной деятельности инженера.

На практике всегда возникают ситуации, требующие нестандартных решений, где приходится применять имеющийся опыт или полагаться на интуицию. В такие моменты необходимо нести ответственность, проявлять творческие способности и изобретательство.

Поэтому предоставление студентам возможности изучать физику в рамках технического образования имеет ключевое значение. Это поможет им не только усвоить базовые принципы научных знаний, но и развить умение применять их на практике, особенно в нестандартных ситуациях.

Инженеры, которые обладают хорошими знаниями в области физики, способны лучше адаптироваться к переменчивым условиям произ-

водства и быстро находить решения для сложных проблем. Такие специалисты могут быть не только надежными исполнителями, но и творческими лидерами, способными придумывать инновационные решения.

Профессиональная инженерная деятельность заключается в систематическом применении научных знаний в технической сфере. С самого начала своей профессиональной карьеры инженер должен иметь возможность раскрыть свой творческий потенциал, занимаясь самостоятельной работой и занимаясь настоящей инженерной деятельностью. Он должен стать инженером-исследователем, способным разрабатывать инновационные технические решения, создавая передовые технологии, которые будут служить интересам общества.

Методика обучения физике студентов технических специальностей является ключевым элементом современного высшего профессионального образования. Сегодняшний уровень науки и практики требует от студентов не просто запоминания всей информации, а умения проводить инженерный анализ, применяя технические и научные принципы для быстрого принятия правильных решений. Высшее образование не может оснастить студента знаниями на всю жизнь, но должно дать опорные знания, развить мышление и научить использовать новые знания в своей будущей работе.

Поэтому ему лучше усваивать материал, который при своем минимуме содержит максимум информации. Это позволит успешно работать в различных областях и правильно отбирать научные знания в каждом предмете, что формирует способность эффективно управлять полученными знаниями.

Создание определенного стиля мышления у современного инженера зависит от его компетентности в решении задач. Профессиональная компетентность инженера оценивается через его теоретическую и практическую подготовленность, а также личностные качества, необходимые для профессиональной деятельности.

Умения инженера определяют его компетенции, связанные с особенностями инженерной работы. Деятельность инженера и студента различаются по мотивам и целям, но имеют сходные структуры, так как используются одинаковые действия. Овладение умениями в рамках одной деятельности создает предпосылки для использования их в других областях.

При обучении важно формировать профессиональные компетенции, мотивировать студентов к реализации потенциала, развивать ана-

литические и синтезирующие навыки, способности к планированию и организации деятельности, исследовательские способности. Также необходимо учить студентов находить и обосновывать решения, использовать знания в практических задачах и современные технологии обучения, развивать самостоятельное обучение и стремление к повышению квалификации.

Исходя из опыта методистов-физиков и передовых педагогических практик, мы в курсе физики используем задачи с техническим содержанием для повышения профессионализма студентов и их профессиональной ориентации. В условиях профессионально ориентированного обучения формирование профессиональных компетенций можно достичь с помощью профессионально ориентированных задач.

Профессионально ориентированные задачи, используемые в рамках физической подготовки инженеров, должны удовлетворять следующим требованиям (Ю. В. Пудовкина А. Б. Дмитриева и др.):

1) задача должна отражать реальные ситуации, демонстрирующие практическую ценность и важность физических знаний, необходимых для работы инженера;

2) в задаче необходимо исследовать неизвестные характеристики профессионального объекта или явления, используя имеющиеся данные средства физики;

3) решение поставленных задач должно способствовать углубленному усвоению физических знаний, приемов и методов, которые составляют основу профессиональной деятельности инженера;

4) задачи должны адекватно отображать ситуацию в производстве, технике, науке и демонстрировать применение физических знаний и методов в выбранной профессии;

5) задачи должны обеспечить усвоение взаимосвязи физики со специальными дисциплинами;

6) содержание профессионально ориентированной физической задачи определяет пропедевтический этап изучения понятий специальных дисциплин;

7) решения задач должно обеспечивать профессиональное развитие личности инженера.

Необходимо демонстрировать студентам важность применения профессионально ориентированных задач в учебном процессе для поддержания высокой мотивации будущих инженеров при изучении физики. Такие задачи должны содержать техническую информацию, стимулирующую интерес студентов и вызывающую положительные

эмоции при их решении. Это помогает формировать у студентов интерес к будущей профессии, создавать позитивный настрой на ее освоение и обогащать их знания новой полезной информацией. Решение профессионально ориентированных задач способствует интеграции знаний, умений и навыков, что важно для формирования профессиональной компетентности студентов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васяк, Л. А. Профессиональная компетентность как одна из составляющих культуры будущих инженеров / Л. А. Васяк // Традиции и инновации: проблемы качества образования: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – Чита: Изд-во ЗабГУ, 2005.
2. Бухарова, Г. Д. Задачи с производственно-техническим содержанием как одно из средств реализации политехнического принципа при обучении физике: дис. ... канд. пед. наук / Г. Д. Бухарова; Челябин. гос. пед. ин-т. – Челябинск, 1987. – 217 с.
3. Пудовкина, Ю. В. Межпредметные связи как средство повышения эффективности математической подготовки студентов аграрного университета: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.02 / Ю. В. Пудовкина. – Омск, 2003. – 151 с.

УДК 378:53

### **ФИЗИКА И МЕЖПРЕДМЕТНЫЕ СВЯЗИ С ДИСЦИПЛИНАМИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ЦИКЛА**

**А. В. Цвыр**, ст. преподаватель

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

**Ключевые слова:** профессиональная направленность личности, физика, межпредметные связи, прикладные задачи технического содержания

**Аннотация.** В статье изложена возможность установления межпредметных связей курса физики с дисциплинами профессионального цикла, путем решения прикладных задач технического содержания.

**Key words:** professional orientation of the person, physics, interdisciplinary relations, applied tasks of technical content

**Summary.** The article describes the possibility of establishing interdisciplinary connections of physics courses with the disciplines of the professional cycle, by solving applied problems of technical content.

