

# Доклады ТСХА



**Выпуск 292  
Часть II**

**Москва 2020**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

## **ДОКЛАДЫ ТСХА**

**Выпуск 292**

**(Часть II)**

Москва  
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева  
2020

УДК 63(051.2)  
ББК 40

**Доклады ТСХА** : Сборник статей. Выпуск 292. Часть II / Коллектив авторов ; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. – Москва : Издательство РГАУ – МСХА , 2020. – 625 с.

ISBN: 978-5-9675-1759-4

В сборнике включены статьи по материалам докладов ученых РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева , других вузов и научно – исследовательских учреждений на Международной научной конференции , посвященной 125-летию со дня рождения В.С. Немчинова, которая проходила 3-5 декабря 2019 года. Материалы представлены по актуальным проблемам: мелиорации, водного хозяйства и строительства сельскохозяйственных объектов и мелиорации, водного хозяйства и строительства, экологии, охраны труда, почвоведении, географии почв, картографии почв, агропочвоведении, агрохимии, системы удобрений, ландшафтоведения, методов почвенных и агрохимических исследований.

Ответственность за содержание публикаций несет авторский коллектив.

Сборник предназначен для студентов бакалавриата, магистратуры, аспирантов, преподавателей, научных работников, специалистов сельскохозяйственного производства.

*Редакционная коллегия*

Начальник управления научной деятельности **В.Г. Борулько**, ведущий инженер **З.Ф. Садыкова**, доцент **Н.А. Мочунова**, старший преподаватель **В.Н. Минаев**.

ISBN: 978-5-9675-1759-4

© Коллектив авторов, 2020  
© ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА  
имени К.А. Тимирязева, 2020

**ИНСТИТУТ МЕЛИОРАЦИИ, ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА  
И СТРОИТЕЛЬСТВА ИМЕНИ А.Н. КОСТЯКОВА**

УДК 631.6

**ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ  
МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ НА 2021-2030 ГОД**

*Дубенок Николай Николаевич, академик РАН, д.с.-х.н., профессор  
ФГБОУ-ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** Рассмотрены основные составляющие стратегии развития мелиорации земель сельскохозяйственного назначения, представлены технологии, обеспечивающие значительную экономию поливной воды и более эффективное использование земельных ресурсов.*

***Ключевые слова:** мелиорируемые земли, технологии орошения и осушения, сельскохозяйственная продукция.*

Анализ использования мелиорируемых земель и оценка климатических условий за последние годы убедительно показывают, что в новых экономических условиях в Российской Федерации, мелиоративным мероприятиям принадлежит ведущая роль в устойчивом производстве сельскохозяйственной продукции.

В современных экономических условиях наибольшую перспективу имеют менее энергозатратные способы и технологии орошения и осушения и другие мелиоративные приёмы, позволяющие повысить продуктивность мелиорируемого гектара и повысить конкурентоспособность отечественной сельскохозяйственной продукции.

К сожалению, площадь орошаемых земель в стране за последние годы сократилась на 30 % и составляет 4,2 млн.га. Поливны, из-за износа основных средств, осуществляются на 50 % поливных угодий, из которых 860 тыс. га занимают овощные культуры.

Засуха 2010 года в России охватила около 60 млн. га пахотных земель, что составляет 50 % наличия их в стране. Ущерб от засухи составил 80-85 млрд. рублей

Начиная с 1990 года парк дождевальных машин сократился за 15 лет с 80 тыс. единиц до 13 тысяч. Заводы по производству оросительной техники были перепрофилированы, либо престали существовать. В результате из 4,3 млн. орошаемых земель фактически поливалось 800 тыс. га. За последние годы эта цифра выросла до 1 млн. 200 тысяч.

Расчеты показывают, чтобы обеспечить поливом вначале площадь 4,3 млн. га, уровень 1990 года, а далее 10 млн. га, согласно Концепции, потребуется

до 2030 года ежегодно поставлять не менее 8-и тысяч единиц дождевальных машин.

Сотрудниками ФГБНУ ВНИИОЗ в соответствии с ФЦП «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения на 2014-2020 гг.» разработана технология по возделыванию риса при периодических поливах. Такая инновационная технология обеспечивает значительную экономию поливной воды и более эффективное использование земельных ресурсов. Исследованиями установлено, что оросительная норма риса в зависимости от способа полива изменялось от 3750 до 5500 м<sup>3</sup>/га, что в 4-5 раз меньше по сравнению с затоплением рисовых чеков.

В целях расширения производства экспортоориентированных культур во ВНИИОЗе ведется активная работа по выведению новых высокоурожайных сортов кукурузы и сои. Специалистами института выведено 15 гибридов кукурузы, в числе которых Поволжский 89, Поволжский 107, Поволжский 190, Хопер 165, Хопер 250, Лидер 250 и разработаны технологии возделывания кукурузы на орошаемых землях, обеспечивающие выход на запланированные уровни урожайности зерна от 6 до 12 т/га на орошаемых землях, в зависимости от ресурсной обеспеченности сельхозпредприятий.

Учеными РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева совместно с учеными ВНИИОЗ, на основании многолетних исследований впервые в России была разработана технология возделывания риса при капельном орошении.

В данной технологии обоснованные дифференцированные водные режимы почвы позволяющие в сочетании с рекомендованными дозами макроудобрений получать конкурентоспособную урожайность риса при снижении затрат оросительной воды по сравнению с традиционной технологией орошения в 3-5 раз (таб.1).

Таблица 1

**Сочетание управляемых факторов для получения планируемой урожайности риса**

Урожайность, т/га		Оросительная норма м <sup>3</sup> /га	Сочетание факторов	
планируемая	фактическая		влажность почвы перед поливом, % НВ глубина увлажнения, м	дозы минеральных макроудобрений, кг д.в./га
5,00	4,88	4440	(80%, h = 0,6 м)	N109 P62 K75
	5,29	5550	(80%, h = 0,4 и 0,6 м)	
	5,13	4810	(80% и 70%, h = 0,4 и 0,6 м)	
6,00	5,70	4933	(80%, h = 0,6 м)	N131 P74 K90
	6,23	5357	(80%, h = 0,4 и 0,6 м)	
	6,11	4920	(80% и 70%, h = 0,4 и 0,6 м)	
7,00	6,64	4510	(80%, h = 0,6 м)	N157 P90 K108
	6,95	5500	(80%, h = 0,4 и 0,6 м)	
	6,87	4750	(80% и 70%, h = 0,4 и 0,6 м)	

Мелиоративный комплекс России на 01.01.2018 г. представлен 9,1 млн. га мелиорированных земель, в числе которых орошаемых более 4,3 млн. га и осушенных почти 4,8 млн га. В нем занято около 5 % населения страны. Общая стоимость мелиоративного фонда РФ составляет около 307 млрд. руб., в т.ч. в госсобственности – 114 млрд. руб. Научное сопровождение по эффективности использования осушаемых земель обеспечивает ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт использования мелиорированных земель. Ученые института разработаны, апробированы в производственных условиях и рекомендованы для внедрения в хозяйствах: **в области технологий мелиоративного земледелия, в области технологий кормопроизводства на осушаемых землях.**

Ученые РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева разработали методику «Применения современных геосинтетических материалов для создания водо-и воздухонаполняемых временных мембрано-вантовых сооружений и устройств, необходимых для регулирования уровня воды в каналах».