В условиях современной социально-экономической ситуации в стране требования к выпускнику высшей школы существенно изменяются. Актуальными для учебных заведений становятся проблемы, связанные с процессами профессионального развития и становления личности студента.

Постоянный рост научно-технической информации, внедрение новых технологий в производство приводят к появлению жесткой конкуренции на рынке труда, повышают уровень требований к сформированности профессиональных и иных компетенций молодого специалиста.

Как отмечают работодатели, наличие диплома о высшем образовании не всегда гарантирует выпускнику соответствующей специальности успешного трудоустройства. Для осваивания рынка труда и закрепления в нем, молодой специалист должен быть мобильным, конкурентоспособным, инициативным, готовым к профессиональной деятельности. Таким образом, основная задача образования заключается в подготовке не просто грамотно и теоретически подготовленного выпускника, но и личности, саморазвивающейся и стремящейся к профессиональному росту.

По мнению психологов, период обучения в вузе, считается самым важным в профессиональном становлении личности человека. Именно в процессе обучения происходит целенаправленное освоение системы знаний, практических навыков и умений в избранной профессиональной деятельности [1]. Формируются целостные представления о данной профессиональной общности. Развиваются и наполняются предметным содержанием мотивы и цели будущей деятельности [2].

Как правило, фундаментальные знания по ряду проблем связанных с будущей профессией приобретаются при изучении цикла общепрофессиональных и специальных дисциплин. Изучение студентами естественнонаучных дисциплин не в достаточной степени влияет на развитие профессиональной направленности личности. При этом, основы теоретических знаний, у студентов технических специальностей, закладываются в курсах физики, математики и других дисциплинах естественнонаучного цикла. Повысить роль физики в формировании профессиональной направленности личности можно путем методических подходов и методик, основанных на реализации межпредметных связей дисциплин естественнонаучного цикла и специальных дисциплин.

В педагогической литературе существует достаточно много определений категории «межпредметные связи». Наиболее полное на наш

взгляд определение дал Г. В. Федорец: «Межпредметные связи есть педагогическая категория для обозначения синтезирующих, интегративных отношений между объектами, явлениями и процессами реальной действительности, нашедших свое отражение в содержании, формах и методах учебно-воспитательного процесса и выполняющих образовательную, развивающую и воспитывающую функции в их ограниченном единстве» [3].

Применение межпредметных связей позволяет преподавателю более качественно и эффективно объединить в единое целое цели и задачи обучения, методы и формы организации обучения, результаты обучения.

Межпредметные связи способствуют более качественному усвоению системы знаний студентами, формированию у них теоретических и практических умений и навыков; способствуют повышению активности мышления, практической реализации принципа связи теоретических знаний с практической деятельностью обучаемых [4].

Важность межпредметных связей возрастает в связи с сокращением количества аудиторных часов по дисциплине «Физика» по причине перехода на четырехлетний срок обучения в вузах, и увеличением доли самостоятельной работы студентов.

В рамках данной статьи ограничимся рассмотрением вопросов реализации межпредметных связей при обучении физике студентов инженерных специальностей: «Строительство зданий и сооружений» «Мелиорация и водное хозяйство».

Знания, полученные студентами при изучении дисциплины «Физика», являются фундаментальными для профессиональной деятельности инженеров, формируют их научную картину мира и компетенцию. Содержание курса «Физика» должно отражать не только современные, но и перспективные требования к будущим специалистам. Учебный материал должен логически увязываться с материалом общепрофессиональных и специальных дисциплин: «Механика материалов», «Строительная механика», «Строительные машины и оборудование» и «Гидравлика» др.

При всем многообразии видов межнаучного взаимодействия в педагогической литературе выделяют следующие три направления: 1) комплексное изучение разными науками одного и того же объекта; 2) использование методов одной науки для изучения разных объектов в других науках; 3) привлечение различными науками одних и тех же теорий и законов для изучения разных объектов.

При традиционном подходе к организации изучения дисциплины, обычно в лекционном курсе, достаточно бегло перечисляются технические приложения того или иного физического явления. Например, при чтении лекции по теме «Механика жидкостей и газов», уравнение неразрывности жидкости  $S \cdot v = \text{const}$  или  $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$  студентам можно пояснить на примере реки, скорость течения которой больше там, где русло широкое и глубокое (больше площадь поперечного сечения), и меньше в местах сужения русла (площадь сечения уменьшается). Из личного опыта и анализа работы других преподавателей, можно сделать вывод, что подобные включения в лекционный курс зачастую имеют эпизодический характер. При проведении практических занятий, так же, как правило, прорабатываются типовые задачи из различных сборников. Задачи, имеющие практическое содержание, и отражающие специфику будущей профессиональной деятельности студентов практически не решаются.

Для полноценной реализации межпредметных связей необходимо выстроить дидактическую систему, направленную на повышение профессиональной направленности курса физики.

Опираясь на методику определения значимости учебных дисциплин [5], различают внешнюю значимость учебных курсов и внутреннюю. Внешняя значимость определяется методом экспертного опроса специалистов, в качестве которых выступают преподаватели читающие курс профилирующих предметов и преподаватели курса физики. Внутренняя значимость выражается в значении данного учебного материала дисциплины для изучения других учебных курсов. На основании анкетирования специалистов определяют наиболее значимые для данного профиля разделы и темы физики, и структуру данных разделов. Наименее значимые темы и физические понятия выносят на самостоятельное изучение студентами, с последующим контролем их проработки различными методами [5].

Решение прикладных задач технического содержания, соответствующего профилю студентов, является одним из путей осуществления межпредметных связей по выбранным темам и разделам физики. Содержание данных задач должно описывать реальные процессы и явления, изучаемые в профильных дисциплинах, обеспечивать показ практической ценности полученных физических знаний.

Как отмечалось выше, существующие сборники практически не содержат данных задач, и преподавателю необходимо самостоятельно «обогащать» имеющиеся техническим содержанием.

Значения исходных данных в задачах должны соответствовать техническим параметрам и характеристикам реальных объектов. Условие задачи должно быть сформулировано ясно и доступно для понимания студентами.

Для реализации межпредметных связей важно, чтобы прикладные задачи технического содержания составляли единую систему, которая отражает цели обучения, этапность в усвоении физических понятий.

Применение данной системы задач в учебном процессе способствует повышению познавательного интереса у студентов к изучению физики; формированию профессионально значимых умений и навыков, развитию профессиональной направленности личности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Полещук, Ю. А. Профессиональная направленность личности: теория и практика: пособие / Ю. А. Полещук. – Минск: БГПУ, 2006. – 92 с.
2. Бодров, В. А. Психология профессиональной пригодности: учеб. пособие для вузов / В. А. Бодров. – М.: ПЕР СЭ, 2001. – 511 с.
3. Евграфова, И. В. Межпредметные связи курсов общей физики и высшей математики в технических вузах: автореф. дис. ... канд. пед. наук / И. В. Евграфова. – СПб., 2010. – 24 с.
4. Федоровец, Г. Ф. Межпредметные связи в процессе обучения: учеб. пособие / Г. Ф. Федоревец. – Л.: ЛГПИ, 1983. – 88 с.
5. Емчик, Л. Ф. Прогностическое обоснование содержания обучения физики для медицинских вузов: автореф. дис. ... канд. пед. наук / Л. Ф. Емчик. – Киев, 1986. – 24 с.

УДК 378:53

## ФОРМИРОВАНИЕ У СТУДЕНТОВ НАВЫКОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ

**Т. М. Чубукова**, ст. преподаватель

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

**Ключевые слова:** самостоятельная работа, формы работы, творческие способности.

**Аннотация.** Самостоятельная работа при изучении физики способствует развитию творческих способностей студентов, их инициативы, формированию готовности к саморазвитию, умений самостоятельно принимать решения в новых, нестандартных условиях, брать на себя

ответственность, находить выход из кризисной ситуации. Именно поэтому самостоятельная работа является не просто важной формой образовательного процесса, но и его основой.

**Keywords:** independent work, forms of work, creative abilities.

**Summary.** Independent work in the study of physics contributes to the development of students' creative abilities, their initiatives, the formation of readiness for self-development, the ability to independently make decisions in new, non-standard conditions, take responsibility, find a way out of a crisis. That is why independent work is not just an important form of the educational process, but also its basis.

Учебный процесс в вузе не возможен без самостоятельной работы студентов. Она является одним из основных средств совершенствования вузовского образования, повышения качества подготовки специалистов, так как учит их пополнять знания, ориентироваться в потоке научной информации.

Самостоятельная работа всегда вызывает у студентов, особенно первых курсов, ряд трудностей. Главная трудность связана с необходимостью самостоятельной организации своей работы. Многие первокурсники испытывают затруднения, связанные с отсутствием навыков анализа, конспектирования, работы с первоисточниками, умением четко и ясно излагать свои мысли, планировать свое время, учитывать индивидуальные особенности своей умственной деятельности и физиологические возможности, практически полным отсутствием психологической готовности к самостоятельной работе, незнанием общих правил ее организации.

Самостоятельная работа выступает средством, с помощью которого можно научить студента систематически, активно и сознательно заниматься изучением курса общей физики, причем для некоторых она может проводиться качественно только в присутствии преподавателя. Самостоятельная работа студентов включает в себя:

- проработку лекционного материала перед практическими и лабораторными занятиями, а также изучение рекомендованной литературы;
- подготовку к лабораторным занятиям: изучение теории по теме лабораторной работы, устройства лабораторной установки или стенда, порядка выполнения работы, оформление отчета по выполненной лабораторной работе;
- подготовку к практическим занятиям: изучение теоретических вопросов, законов и формул по теме практического занятия по решению задач;

- самостоятельное изучение разделов, тем и отдельных вопросов рабочей программы, выносимых на самостоятельное изучение дисциплины;

- написание рефератов по заданной теме;

- подготовку к зачетам или экзаменам по дисциплине.

Особое внимание хотелось бы уделить самостоятельной работе на лабораторных занятиях, которые содержат много возможностей для повышения качества обучения физике будущих специалистов, а также уровня их подготовки в целом.

В процессе выполнения лабораторных работ происходит усвоение физики более эффективно, так как в ходе таких занятий удаётся непосредственно изучить гораздо больше физических явлений и взаимосвязей между ними, чем при лекционных опытах. Выполнение некоторых лабораторных работ связано с решением проблемных ситуаций: обоснованием правильности выбора модели изучаемого явления, теоретическим выводом расчетной формулы, обоснованием погрешностей измеряемых величин. Все это активизирует самостоятельную работу студентов, особенно если студенты выполняют индивидуально различные лабораторные работы. На этих занятиях осуществляется систематический контроль знаний студентов.

Практические занятия так же занимают одно из главных мест в учебном процессе. В процессе анализа и решения задач студенты расширяют и углубляют знания, полученные из лекционного курса и учебников, учатся глубже понимать физические законы и формулы, разбираться в их особенностях, границах применения, приобретают умение применять общие закономерности к конкретным случаям. В процессе решения задач вырабатываются навыки самостоятельной работы при вычислениях, работы со справочной литературой, таблицами.

Для повышения навыков самостоятельной работы актуальными являются следующие формы работы.

Первая форма – пассивное ведение занятия, где один из студентов группы решает задачу у доски под руководством преподавателя, а большинство студентов списывают решение с доски, часто не вникая в ее смысл. В этом случае невозможно проконтролировать самостоятельную работу студентов.

Вторая форма – преподаватель сам у доски решает типичные задачи разбирая их детально, ставит перед студентами проблемные вопросы по ходу решения, знакомит с общими приёмами решения задач

данного типа, дает обзор задач, выделенных для последующего самостоятельного решения в аудитории и дома. Данная форма работы является более эффективной, так как часть задач студенты решают самостоятельно.