**Практическая ценность ожидаемых результатов.**

Модернизация существующих ирригационных систем;

Создание гидромелиоративных систем нового поколения;

Дистанционный сбор данных о состоянии системы и управление ей; Создание баз данных и баз знаний;

Экономия энергетических ресурсов, экономия трудозатрат;

Создание интеллектуальных рабочих мест.

Наукоемкие технологии, разработанные нашими коллегами по Евразийскому союзу из научно-исследовательского института Мелиорации и водного хозяйства Республики Беларусь. Необходимо отметить, что вся нормативная и методическая база по мелиорации и сельскохозяйственному использованию осушенных земель в республике создается институтом или на базе его исследований.

Учеными института разработан ряд эффективных ресурсосберегающих технологий и технических средств: **облегченные дренажные устья (рис.1).**

Разработано два типа: УПС-1.0, УПС-1.5 с модификациями. Выбор модификации зависит от диаметра коллектора. УПС-1.0 имеет водосбросной лоток-гастель длиной 1 м, а УПС-1.5 – 1.5 м. Доборный лоток-гастель имеет длину 1 м.



Рисунок 1 - Облегченные дренажные устья

**Облегченные колодцы-поглотители (рис.2).** Разработано шесть типов колодцев поглотителей: КПП-1, КПП-2, КПП-3, КПП-4, КПП-5, КПП-6 (расход – 50 л/с) с модификациями. Выбор модификации определяется диаметром коллектора.



Рисунок 2- **Облегченные колодцы поглотители**

**Усовершенствованные колонки-поглотители.**

Разработано три типа: КПФ-1 (расход-0.2 л/с, КПФ-2 (расход-0.4 л/с), КПФ-3 (расход-0.7 л/с) с модификациями. Выбор модификации определяется диаметром дрены.



Рисунок 3 - **Комплект диагностико-поискового оборудования для обнаружения дефектов ГТС КСД-160.**

1 - модуль для осмотра подводных элементов на глубине до 5 м; 2 - модуль для внутреннего осмотра линейных элементов (коллекторов, труб) – 160м; 3 - автономный блок управления

### **Рекомендации по ремонту шлюзов-регуляторов на реках водоприемниках при реконструкции мелиоративных систем.**

Обобщающен опыт и современные технологии ремонта шлюзов регуляторов на реках-водоприемниках применяемые в мелиорации. Предназначены для работников предприятий мелиоративной отрасли, осуществляющих ремонтно-строительные работы, разрабатывающих проекты ремонта, реконструкции и восстановления мелиоративных систем и сооружений на них.

### **Комплект диагностико-поискового оборудования для обнаружения дефектов ГТС КСД-160.**

Оборудование позволяет вести неразрушающую диагностику, минимизировать затраты на обследование подводных подземных и иных труднодоступных элементов гидротехнических сооружений, повысить качество диагностики, снизить затраты на ремонтные работы.

### **Рекомендации по техническому уходу и текущему ремонту труб-регуляторов на открытой проводящей сети**

Обобщен опыт по техническому уходу и ремонту труб-регуляторов. Подобраны эффективные схемы, материалы и технологии восстановления и поддержания работоспособности труб-регуляторов на мелиоративной сети. В рекомендациях приведены локальные сметы и ведомости основных объемов работ при техническом уходе и ремонте наиболее часто встречающихся нарушений (в качестве примеров).

## **Библиографический список**

1. Дубенок Н.Н., Безбородов Ю.Г. и др. Землеустройство: землеустроительные работы по почвозащитной организации территории в условиях проявления эрозионных процессов: учеб. пособие... / Рос. гос. аграр. ун-т - МСХА им. К.А. Тимирязева. - М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2013. - 135 с.
2. Дубенок Н.Н., Шенцева Е.В. Технология возделывания ранних баклажан при капельном орошении / - СПб.: АФИ, 2014. - 246 с.
3. Дубенок Н.Н., Семенко С.Я. и др. Машины и орудия для улучшения мелиоративного состояния почв и ухода за посевами. Современные разработки: моногр. /- Волгоград, 2016. - 242 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 г.»-М.: НИА-Природа, 2016-270 с.
5. Дубенок Н.Н. Итоги деятельности отделения мелиорации, водного и лесного хозяйства россельхозакадемии за 2011 год // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2012. № 4. С. 16-21.
6. Дубенок Н.Н. Состояние и перспективы разработки машинных технологий и технических средств для комплексной мелиорации сельхозугодий // Мелиорация и водное хозяйство. 2011. №6. С. 8-10.
7. Дубенок Н.Н., Бородычев В.В., Новиков Н.Н., Коновалова Г.В. Особенности агротехники зерновой кукурузы на орошаемых землях Нижнего Поволжья. // Плодородие. 2016. № 1. С.35-38

8. Дубенок Н.Н., Иванов А.Л., Свинцов И.П. Приоритеты научного обеспечения мелиорации // Вестник РАСХН. Москва. 2011. № 1. С.7-9.
9. Дубенок Н.Н., Кружилин И.П., Ганиев М.А., Абду Н.М. Водосберегающая технология возделывания аэробного риса при капельном орошении // Известия ТСХА, 2015. № 3. С. 47-56.
10. Дубенок Н.Н., Сухарев В.И. Водный баланс агроландшафтов Центрального Черноземья и его регулирование: М.: Колос, 2010. 188 с.
11. Дубенок Н.Н., Якушев В.П., Янко Ю.Г. Мелиорация земель Ленинградской области: проблемы и инновационные пути их разрешения // Агрофизика. 2013. № 2. С. 2-9.
12. Петрушин А.Ф., Митрофанов Е.П. Оценка состояния дренажных систем сельскохозяйственного поля с помощью данных дистанционного зондирования // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 4. С. 17-20.
13. Якушев В.П., Усков И.Б., Янко Ю.Г. Мелиорация Северо-Запада России и ее результаты (на примере Ленинградской области) // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 3. С. 59-61.
14. Янко Ю.Г., Петрушин А.Ф., Митрофанов Е.П. Техническое обследование осушенных мелиорированных земель беспилотными летательными аппаратами Technical survey of drained reclaimed lands with unmanned aerial vehicle (drones) // В сборнике: Юбилейный международный сборник научных трудов "Технологии и технические средства в мелиорации", посвященный 50-летию начала реализации широкомасштабной программы мелиорации земель и 50-летию образования ВНИИ "Радуга" Коломна, 2016. С. 178-183.