Третья форма – основана на том, что студенты после вводных разъяснений по теме занятия решают задачи самостоятельно под контролем преподавателя. При этом студентам не запрещается сверять решения, обмениваться мнениями, пользоваться литературой. Несомненно, количество решенных задач в данном случае будет гораздо меньше, однако у студентов вырабатываются навыки самостоятельного решения задач. Данную форму работы можно с успехом использовать, когда на практические занятия отводится достаточное количество часов. Она является самой эффективной из всех, так как преподаватель может легко контролировать и осуществлять индивидуальную помощь студентам.

В процессе самостоятельного изучения разделов, тем и отдельных вопросов рабочей программы, выносимых на самостоятельное изучение дисциплины студенты сталкиваются с проблемой отсутствия навыков самостоятельного поиска нужной информации и её структуризации. Дальнейшее развитие мыслительной деятельности обусловлено как чисто субъективными факторами, так и наличием необходимой информации. Выход заключается в количественном и качественном укреплении предмета. Студентам даются дополнительные консультации по изучаемым темам, где под контролем преподавателя студенты приходят к логическому завершению поставленного вопроса.

Для развития творческих способностей и самостоятельной деятельности большую роль играет работа по написанию рефератов на заданную тематику. Преподаватели практикуют защиту рефератов студентами перед аудиторией у доски. В данном случае вся аудитория имеет возможность обсудить большой объем вопросов по рассматриваемой теме, а преподаватель имеет возможность проконсультировать не одного студента, а всю группу. Однако, недостатком такой формы работы является то, что этот подход требует много времени.

Условием эффективности самостоятельной работы студентов является разработка комплекса методического обеспечения учебного процесса (конспект лекций по дисциплине, учебно-методические пособия, методические указания к выполнению лабораторных работ, комплекты заданий и задач, рефератов, вопросы для самоконтроля).

Результаты самостоятельной работы студента обязательно должны контролироваться преподавателем. Преподаватель постоянно должен работать над тем, чтобы побуждать студента работать более самостоятельно, что ведёт к непрерывному процессу самосовершенствования и развития самостоятельности не только в обучении, но и в профессиональной деятельности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Айсарина, А. А. Развитие профессиональных умений студента вуза при изучении курса «Физика»: автореф. магистерской дис. / А. А. Айсарина. – Оренбург, 2009. – 19 с.
2. Самостоятельная работа студентов по физике: методические указания для студентов УлГТУ / сост.: Е. Р. Ригер, Ю. Р. Гильманов, Р. К. Лукс, В. В. Ефимов. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 38 с.
3. Практическое руководство по организации самостоятельной работы студентов при изучении дисциплины «Физика»: методическая разработка для студентов очной и заочной форм обучения / В. В. Тропин, В. В. Фомин, Т. П. Колесникова, О. Н. Разнован, Л. А. Дайбова. – Краснодар, 2006. – 53 с.
4. Шарипов, Ф. В. Педагогика высшей школы: учеб. пособие / Ф. В. Шарипов. – Уфа: РИО РУНМЦ МО РБ, 2008. – 326 с.

УДК 631.6

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

**Л. В. Шуляков**, доцент

**Н. П. Хруцкая**, ст. преподаватель

**П. В. Жаренков**, инженер

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

**Ключевые слова:** аспекты; экология; экономика; мелиоративные системы; мелиоративные ландшафты.

**Аннотация:** В статье рассмотрены некоторые аспекты, оказывающие влияние на изменение окружающей природной среды под воздействием мелиоративных и водохозяйственных объектов, дано обоснование мелиоративной и водохозяйственной деятельности на мелиоративных ландшафтах в сочетании с методами борьбы с негативными процессами и организацией рационального природопользования.

**Key words:** aspects; ecology; economics; reclamation systems; reclamation landscapes.

**Summary:** The article considers some aspects that affect the change of the natural environment under the influence of reclamation and water management facilities, provides a justification for reclamation and water management activities in reclamation landscapes in combination with methods of combating negative processes and the organization of rational nature management.

Мелиорация земель является объективной необходимостью в деле преобразования природных комплексов, превращения болот и заболоченных земель в высокопродуктивные сельскохозяйственные угодья, социального и экономического преобразования республики. Почвенно-климатические условия республики не позволяют на площади около 8 млн. га или более 40 процентов ее территории вести интенсивное земледелие из-за переувлажнения. Именно поэтому осушительные мелиорации, которые начаты на территории республики более 120 лет назад имеют основополагающее значение для развития сельскохозяйственного производства. В республике осушено 3,4 млн. гектаров, в том числе 2,9 млн. гектаров под сельскохозяйственное производство, из них под пропашные культуры – 1,3 млн. гектаров, луговые и пастбищные – 1,6 млн. га. На мелиорированных землях производится 30 процентов сельскохозяйственной продукции, в том числе более 50 процентов кормов [1].

В ряде районов республики, особенно в Полесском регионе, осушенные земли составляют 50 процентов сельскохозяйственных угодий и являются основным средством производства для этих хозяйств. Мелиоративные системы и расположенные на них гидротехнические сооружения находятся в государственной собственности и переданы в оперативное управление или хозяйственное ведение юридическим лицам различных форм собственности. Площадь осушенных земель с закрытым дренажем в республике составляет 2,2 млн. гектаров [2].

Мелиорация земель является объективной необходимостью в деле преобразования природных комплексов, превращения болот и заболоченных земель в высокопродуктивные сельскохозяйственные угодья, социального и экономического преобразования республики. Труд мелиоратора всегда был нелегким. Что-бы оценить значимость выполненных работ не одним поколением мелиораторов, необходимо отлить несколько страниц нашей истории и представить – для чего и почему люди вкладывали столько сил и средств в это нелегкое дело.

К великому сожалению, в годы перестройки и последующий за ней период развала экономики, объемы мелиоративных работ резко сокра-

тились из-за снижения, а порой и отсутствия финансирования, мелиоративное состояние осушаемых и орошаемых земель ухудшилось, и их перевели в разряд непригодных к использованию. Зарастают сорной травой поля, не чистятся водоотводные каналы, ветшают плотины, ведется бесконтрольная вырубка лесных массивов даже там, где этого делать нельзя ни в коем случае, и т. п. Хотелось бы увидеть, как такое нужное и важное для земли дело возродится в полном объеме [3].