УДК 556.1.491.5

## **МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СЦЕНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗЕМЛЕ- И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

*Карпенко Нина Петровна, профессор кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, ФГБОУ ВО РГАУ-МС ХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация: разработана методика проведения сценарных исследований земле- и водопользования в границах водосборных территорий. Реализация предложенной методики проведена для водосбора реки Медвенка, для которого установлены закономерности формирования гидролого-гидрогеологических процессов при антропогенном воздействии.*

*Ключевые слова: водосборные территории, сценарные исследования, антропогенные нагрузки, гидролого-гидрогеологические процессы, моделирование*

Важным этапом гидролого-гидрогеологических исследований, которые необходимы при изучении взаимодействия поверхностного и подземного стока

на водосборных территориях, является проведение сценарных исследований земле- и водопользования по оценке последствий антропогенных воздействий. В настоящее время для эффективного решения проблемы рационального природообустройства и водопользования целесообразно использование многовариантных сценарных исследований для изучения природных и природно-антропогенных процессов различного уровня. Множественность сценариев позволяет выбрать наиболее оптимальный с точки зрения эколого-экономического обоснования вариант антропогенного воздействия на водосборный бассейн. В зависимости от решаемой цели в сценарных исследованиях предполагается двухуровневая иерархия их проведения: нижний – детально-локальный уровень и верхний – региональный.

На нижнем уровне основная цель проведения сценарных исследований состоит в изучении структуры водосбора и оценке элементов водного баланса водосбора в пределах морфогенетических элементов. Верхний региональный уровень сценарных исследований позволяет рассматривать различные варианты антропогенных воздействий земле- и водопользования (соотношение площадей, занятых под луг, пашню, лес и т.д.) в границах водосборной территории. На основе анализа вариантов землепользования представляется возможным оценить масштаб негативных последствий и размеры экологических ущербов.

Современная антропогенная деятельность связана с интенсивным воздействием на природные ландшафты, в результате чего происходит трансформация водосбора, истощение водных ресурсов, загрязнение природных компонентов, ухудшение экологических условий и т.д. Особенно остро эти проблемы стоят при мелиорации водосборных территорий, в пределах которых заметно проявляется взаимовлияние различных видов хозяйственной деятельности и в которых замыкаются все региональные водные и солевые балансы.

В физико-географическом отношении водосборные бассейны представляют собой набор участков с различными природными условиями и своим характером землепользования, специфика которого накладывается на структуру водного баланса территории, формирующей закономерности режима подземных вод, поверхностного стока, динамику руслового стока и т.д. В проблеме экологической безопасности водосборного бассейна ключевым вопросом является моделирование природных и природно-антропогенных процессов гидролого-гидрогеологического цикла при различных вариантах землепользования.

Проблема рационального и эффективного использования водных и земельных ресурсов в границах водосборных территорий в значительной степени связана с точностью и детальностью прогнозов вариантов воздействия проектируемых народнохозяйственных проектов и антропогенных нагрузок на природную среду. Формирование подземного и поверхностного стока в речных бассейнах происходит в результате комплексного взаимодействия разнообразных природных и искусственных факторов. Поэтому выявить ведущие факторы, оценить их роль при различных сценариях антропогенного воздействия и определить степень трансформации поверхностного и подземного стока возможно только с помощью математического моделирования.

В основе методики сценарных исследований предполагается обоснованный выбор и построение модели объекта, позволяющей проводить различные варианты земле- и водопользования в границах водосборной территории. Для выбранных речных бассейнов основной расчетной моделью является региональная модель водосбора, на основе которой можно проводить модельные сценарные исследования по качественному и количественному изменению состояния земельных и водных ресурсов, почв, поверхностных и подземных вод в результате различных видов хозяйственной деятельности (комплексные мелиорации, распашка земель, сведение леса и т.д.).

Основу методики сценарных исследований на водосборных бассейнах составляет имитация различных ситуаций и проигрывание вариантов хозяйственной деятельности на моделях, которые дают возможность выявить ведущие факторы формирования природных и природно-антропогенных процессов, изучить пространственную структуру водного баланса, определить соотношение и взаимосвязь поверхностного и подземного стока и т.д. Результаты сценарных исследований позволяют более обоснованно, с точки зрения эффективного природопользования и минимальных экологических последствий, выбрать наиболее приемлемый вариант антропогенных воздействий с точки зрения эколого-экономических расчетов.

Анализ отечественного и зарубежного опыта работ по поставленной проблеме показывает необходимость и востребованность научных исследований по вопросам прогнозирования природных и природно-антропогенных процессов для водосборных бассейнов с использованием современных программных средств и ГИС-технологий. Наиболее адекватной прогнозной моделью водосборных бассейнов является региональная гидролого-гидрогеологическая модель (типа «MIKE SHE»), представляющая собой современный комплекс разработок математического и программного обеспечения для сценарных исследований изменения природной среды. В настоящее время такие модели являются основой для управления сложными природными процессами (гидрологическими, гидродинамическими, гидрогеохимическими, почвенными и т.д.) с целью выбора и разработки комплекса необходимых природоохранных мероприятий для минимизации негативных последствий в пределах водосборных территорий [1].

Анализ изучения теории управления сложных систем и опыт применения моделей гидролого-гидрогеологического цикла показывает, что в качестве инструмента для эффективного решения проблемы при имитационном моделировании целесообразно использования сценарного подхода и сценарных исследований для изучения поведения изменений природных и природно-антропогенных процессов.

Генерацию сценариев различных вариантов водо- и землепользования на водосборах можно осуществить в рамках сценарного анализа, используемого в качестве общей методологии исследования гидролого-гидрогеологических процессов в границах речных бассейнов. *Региональные сценарии* моделируют поведение региональных природных и природно-антропогенных процессов,

при которых создается их синергетическое взаимодействие. Выбор того или иного варианта должен обосновываться не только с определенным народно-хозяйственным эффектом, но и с учетом возможных экологических ущербов для каждой конкретной декомпозируемой среды. Региональные сценарии представляется возможным изучать только на пространственных трехмерных моделях водосборных бассейнов, рассматривающих и моделирующих все процессы гидролого-гидрогеологического цикла во взаимной увязке [2].

При формировании *локальных сценариев* в границах водосбора необходимо учитывать особенности и специфику поведения природно-антропогенных процессов в пределах каждой компоненты – на поверхности водосбора, в почвах и в породах зоны аэрации, поверхностных водах, руслового стока, подземных вод. Локальные сценарии дают возможность охарактеризовать и количественно описать аттрактивное поведение природного процесса в пределах отдельной составляющей системы. Локальные сценарии взаимодействия поверхностного и подземного стока, а также регулирования уровня грунтовых вод на водосборных территориях включают рассмотрение вариантов изменения уровня грунтовых вод с помощью различных мероприятий (горизонтального дренажа, подпорных сооружений на водотоках, вертикального дренажа и т.д.). При этом степень регулирования уровней грунтовых вод в значительной степени зависит от конструкции и параметров регулирующих устройств и типа водного питания земель.

Заключительным этапом в методике сценарных исследований является этап количественных оценок суммарных экологических ущербов, который должен базироваться на эколого-экономической эффективности предложенного комплекса природоохранных мероприятий, позволяющих либо не допустить развитие негативных последствий, либо компенсировать эти последствия.

Структурная схема методики проведения сценарных исследований земле- и водопользования на водосборных территориях показана на рисунке.

Реализация предложенной методики сценарных исследований по оценке антропогенных воздействий проводилась для водосборной территории реки Медвенка, расположенной в Одинцовском районе Московской области. Выполненные исследования по моделированию позволили выявить основные закономерности изменения гидролого-гидрогеологических процессов, которые формируются в результате различных вариантов земле- и водопользования.

Анализ результатов проведенного моделирования по нескольким сценариям показал изменение составляющих водного баланса водосборного бассейна р. Медвенки и гидролого-гидрогеологических условий в границах исследуемого водосбора (таблица) [3]:



Рисунок – Структурная схема методики проведения сценарных исследований земле- и водопользования на водосборных территориях

Таблица

Структура водного баланса водосборного бассейна р. Медвенки по результатам моделирования

№ п/п	Составляющие элементы водного баланса	Естественные условия	Сценарий полного залесения	Сценарий полного сведения леса
1.	Атмосферные осадки	625	625	625
2.	Суммарное испарение	429	444	405
3.	Сток весеннего половодья: - дождевой сток - подземный сток	104 63	70 85	146 50
4.	Питание грунтовых вод	74	95	61
5.	Речной сток	196	181	221

Таким образом, результаты проведенных сценарных исследований на конкретном водосборе дали возможность выявить основные региональные закономерности изменения процессов гидролого-гидрогеологического цикла и оценить основные составляющие регионального водного баланса для водосборной территории. Проведенные исследования и полученные результаты дают основания считать, что предложенная методика сценарных исследований и ее применение может найти широкое применение для широкого круга мелиоративных и водохозяйственных задач, и в частности при обосновании мелиораций водосборов.

### **Библиографический список**

1. Карпенко Н.П. Использование ГИС-инструментария при решении задач управления техноприродными процессами в границах водосборного бассейна. – Материалы V-ой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2011)» 3-5 октября 2011 г., Россия, г. Москва. – М.: ИРУ РАН. – 2011. – С. 361-364.

2. Карпенко Н.П. Комплексная оценка взаимосвязи поверхностных и подземных вод и их уязвимости в бассейнах малых рек Московского региона. – Материалы международной научно-практической конференции «Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения» (Костяковские чтения). – М.: ВНИИГиМ. – 2016. – С.157-162.

3. Карпенко Н.П. Оценка геоэкологической ситуации речных бассейнов на основе атрибутивных показателей и обобщенных геоэкологических рисков // Природообустройство. – 2018. – № 2. – С.15-22.

УДК 502/504:627.81; 556.18

### **ОСОБЕННОСТИ ТРАНСГРАНИЧНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ КОНТРОЛЕ ВНЕШНЕГО ПРИТОКА**

*Раткович Лев Данилович, профессор кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** Рассматриваются наиболее напряженные трансграничные створы российских рек с неопределенным или слабо-прогнозируемым режимом внешнего притока. Рекомендуются мероприятия для улучшения обстановки. Разработана компьютерная модель в программной среде Excel для быстрой оценки суммарной гарантированной водоотдачи условного водохранилища по согласованному набору критериев покрытия водопотребления.*

***Ключевые слова:** имитационное моделирование, алгоритм «поиска решения», критерии удовлетворения требований к водным ресурсам.*

Вопросы распределения и совместного использования водных ресурсов трансграничных водных объектов особенно актуальны на протяжении последних десятилетий. Дефицит воды - проблема мирового масштаба. По данным ООН более чем в 18 странах мира наблюдается дефицит воды, а к 2025 году их количество вырастет до 33. На критически низком уровне водообеспеченности находятся Ближний Восток, Северный Китай, Мексика, страны Северной Африки, Юго-Восточной Азии и ряд постсоветских государств.

Особенности трансграничных проблем рассматриваются в работах разных авторов [1-3], и на международных форумах [4, 5]. Экономические, политические и правовые аспекты трансграничных проблем общего характера рассмотрены в частности в работе [6]. Следует отметить, что многие факторы препятствуют достоверной оценке водных ресурсов вследствие антропогенного воздействия и вероятных изменений климата. Методы учета антропогенного влияния достаточно полно рассмотрены в литературе. Что касается оценок изменения климата, объем данных далеко недостаточен для введения в гидрологические показатели достоверных временных трендов.

### **Цель и задачи исследований**

В процессе исследований анализируются наиболее проблемные точки трансграничных речных бассейнов на территории постсоветского пространства и сформулированы первоочередные задачи, которые необходимо решить перед разработкой детальных правил управления водными ресурсами. Это важно, поскольку на настоящий момент ни на одном из этих объектов задача совместного и рационального водопользования не решена, в значительной степени в связи с ограниченным контролем притока к трансграничным створам.

Другая часть работы была связана с разработкой относительно универсального программного модуля для быстрой экспертной оценки гарантированного годового объема воды, обеспечиваемого за счет многолетнего регулирования стока. Выполнение этой части работы невозможно без обобщения системы критериев удовлетворения водопотребителей.

Цель исследований состояла, таким образом, в совершенствовании методики экспертной оценки водохозяйственного потенциала в трансграничных створах для последующих международных соглашений на основе обобщенных критериев покрытия водопотребления. Задачи исследований:

краткий анализ водохозяйственной обстановки на выбранных объектах с обозначением центральной проблемы и рекомендациями по ее решению

разработка программного модуля модели для оценки водно-ресурсного потенциала в трансграничных створах

### **Материалы и методы исследований**

Рассмотрены три объекта с многолетним регулированием на постсоветском пространстве, где трансграничные проблемы актуальны с момента распада СССР.

**Река Иртыш**, одна из крупных рек России, характеризуется не только масштабами (площадь водосбора составляет 1643 тыс. км<sup>2</sup>, средний сток в устье более 95 км<sup>3</sup>/год), но и множеством водохозяйственных и экологических про-

блем, осложненных двумя трансграничными створами: КНР-Казахстан и Казахстан-Россия. Наиболее сложным является участок реки, находящийся на территории республики Казахстан, поскольку именно здесь происходит масштабное регулирование стока, поступающего из КНР.