Мелиорация начиналась испокон веков. В то далекое время это были отдельные усилия, редко встречавшиеся, велись они на примитивной основе, носили неорганизованный, мелкомасштабный характер. Лопата да топор были основными орудиями при прокладке каналов для отвода избыточных вод и корчевки древесной растительности. Следы этих работ, с течением времени, а иногда и очень быстро – исчезали, заносились илом паводков, зарастали осокой и густым ракишником [4].

Начиная с 2000 г. новое осушение в республике не проводится. В настоящее время основной задачей является сохранение и восстановление имеющегося мелиоративного фонда.

Мелиорация почвы является неотъемлемой частью сельского хозяйства и играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности. Однако, процессы мелиорации могут негативно сказываться на экологической системе, приводя к различным проблемам в окружающей среде. Экологические проблемы мелиорации почвы в настоящее время становятся все более актуальными и требуют серьезного внимания. Одной из основных причин экологических проблем мелиорации почвы является неправильное использование химических удобрений и пестицидов.

Для решения экологических проблем мелиорации почвы необходимо применять новые технологии и методы хозяйствования. Важной задачей является максимальное снижение использования химических удобрений и пестицидов, а также использование более эффективных и безопасных альтернативных методов. Контроль и регулирование процессов мелиорации, а также его соответствие экологическим стандартам и нормативам, также представляет большую значимость для предотвращения негативных последствий.

Мелиоративные мероприятия наибольшее влияние оказывают на почву, воду, естественную растительность и животный мир, рыбные запасы, воздушную среду, ландшафты. Процесс этот не был особенно заметным, когда мелиорированные земли занимали небольшую часть площадь. Однако широкомасштабные мелиорации поставили в число

самых актуальных вопросы рационального использования и охраны природных ресурсов от истощения, деградации, загрязнения.

Инженерно-мелиоративный аспект позволяет осуществить рациональное и эффективное размещение мелиоративных и водохозяйственных объектов, осуществить планировочные и культуртехнические, а при необходимости и рекультивационные работы, правильно разместить каналы и другие гидротехнические сооружения. Учет территориально-пространственного аспекта обеспечивает интегральную оценку антропогенного воздействия мелиоративных и водохозяйственных преобразований, а также естественных процессов в природе на качественное состояние окружающей природной среды. И в этом процессе выделяется главная цель – организация рационального и эффективного использования мелиорированных земель, сохранение плодородия почв, повышение роли пространственных условий в улучшении мелиоративных агроландшафтов.

Вместе с тем мелиорация земель, ставшая материальной потребностью жизни общества, должна быть направлена на улучшение природы, повышение ее материальной и эстетической значимости для человека, создание культурных ландшафтов. Глубокие изменения в природной среде происходят не только в пределах зоны применения мелиораций, но и на прилегающих к мелиоративным системам территориях, которые становятся более доступными к освоению. Экологические аспекты проявляются в создании условий, направленных на поддержание эффективного экологического равновесия на прилегающих мелиоративных территориях. При этом предусматривается и внедряется комплекс природоохранных мероприятий, обеспечивающих охрану земельных и водных ресурсов и производство качественной сельскохозяйственной продукции.

Организационно-хозяйственные мероприятия при осуществлении осушительных и оросительных работ предполагают, как правило, внедрение высоких мелиоративных, агротехнических технологий в процессе ведения научно обоснованного мелиоративного земледелия. Социальный аспект в изменении окружающей природной среды под влиянием мелиоративных и водохозяйственных действий проявляется в улучшении условий труда, повышении заинтересованности работников в результатах своей трудовой деятельности, создании условий для свободного предпринимательства и принятия самостоятельных решений, обеспечивающих создание экологической безопасности.

Экологические аспекты неразрывно связаны с хозяйственной стороной проблемы. Мелиорация проводится для интенсивного исполь-

зования земель. Примеров получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур на осушенных землях более чем достаточно. Что же касается утверждения о снижении урожаев, то оно может иметь место только в случае неправильного использования мелиорированных земель, недостаточного внесения удобрений и в целом низкой культуры земледелия. Снижение урожайности может происходить также при неправильной эксплуатации мелиоративных систем, в следствии чего они могут даже выходить из строя.

Влияние осушительной мелиорации на окружающую среду всегда волновало широкую общественность. Острая полемика началась еще во второй половине 19 века, когда экспедицией генерала Жилинского было предпринято осушение Полесья. Возражения Министерства путей сообщения сводилось к тому, что осушение болот приведет к обмелению Днепра и Припяти. Помещики черноземных губерний опасались сокращения атмосферных осадков и учащения засух на юге России. В дискуссию были вовлечены крупные ученые и известные русские писатели. Интересно, что доводы, выдвигавшиеся против мелиорации сто лет назад, практически в той же формулировке выдвигаются и сейчас, несмотря на то, что к настоящему времени накоплен значительный научный и практический опыт [4].

Важно учитывать местные условия, особенности почвы и климата, а также сохранять баланс между потребностью в улучшении плодородия и сохранением экологической устойчивости. Такой подход позволяет сократить негативное воздействие на окружающую среду и сохранить водные ресурсы. Также, важно проводить мониторинг и оценку воздействия мелиорации на окружающую среду. Это позволит отслеживать изменения в почвенном покрове, уровне грунтовых вод и биоразнообразии, а также своевременно корректировать мелиорационные мероприятия для минимизации негативных последствий. Необходимо внедрять экологически устойчивые методы земледелия, органическое земледелие, использовать экологически безопасные удобрения и пестициды. Мониторинг и оценка воздействия мелиорации помогают минимизировать негативные последствия.

Для решения этих проблем необходимо принимать комплексные меры, включающие в себя планирование и реализацию мелиоративных мероприятий с учетом климатических изменений, повышение осведомленности и образованности участников процесса, установление жестких правил использования земли и сотрудничество между различными заинтересованными сторонами. Только таким образом

можно эффективно управлять экологическими проблемами мелиорации почвы и сохранять природные ресурсы для будущих поколений.