Суммарные требования к водным ресурсам на участке от Бухтарминской ГЭС до границы с Россией в соответствии с исследованиями [3] оцениваются в интервале (28.9-32.5) км<sup>3</sup> при среднемноголетнем стоке на границе России с Казахстаном примерно 29 км<sup>3</sup>.

Теоретический предел гарантированной отдачи водохранилища при проектных обеспеченностях покрытия водопотребления – это средний сток за многолетие, 29 км<sup>3</sup> в год. Таким образом, даже при наиболее умеренном сценарии роста водопотребления, есть основания считать, что действующие правила использования водных ресурсов (ПИВР) Бухтарминского и Шульбинского водохранилищ построены на неопределенной исходной информации и, фактически, без сформулированной цели. Неопределенность создается такими факторами как: изъятие стока на территории КНР, развитие ирригации в Казахстане, обеспечение попусков на обводнение плодородной поймы Иртыша, отсутствие трехстороннего (КНР-Казахстан-Россия) взаимодействия в области управления и использования водных ресурсов Иртыша. Кроме того, значительное влияние на проблемы бассейна оказало изменение политической ситуации после распада Советского Союза, сломавшее достаточно стройную систему управления каскадом водохранилищ.

Главные задачи управления водными ресурсами на данном объекте: уточнение основных гидрологических характеристик в трансграничных створах;

- оценка располагаемых водных ресурсов в условиях многолетнего регулирования;
- прогноз водопотребления в КНР и Казахстане с учетом проектов территориального перераспределения стока в КНР и развития ирригации в Казахстане
- уточнение режима отраслевых попусков Бухтарминского водохранилища, объем и периодичность попусков для обводнения поймы Иртыша, согласование водного режима в трансграничных створах.

**Река Тобол**, самый крупный из притоков Иртыша со своими водохозяйственными и экологическими проблемами. Сток реки на территории Казахстана практически полностью контролируется каскадом Верхнетобольского и Каратомарского водохранилищ многолетнего регулирования. Водоохранилища являются источниками водоснабжения нескольких городов и других водопотребителей в Казахстане. Кроме того, гидроузлы определяют водный режим в трансграничном створе. Именно на границе естественная изменчивость годового стока является экстремальной ( $C_v > 1$ ). Это означает, что естественный гарантированный сток 95 % обеспеченности составляет здесь всего 25 млн. м<sup>3</sup> при среднемноголетнем стоке 550 млн. м<sup>3</sup>. Поскольку осуществляется глубокое многолетнее регулирование на территории одной из сопредельных стран, соглашения должны быть профессионально обоснованы.

Не останавливаясь на положительных моментах взаимодействия России и Казахстана по рассматриваемой проблеме, отметим негативные аспекты. В соглашениях отсутствуют четкие положения, регламентирующие ответственность сторон за качество водных ресурсов на границе. В связи с этим, трансграничные воды подвержены значительному загрязнению нефтепродуктами, фенолами, нитратами, тяжелыми металлами. Частично проблему мог бы решить согласованный попуск каскада водохранилищ, но требования к транзитному стоку со стороны Казахстана не гарантированы существующими договоренностями. Должен быть определен объем и режим попуска, при котором класс качества воды хотя бы приближался к «умеренно загрязненному». При сохранении существующего положения верхний Тобол может потерять экологическое значение как водный объект.

Главная задача анализа при имитационном моделировании в условиях многолетнего регулирования: режим стока в трансграничном створе в различных по водности условиях с учетом вариантов регулирования стока на территории РФ и соответствующая оценка качества водных ресурсов.

Специфическая ситуация складывается в бассейне реки *Северский Донец*. Река берет начало в Белгородской области в России, затем протекает по Украине через территорию Донбасса и вновь попадает в Россию (рис. 1). Водообеспечение Донбасса находилось в прямой зависимости от водоподдачи из канала Днепр – Донбасс. Режим водоподдачи резко сократился, более определенной информации нет. В этой ситуации целесообразно возвращение функций многолетнего регулирования водохранилищ Краснопавловскому и Краснооскольскому (на притоке Оскол). Требуется оценка водохозяйственной способности этих объектов, для этого необходимо исследование параметров стока Северского Донца и согласование схемы управления водными ресурсами Россией и Украиной. Варианты сценариев регулирования стока должны учитывать интересы двух стран.



Рисунок - 1 Схема бассейна реки Северский Донец

Следует отметить, что ключевыми моментами при обосновании решений по управлению водными ресурсами и согласовании запросов к ним являются критерии покрытия водопотребления и необходимость оценки водообеспеченности водохозяйственного комплекса не по отдельным годам с характерной обеспеченностью, а по всему спектру водности.

## Описание алгоритма программного модуля для оценки водохозяйственного потенциала в трансграничном створе.

Для решения задачи должны быть определены: схема водообеспечения, модель стока, структура водохозяйственного баланса и критерии удовлетворения требований водопотребителей. Названные факторы становятся основой имитационного моделирования. Для оценки водохозяйственного потенциала объекта необходим, прежде всего, годовой объем. Обобщения по малым расчетным интервалам невозможен, поскольку эти интервалы (месяц, декада, пентада) являются фазово-неустойчивыми. Кроме того, внутригодовое распределение водоотдачи регламентируется детальными правилами управления водными ресурсами. Примем наиболее простую схему водообеспечения – одиночное водохранилище многолетнего регулирования, условно располагающееся в трансграничном створе.

Приток к створу водохранилища определяется в результате трансформации стока по длине реки с учетом регулирования и реальных водозаборов выше по течению. Для выполнения имитационного моделирования режим притока должен быть представлен многолетним гидрологическим рядом, который принимается за прототип будущего водного режима.

Однородная выборка длиной 100 лет, в принципе достаточно хорошо передает свойства генеральной совокупности. Вопрос увеличения длины ряда в нашем случае принципиален, поскольку листинг результатов имитационного эксперимента выходит в этом случае за рамки листа Excel, а алгоритм «поиска решения» может не справиться с большой задачей. В модель закладывается стандартная структура водохозяйственного баланса. В качестве критериев удовлетворения водопотребления принимаются три обеспеченности по диапазонам водоотдачи. Формально постановка решаемой задачи описывается функционалом (1).

$$\alpha = f(C_v, M, Kr, \beta) \rightarrow \max \quad (1),$$

$\alpha$  – относительная гарантированная отдача водохранилища, где  $\alpha = A/\bar{S}$ ;  $A$  – суммарный нормативный запрос к водным ресурсам;  $M$  – принятая модель стока  $Kr$  – набор критериев покрытия водопотребления;  $\beta$  – относительная многолетняя составляющая объема водохранилища, где  $\beta = V/\bar{S}$ ,  $V$  – многолетняя составляющая объема водохранилища

Система критериев, принятая в модели, включает обеспеченности  $P_i$  диапазонов водоотдачи трех групп лет, в каждой из которых дефицит не превышает заданного значения  $P(D \leq D_{max}^i) = P_i$ ,  $P_i$  – вероятность того, что дефицит не превысит максимально допустимого дефицита  $i$ -ой группы  $D_{max}^i$ . На практике таких групп будет не более трех, принимая во внимание отраслевые особенности промышленности, гидроэнергетики, водного транспорта и орошения. Достоверность результатов обусловлена использованием традиционных методов водохозяйственных расчетов и нелинейной оптимизации, опирающихся на вероятностную модель годового стока, алгоритм водохозяйственного баланса по многолетнему гидрологическому ряду, процедуру «поиска решения», встроенную в оболочку Excel. Общий алгоритм достаточно прозрачен и легко прочитывается в ячейках листинга, который не представляется в статье в связи с ограничениями по объему материала.