Снижение урожайности может происходить также при неправильной эксплуатации мелиоративных систем, в следствии чего они могут даже выходить из строя. На протяжении 30 лет проводятся опыты на территории Пружанской станции мелиоративного земледелия и луговодства. Специалистам пришлось убедиться в том, что на одних и тех же землях, но в зависимости от эффективности использования получаются диаметрально противоположные результаты. Участки, которые используются рационально и грамотно дают стабильные урожаи. На соседних, использующихся без учета обязательных потребностей, отмечены значительные потери урожаев. Таков результат бесхозяйственного использования мелиорированных земель [3].

Анализ эксплуатации мелиоративных систем указывает, что они оказывают как прямое влияние на окружающую природную среду, так и косвенное. Прямое последствие проявляется в упорядоченном использовании водных ресурсов и в создании условий для интенсификации использования мелиорированных сельскохозяйственных земель и в целом сельскохозяйственного производства, а также в поддержании экологического равновесия на мелиоративных системах. Косвенное воздействие мелиоративных объектов на окружающую среду, это такое воздействие, которое как правило, не содержится в мелиоративных объектах и проявляется в оказании некоторого влияния на земельные и водные ресурсы непосредственного мелиоративного объекта, а также на прилегающие территории [6].

Все эти факторы в совокупности создают экологические проблемы в сфере мелиорации почвы, которые имеют негативное влияние на окружающую среду. Для решения этих проблем необходимо принимать комплексные меры, включающие в себя планирование и реализацию мелиоративных мероприятий с учетом климатических изменений, повышение осведомленности и образованности участников процесса, установление жестких правил использования земли и сотрудничество между различными заинтересованными сторонами. Только таким образом можно эффективно управлять экологическими проблемами мелиорации почвы и сохранять природные ресурсы для будущих поколений.

Следовательно, комплексный подход обоснования мелиоративной и водохозяйственной деятельности на мелиоративных ландшафтах в сочетании с методами борьбы с негативными процессами и организацией рационального природопользования создает благоприятную и

надежную основу для формирования устойчивого развития, производства и экономики на мелиорированных землях и в региональном аспекте в целом. Поставленные проблемы охраны окружающей среды в системе мелиорации земель и водохозяйственной деятельности требуют пристального внимания, изучения и практического осуществления в условиях современной производственной деятельности. Наряду с охраной окружающей среды в области мелиорации земель и водохозяйственной деятельности создаются благоприятные социальные условия для повышения комфортности проживания в сельской местности и укрепления здоровья населения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февр. 2021 г., № 59 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь.
2. Мажайский, Ю. А. Природообустройство Полесья / под общ. науч. ред. Ю. А. Мажайского, А. Н. Рокочинского, А. А. Волчека, О. П. Мешика, Е. Езнаха. – Рязань: Мещерский филиал ФГБНУ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2019. – 503 с.
3. Анженков, А. С. Состояние мелиоративных систем в Беларуси: задачи и перспективы / А. С. Анженков, Н. Н. Линкевич // Мелиорация. – 2022. – № 1. – С. 5–12.
4. Жилинский И. И. Очерк работ Западной экспедиции / И. И. Жилинский. – СПб., 1899. – 742 с.
5. Повышение эффективности мелиоративного комплекса Беларуси / А. П. Лихацевич [и др.] // Мелиорация. – 2004. – № 1. – С. 7–22.
6. Чешев, А. С. Использование и охрана мелиорируемых земель в системе агроландшафтов: монография / А. С. Чешев, Л. А. Александровская, Н. В. Алиева. – Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2009. – 262 с.

УДК 631.674

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ ДОЖДЕВАНИИ КАРТОФЕЛЯ

**Л. В. Шуляков**, доцент

**Н. П. Хруцкая**, ст. преподаватель

**П. В. Жаренков**, инженер

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

**Ключевые слова:** границы; влажность почвы; комплексное регулирование; опыты; картофель.

**Аннотация.** Для регулирования водного режима почвы необходим диапазон нижней границы оптимальной влажности почвы, то есть целесообразный интервал доступной влаги в почве. Определение нижней границы оптимальной влажности выполнено для интерпретации результатов опытов по комплексному регулированию водного и питательного режимов суглинистой почвы при возделывании картофеля.

**Key words:** experiments; experiments; potatoes; boundaries; soil moisture; complex regulation.

**Summary.** Regulation of soil water regime requires a range of lower boundary of optimal soil moisture, i.e. an expedient interval of available moisture in soil. Determination of lower boundary of optimum moisture content is carried out for interpretation of results of experiments on complex regulation of water and nutrient regimes of loamy soil under potato cultivation.

Гидромелиорация предоставляет наибольшие возможности для осуществления интенсивных технологий выращивания сельскохозяйственных культур, а увеличение отдачи мелиорируемого гектара сопряжено с интенсификацией земледелия. Комплексное, научно обоснованное сочетание и использование таких факторов, как интенсивные технологии, высокопродуктивные севообороты, может увеличить урожайность до потенциально возможных величин, удовлетворяя при этом требованиям окружающей среды. Для эффективного и экологически безопасного регулирования водного режима почвы, например, с помощью дождевания очень важно установить диапазоны влажности почвы и содержания в ней питательных элементов, в пределах которых создаются благоприятные условия для развития растений, исключаются потери воды. Одним из самых важных звеньев регулирования водного режима является диапазон нижней границы оптимальной влажности почвы, то есть целесообразный интервал доступной влаги в почве, её запасы, которые могут быть наиболее продуктивно использованы растениями. При этом наблюдается самое благоприятное соотношение роста и деятельности корневой системы растений и их надземной части, обеспечивающее получение высокого урожая.