## **Заключение**

Совместное управление водными ресурсами трансграничных рек многофакторная задача, при решении которой необходимо учитывать водохозяйственные, экономические, политические и правовые аспекты.

Проведенные исследования позволили обобщить проблематику трансграничных рек, выявить наиболее острые проблемы на примере ряда объектов на территории бывшего СССР и сформулировать необходимые рекомендации. Предложен программный модуль для быстрой оценки водохозяйственного потенциала в трансграничных створах, ориентированный на практическое использование в инженерной практике.

## **Библиографический список**

1. И. Ван Бик, П. Лаукс Планирование и управление водохозяйственными системами. Введение в методы, модели и приложения: монография / И. Ван Бик, П. Лаукс; под ред. М. В. Селиверстовой; Федеральное агентство водных ресурсов; пер. с англ. А. В. Степанова [и др.]. – М.: Юстицинформ, 2009. – 660 с.
2. Раткович Л.Д., Козлов Д.В. Водохозяйственные аспекты трансграничного вододеления и совместного управления водными ресурсами. Материалы второй международной конференции «Управление трансграничными водными ресурсами», 500 экз., 185 с. (с.165-176), Московский государственный университет природообустройства, Москва 2010, ISBN 978-5-89231-303-2
3. Раткович Л.Д., Бовина Ю.А. Aspects of Irtysh's water resources use being under transboundary influence. Международная научно-практическая конференция «Водный форум БРИКС» проводится при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (тезисы доклада, презентация на английском языке), 2017
4. Рысбеков Ю.Х. Трансграничное сотрудничество на международных реках: проблемы, опыт, уроки, прогнозы экспертов // Под ред. В.А. Духовного. - Ташкент: НИЦ МКВК, 2009. - 203 с. ISBN 9965-32-944-3. [http://www.cawater-info.net/library/rus/carewib/transbound\\_coop.pdf](http://www.cawater-info.net/library/rus/carewib/transbound_coop.pdf)
5. Трансграничные водные ресурсы: совместное использование. Информационные сборники 30, 31. НИЦ МКВК. Узбекистан, Ташкент. Август, 2009, 56 с.
6. Уотерс Патриция. К., Виноградов С., Алан А., Джоунс П., Риу-Кларк А. Совместное использование трансграничных вод. Комплексная оценка правового статуса: модель правовой оценки. Международная гидрологическая программа -VI, Технические документы по гидрологии, № 74 ЮНЕСКО, Париж, 2005 г.

## ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

**Балабанов Виктор Иванович**, докт. техн. наук, профессор Российской государственной аграрной университет – МСХА имени К.А. Тимирязева.

**Аннотация.** В статье отмечается, что в рамках цифровой экономики в Российской Федерации необходимо развитие беспилотных автоматических систем, в том числе беспилотных летательных аппаратов, создание «умных комбайнов» и роботов для природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях. Приводятся основные этапы их развития в сельском хозяйстве включающих три этапа: адаптация существующих систем; разработка программно-инструментальной среды для беспилотных средств; создание и использование беспилотных систем.

**Ключевые слова:** цифровая экономика, сельское хозяйство, беспилотная система, робот, координатное земледелие.

**Annotation.** The article notes that in the framework of the digital economy in the Russian Federation, the development of unmanned automatic systems, including unmanned aerial vehicles, the creation of “smart harvesters” and robots for environmental management and protection in emergency situations is necessary. The main stages of their development in agriculture are presented, including three stages: adaptation of existing systems; development of software and instrumental environment for unmanned aerial vehicles; creation and use of unmanned systems.

**Key words:** digital economy, agriculture, unmanned system, robot, coordinate farming.

В настоящее время из ключевых задач развития экономики Российской Федерации является существенное увеличение доли отраслей и производств, работающих в рамках Пятого технологического уклада (Информационного). Пятый уклад опирается на достижения в области микроэлектроники, информатики, биотехнологии, геной инженерии, новых видов энергии, материалов, освоения космического пространства, спутниковой связи и т. п. Происходит переход от разрозненных фирм к единой сети крупных и мелких компаний, соединенных электронной сетью на основе Интернета, осуществляющих тесное взаимодействие в области технологий, контроля качества продукции, планирования инноваций, интернета вещей. В настоящее время российская экономика в этой области существенно отстает от наиболее развитых стран и сокращение отставания в информационной области представляет собой первоочередную задачу. Решением этой задачи является строительство цифровой экономики, соответствующей Пятому технологическому укладу [1-4].

Российское, как, кстати, и в целом мировое сельское хозяйство, все еще отстает в применении роботизированных систем по сравнению с другими отраслями экономики, поэтому исследования в этом направлении с каждым годом будут развиваться все более ускоренными темпами.

В развитии беспилотных систем в сельском хозяйстве можно выделить три основных этапа:

1 этап. Адаптация существующих систем.

В рамках этого этапа, который фактически уже закончен, происходит установка на действующую серийную технику навигационных систем, систем технического зрения, необходимых датчиков и соответствующего компьютерного и программного обеспечения для обеспечения полуавтоматического управления движением, сбора и обработки данных.

2 Этап. Разработка программно-инструментальной среды для беспилотных средств.

Для этого этапа характерно развитие информационных технологий и создание программных продуктов, способных собирать и эффективно анализировать большие объемы информации, так называемые Big Data - структурированных и неструктурированных данных огромных объемов и значительного разнообразия, высокоэффективно обрабатываемых горизонтально масштабируемыми программными продуктами.

3. Создание и использование беспилотных систем.

Применение беспилотных роботизированных систем позволяет оперативно и эффективно проводить инвентаризацию (геофенсинг) сельскохозяйственных земель; создавать карты полей для оценки их кадастровой стоимости; строить ортофотопланы поверхности; вести мониторинг состояния полей под паром и посевов сельскохозяйственных культур; проводить анализ и расчет растительных индексов, а также осуществлять различного рода контроль и управление агротехническими мероприятиями в координатном (точном) земледелии [5-7].