Уравнение баланса влаги справедливо для верхнего слоя почвы зоны аэрации при условиях глубокого залегания грунтовых вод которые, таким образом, не участвуют в подпитывании и увлажнении корневой системы растений. Имея данные наблюдений по текущим значениям интенсивности осадков, испарения, транспирации влаги, по получен-

ным зависимостям возможно оценить изменение содержания влаги в почве за заданный период времени и использовать эту информацию для оперативного управления водным режимом почвы [1].

Одним из самых важных звеньев регулирования водного режима является диапазон нижней границы оптимальной влажности почвы, то есть целесообразный интервал доступной влаги в почве, её запасы, которые могут быть наиболее продуктивно использованы растениями. При этом наблюдается самое благоприятное соотношение роста и деятельности корневой системы растений и их надземной части, обеспечивающее получение высокого урожая.

Кроме того, полевые опыты с различными культурами указывают на то, что в связи с изменением требовательности растений к водному режиму в течение вегетационного периода, нижний предел оптимальной влажности почвы необходимо принимать дифференцированно по фазам развития растений. Результаты многолетних опытов, проведенных, с различными культурами, показали, что основная масса корней (до 90 %) даже в фазы активной вегетации условиях орошения располагается на небольшой глубине (до 0,5–0,6 м). Следует иметь в виду, что в зоне неустойчивого увлажнения возможны наложения осадков и поливов и, непродуктивные сбросы воды.

Таким образом, уровень водообеспеченности растений оказывает влияние на их водный режим в зависимости от погодных условий. Чем выше температура и ниже влажность воздуха, тем труднее растению в условиях низкой влажности почвы поддерживать параметры водного режима листьев на необходимом уровне. В то же время совершенно очевидно, что гомотогидрические растения способны поддерживать свой нормальный водный режим в довольно широком диапазоне влажности почвы. Величина этого диапазона, по-видимому, будет колебаться для одного и того же вида растений в зависимости от почвенных, и особенно климатических, условий и общего числа хлоропластов в растении [1, 2, 3].

Важным показателем состояния водного режима растений является интенсивность транспирации. На этот процесс влияют как экзогенные (влажность почвы, температура и влажность воздуха, солнечная радиация, сила ветра и т. д.), так и эндогенные (физико-химическое состояние коллоидно-плазменной системы, физиолого-биохимические регуляторные механизмы) факторы.

Значение транспирации очень велико. С транспирационным током воды происходит передвижение питательных веществ из почвы через

корни в надземные органы, регулируется температура растения. Основная часть транспирации осуществляется через устьичный аппарат, через него же в обратном направлении осуществляется диффузия углекислоты из воздуха к хлоропластам. Совершенно определенно установлено, что интенсивность транспирации зависит от условий водообеспеченности. Чем выше влажность почвы, если она не является избыточной и не нарушает нормальный воздушный режим, тем выше транспирация и наоборот.

Следует учитывать в снабжении растений водой не только количество доступной влаги в почве, но и скорость её передвижения. Равенство скоростей движения воды в почве и в растении можно считать необходимым условием оптимальности водного режима. Недостаток влаги будет наблюдаться в случае передвижения её в почве со скоростью меньшей, чем в растении. Интенсивное поступление воды к корневой системе, превышающее её поглощение, влечет за собой снижение аэрации. Чем больше воды в почве, тем меньше воздуха, и наоборот: в сухой почве много воздуха, но нет влаги; при затоплении нет воздуха, но много влаги. Следовательно, почвенная влага и почвенный воздух факторы неслучайные, а закономерно изменяющиеся, вода и воздух в почве являются, таким образом, антагонистами.

Оптимальную для растения влажность почвы надо признать самым существенным фактором, поэтому следует рассматривать не наличие какой-то доли её от влагоёмкости, а наиболее благоприятное для жизнедеятельности корневых систем сочетание воды и воздуха в почве. Существует мнение, что вода сама по себе не вредна для растений независимо от её количества в почве. Но при её избытке затрудняется приток кислорода к корневым системам и отвод углекислоты в атмосферу, нарушается аэрация, создаются анаэробные процессы.

Приняв во внимание первый закон биологии факторы жизни незаменимы и равнозначны, можно предположить, что оптимум водного режима будет наблюдаться в том случае, когда объём активной порозности почвы будет в равной степени занят влагой и воздухом. Выполненные полевые опыты позволили установить в конкретных условиях произрастания изменяющиеся по фазам развития растений потребности в обеспечении водой и на основании этого разработать комплекс приемов регулирования водного режима почвы. Водосбережение может быть достигнуто путем максимизации продукционного процесса растений при незначительном по времени дефиците воды, учитывая способность их к саморегуляции, мобилизации жизненных функций и