В настоящее время в этом направлении наиболее пристальное внимание уделяется применению беспилотных авиационных систем в рамках Национальной технологической инициативы (*AeroNet* - распределенные системы беспилотных летательных аппаратов) и разработке роботизированных систем сельскохозяйственного назначения, в том числе в рамках концепции «Умный комбайн».

Отдельно следует отметить, что активно развиваются автоматические системы для нужд природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях, такие как роботы-бульдозеры, демонтажные роботы и противопожарные роботы.

Исследования по применению беспилотных систем ведутся в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в сотрудничестве с отечественной группой компаний «Геоскан», которая производит и поставляет беспилотные аэрофотосъемочные комплексы и соответствующее программное обеспечение визуализации и анализа данных аэрофотосъемки, фирмой «Космос комплект», ОАО «Рост-

сельмаш», НИАМА «Прогресс» и рядом других передовых инновационных компаний [5-7].

Внедрение новых образцов сельскохозяйственной, в том числе роботизированной техники, а также новых высокотехнологичных методов ведения сельского хозяйства с их использованием позволяет не только получать стабильно высокие урожаи и повышать плодородие почв, но также будет способствовать выходу агропромышленного комплекса Российской Федерации на новый инновационный путь развития.

### **Библиографический список**

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. №1632-р «Об утверждении программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>.

2. Балабанов В.И. Полевая стратегия. Внедрение инноваций в координатном земледелии. Агротехника и технологии. 2016. № 5. С. 50-53.

3. Балабанов, В.И. Балабанов, И.В. Проблемы качества подвижной связи в технологиях точного земледелия и позиционирования сельскохозяйственной техники / Техника и оборудование для села. № 6, 2012. С. 20-21.

4. Баутин В.М., Балабанов В.И., Березовский Е.В. // Умные кадры для «умных ферм» // Вестник ГЛОНАСС, 2012, № 1. - С. 41-44.

5. Технологии, техника и оборудование для координатного (точного) земледелия: учеб. / В.И. Балабанов, В.Ф. Федоренко и др. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 240 с.

6. Шульга Е.Ф., Куприянов А.О., Хлюстов В.К., Балабанов В.И., Зейлигер А.М. Управление сельхозпредприятием с использованием космических средств навигации (ГЛОНАСС) и дистанционного зондирования Земли: Монография/Е.Ф. Шульга, А.О. Куприянов, В.К. Хлюстов, В.И. Балабанов, А.М. Зейлигер. М.: Изда -во РГАУ -МСХА, 2016. – 286 с.

7. Балабанов В.И., Ищенко С.А., Романенкова М.С. Перспективы внедрения элементов технологий «Интернета вещей» в растениеводстве // Вестник Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. 2019. № 4. С. 13-18.

## РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРЕПАРАТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

*Балабанов Виктор Иванович, докт. техн. наук, профессор* *Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, г. Москва*

*Ищенко Сергей Анатольевич, докт. техн. наук, профессор* *Приморская государственная сельскохозяйственная академия, г. Уссурийск*

**Аннотация.** В статье приводится классификация известных ремонтно-восстановительных препаратов, в том числе ременталлизанты, геомодификаторы, полимерсодержащие препараты, кондиционеры, слоистые добавки и, выделенные в отдельную группу - нанопрепараты. Приводятся требования к условиям их применения.

**Ключевые слова:** безразборный сервис, восстановление, ремонтно-восстановительный препарат, применение.

**Annotation.** The article provides a classification of known repair and restoration preparations, including rementallizants, geomodifiers, polymer-containing preparations, conditioners, layered additives and nanopreparations isolated in a separate group. The requirements for the conditions of their application are given.

**Key words:** recovery, repair and recovery product, application.

В соответствии с различиями в химическом составе, физико-химическим процессами взаимодействия и свойствам получаемых структур на поверхностях трения, а также особенностям их дальнейшей эксплуатации все ремонтно-восстановительные препараты для безразборного сервиса автотракторной техники можно разделить на следующие группы: металлоплакирующие присадки (реметаллизанты), полимерсодержащие препараты; геомодификаторы, слоистые добавки и кондиционеры металла. В отдельную группу целесообразно отнести нанопрепараты (рис.1) [1-7].

Известные автохимические составы для безразборного сервиса автотракторной техники могут быть отнесены к нанопрепаратам по трем основным критериям [6]:

- применение в их составе наноразмерных частиц (ультрадисперсные алмазы, металлические порошки, политетрафторэтилен (PTFE), модифицированный графит и т.д.);
- использование компонентов, полученных (произведенных) с использованием нанотехнологий, например золь-гель технологии (рекондиционеры);
- формирование на поверхностях трения вследствие взаимодействия с активными компонентами этих препаратов защитных наноразмерных (нанострук-

турированных) покрытий и структур (ионные металлолакирующие присадки, кондиционеры, геомодификаторы).