усиливая эти способности путем создания оптимального для растений уровня минерального питания с помощью удобрений [4].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шуляков, Л. В. Комплексное регулирование водного и питательного режимов почвы при возделывании сельскохозяйственных культур / Л. В. Шуляков // Проблемы мелиоративного строительства и водохозяйственного обустройства сельских территорий на современном этапе: материалы Междунар. науч.-произв. конф. (г. Горки 9–10 апреля 1998 г.). – Горки, 1998. – С. 22–27.
2. Будаговский, А. И. Испарение почвенной влаги / А. И. Будаговский. – М.: Наука, 1965. – 344 с.
3. Саноян, М. Г. Агрометеорологические и агрофизические принципы и методы управления влагообеспеченностью посевов / М. Г. Саноян. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 296 с.
4. Комплексное регулирование условий жизни растений на торфяных почвах / Г. И. Афанасик, Н. С. Шабан, В. Н. Пятницкий [и др.]. – Минск, 1988. – 136 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Желязко В. И.</b> Александр Николаевич Козловский (к истории первого русско-белорусского дренажа) .....	3
<b>Абдулмажидов Х. А., Балабанов В. И.</b> Модернизация рабочего оборудования мелиоративного каналоочистителя ОКН-0,5 .....	6
<b>Арганистова З. Ю., Мазаева А. Л.</b> Общее экологическое состояние атмосферного воздуха Республики Беларусь и трансграничный перенос загрязняющих веществ с территорий граничащих стран .....	11
<b>Афанасенко Е. В., Афанасенко Д. Е., Дятлов В. В.</b> Оптимизация технологического процесса электромагнитной наплавки с учетом распределения температурных полей в поверхностном слое деталей машин трубчатого сечения .....	18
<b>Васильев В. В., Васильева Н. В.</b> Методика определения эффективности использования мелиорированных земель .....	23
<b>Васильев В. В., Васильева Н. В.</b> Проблемы реконструкции гидромелиоративных систем .....	29
<b>Васильева Н. В., Васильев В. В.</b> Определение фазового состава и зависимости, характеризующей компрессионные свойства биогенных грунтов .....	34
<b>Волчек А. А., Городнюк Ю. П.</b> К вопросу влияния зимних температур воздуха на урожайность озимых культур Белорусского Полесья .....	43
<b>Волчек А. А.</b> Асинхронность в колебаниях стока рек запада и востока Беларуси .....	47
<b>Глушко К. А., Глушко К. К.</b> Конструкции устьев коллекторов для ускорения отвода дренажного стока с мелиоративных систем в условиях паводка .....	52
<b>Гусарова Г. Г.</b> Изучение производной в школе и вузе .....	57
<b>Дубина А. В.</b> Особенности проектирования высотных зданий .....	62
<b>Дуброва Ю. Н., Мазаева А. Л.</b> Видовой состав травостоя в зависимости от агроклиматических условий .....	67
<b>Дуброва Ю. Н., Баженов А. С.</b> Экологическое загрязнение земель под влиянием антропогенного воздействия .....	72
<b>Дуброва Ю. Н., Баженов А. С.</b> Эксплуатация мелиоративных систем и их влияние на окружающую среду .....	76
<b>Дуброва Ю. Н., Баженов А. С.</b> Влияние содержания металлов в почвенном покрове на продуктивность агроландшафта .....	80
<b>Дубяго Д. С.</b> Анализ причин появления дефектов бетонных и железобетонных конструктивных элементов гидротехнических сооружений, расположенных на мелиоративных системах .....	83
<b>Желязко В. И.</b> Экономические ущербы в условиях техногенного загрязнения агроландшафтов .....	88
<b>Кириленко Л. Е.</b> Превращение энергии в экологических системах .....	94
<b>Константинов А. А., Лукашевич В. М.</b> Потери воды при дождевании земель в зоне неустойчивого увлажнения .....	97
<b>Копытовский В. В.</b> Агромелиоративные мероприятия на специализированных оросительных системах свиноводческими стоками .....	102
<b>Курзенков С. В.</b> Математика – «Азбука прогресса» в исследовательской деятельности студентов, магистрантов и аспирантов .....	106
<b>Левшунов И. А.</b> Возделывание суданской травы в условиях орошения .....	111
<b>Левшунов И. А.</b> Водная эрозия и поверхностный сток в северо-восточной части Беларуси .....	116

<b>Лихацевич А. П., Латушкина Г. В.</b> Оценка ресурса мелиоративной осушительно-увлажнительной системы при выборе технологии регулирования водного режима почвы .....	121
<b>Лихацевич А. П., Латушкина Г. В., Малышко А. В., Набздоров С. В.</b> Опыт построения математической модели урожайности сельскохозяйственной культуры (на примере сахарной свеклы) .....	129
<b>Лихоманов Н. Д.</b> Эффективность возделывания белокочанной капусты при спринклерном поливе на юге Волгоградской области .....	134
<b>Лукашевич В. М., Константинов А. А.</b> Обоснование необходимости орошения сельскохозяйственных земель в условиях Могилевской области .....	139
<b>Масич В. В.</b> Подготовка экологически компетентного специалиста сельскохозяйственной сферы .....	144
<b>Мельникова Л. И.</b> Пропускная способность башенного водосброса с поплавковым затвором .....	147
<b>Мельникова Л. И.</b> Гидравлика башенного водосброса с поплавковым затвором .....	151
<b>Мирзаде Р. И.</b> Охрана почв – приоритетное направление почвенного музея .....	155
<b>Набздоров С. В.</b> Фазы развития сахарной свеклы при орошении .....	161
<b>Папсуева М. И.</b> Активизация познавательной деятельности студентов .....	166
<b>Подобед М. П.</b> Инновации в преподавании физики в вузе как условие повышения качества образования .....	170
<b>Ракицкий А. И.</b> Пропуск летне-осеннего паводка в русле канала из условий наличия водных и околоводных ассоциаций .....	173
<b>Романов И. А., Гнеденков Д. В.</b> Влияние весенних влагозапасов на вероятность появления почвенной засухи .....	178
<b>Степанова Н. Е.</b> Состояние земель сельскохозяйственного назначения в Волгоградской области .....	182
<b>Стрижников О. А.</b> Биологические основы экосистемного водопользования .....	187
<b>Тюрюков А. Г.</b> Проведение биологической рекультивации на отвалах гидронамывного грунта .....	191
<b>Цвыр А. В.</b> Профессионально ориентированные задачи по физике как средство формирования профессиональных компетенций студентов .....	196
<b>Цвыр А. В.</b> Физика и межпредметные связи с дисциплинами профессионального цикла .....	199
<b>Чубукова Т. М.</b> Формирование у студентов навыков самостоятельной работы при изучении физики .....	203
<b>Шуляков Л. В., Хруцкая Н. П., Жаренков П. В.</b> Экологические аспекты мелиорации земель .....	207
<b>Шуляков Л. В., Хруцкая Н. П., Жаренков П. В.</b> Определение оптимальной влажности почвы при дождевании картофеля .....	213

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

Материалы Международной научно-практической конференции,  
посвященной 105-летию кафедры мелиорации и водного хозяйства

Горки, 11–12 апреля 2024 г.

Редактор *Е. П. Савиц*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*  
Ответственный за выпуск *В. И. Желязко*  
Компьютерный набор и верстка *И. А. Романова*

Подписано в печать 30.08.2024. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 13,02. Уч.-изд. л. 11,71.  
Тираж 20 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.