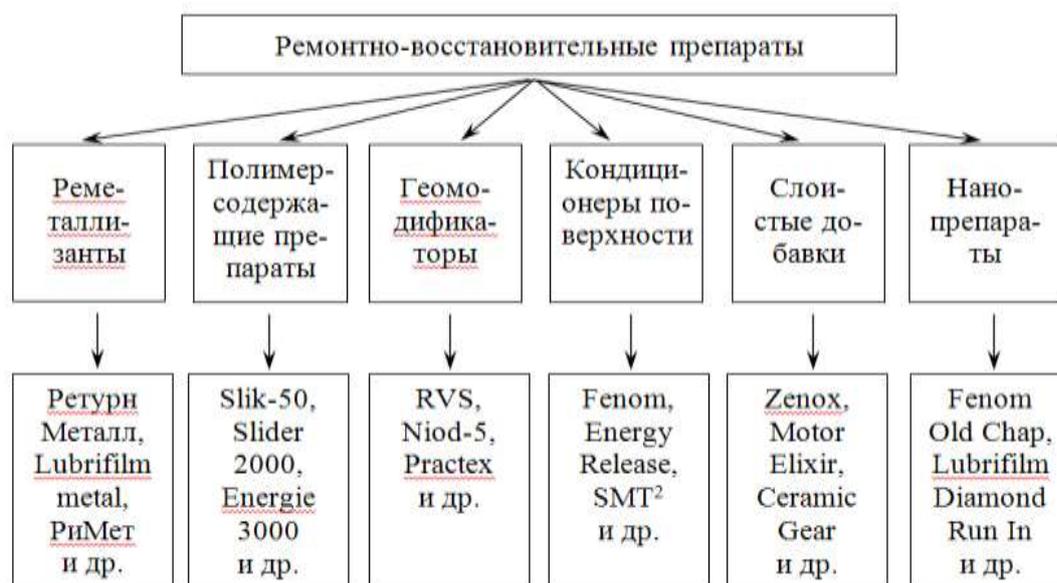


Рисунок 1 – Классификация ремонтно-восстановительных препаратов

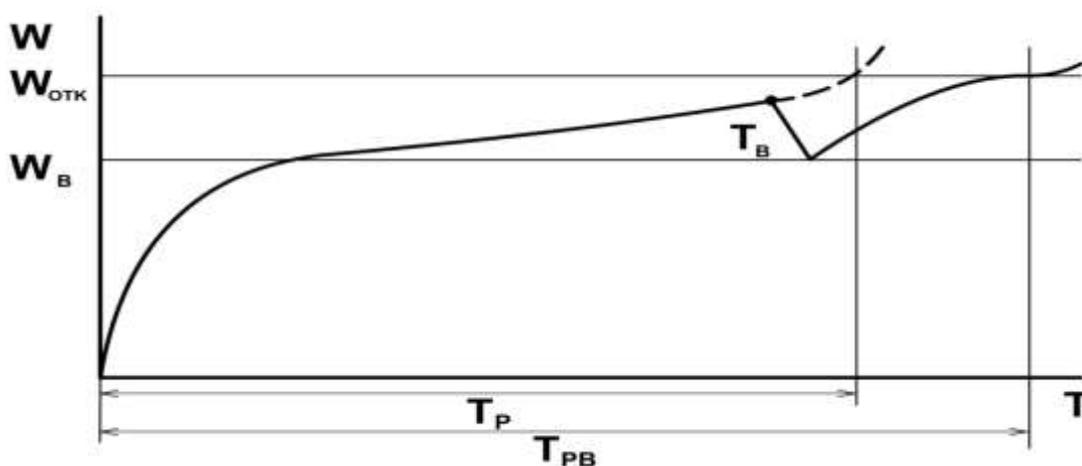
Несомненно, что все вышеперечисленные свойства в той или иной мере присущи практически всем ремонтно-восстановительным препаратам автохимии, применяемыми для безразборного сервиса (восстановления) автотракторной техники. В одних случаях, они являются определяющими для того, чтобы быть отнесенными к нанотехнологическим препаратам, а в других, могут быть отнесены к вспомогательным (дополнительным) эффектам. Например, во всех препаратах наряду с макрочастицами могут находиться и наноразмерные частицы. Следует также отметить тот факт, что практически все вопросы трибологии связаны с изучением процессов, протекающих в поверхностном слое (межфазной границе) контактируемых деталей.

При этом самым простым наноматериалом препарата автохимии или автокосметики могут служить фрагменты вещества, измельченные до наноразмерного состояния или полученные каким-то другим физическим или химическим способом, имеющие хотя бы в одном измерении протяженность не более 100 нм и проявляющие качественно новые свойства (физико-химические, функциональные, эксплуатационные и др.). Это могут быть и сферические (многогранные) частицы, нановолокна (например, PTFE), пластинки монтмориллонита или иглы серпентина.

Реально диапазон рассматриваемых объектов гораздо шире – от отдельных атомов (размером менее 0,1 нм) до их конгломератов и органических молекул, содержащих свыше 100 атомов и имеющих размеры даже более 1 мкм в одном или двух измерениях. Принципиально важно, что они состоят из небольшого числа атомов, и, следовательно, в них уже в значительной степени проявляются дискретная атомно-молекулярная структура вещества, квантовые эффекты, энергетика развитой поверхности наноструктур.

Применение ремонтно-восстановительных препаратов для безразборного сервиса определяется техническим состоянием автомобиля. При этом необходимость того или иного воздействия или препарата оценивается на основании результатов технической диагностики. По результатам диагностирования назначается либо профилактические препараты, более «мягкого» действия, либо препараты, обеспечивающие более интенсивное воздействие на трущиеся соединения и агрегаты автомобиля [1-7].

Целесообразность и эффективность безразборного восстановления можно проиллюстрируем на примере графической интерпретации межремонтного цикла двигателя или автомобиля в целом в обычных условиях эксплуатации и применением ремонтно-восстановительных препаратов автохимии (рис. 2).



**Рисунок 2 – Графическая интерпретация применения ремонтно-восстановительных препаратов автохимии:**

$W$  – технико-экономические (механические потери, расход топливно-смазочных материалов, время разгона и т.д.) и трибологические (интенсивность изнашивания, температура и коэффициент трения) характеристики, в принятых единицах;

$W_{отк}$  – показатели отказа (состояние, при котором объект становится неработоспособным);

$W_в$  – показатели объекта после безразборного восстановления;

$T$  – ресурс, наработка, пробег (моточасы, км);  $T_в$  – (точка) проведения операций безразборного восстановления;  $T_п$  – межремонтный ресурс объекта в обычных условиях эксплуатации;

$T_{рв}$  – повышение межремонтного ресурса объекта за счет применения технологий безразборного восстановления

### **Библиографический список**

1. Балабанов В.И. Методы безразборного восстановления автомобильной техники / В.И. Балабанов, Г.К. Потапов // Диагностика, надежность и ремонт машин: Сборник научных трудов МГАУ. М., 1995. С. 92–97.

2. Балабанов В.И. Повышение качества отремонтированных двигателей внутреннего сгорания путем реализации избирательного переноса при трении // Вестник машиностроения, 2001. № 8. С. 14–19.

3. Беклемышев В.И., Махонин И.И., Лепгов А.Ф., Филиппов В.К., Балабанов В.И. Влияние металлоорганических присадок RENOM на поверхности трения и показатели автомобильной техники // Вестник машиностроения. 2004. № 10. С. 51– 55.

4. Балабанов В.И., Беклемышев В.И., Махонин И.И., Филиппов В.К. Ремонтно-восстановительные препараты для техники // Сельский механизатор. М., № 11. 2005. С. 40–41.

5. Синельников А.Ф., Балабанов В.И. Автомобильные масла, топлива и технические жидкости / А.Ф. Синельников, В.И. Балабанов. Сер. Краткий справочник. М.: «За рулем», 2007. С.155–172.

6. Балабанов В.И. Нанотехнологии и нанопрепараты для автотракторной техники / Применение нанотехнологий и наноматериалов в АПК: Сб. докладов. -М.:ФГНУ «Росинформагротех», 2008. С. 77 -81

7. Балабанов В.И., Болгов В.Ю. Автомобильные присадки и добавки. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2011.

УДК 631.316

## РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО ОРГАНА КУЛЬТИВАТОРА

*Ли Афанасий, с.н.с. Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Республика Узбекистан*

***Аннотация.** В статье рассматривается рабочий орган культиватора, предназначенный для междурядной обработки технических и овощных культур, позволяющий осуществить устойчивое прямолинейное движение орудия (обеспечивается путем размещения в полой стойке рабочего органа щелереза), повысить качество обработки, сохранение профиля борозды междурядья и максимальное уничтожение сорняков.*

***Ключевые слова:** культиватор, рабочий орган, междурядная обработка, щелерез, полки, полая стойка, рыхлители, прямолинейное движение.*

Концепция развития сельскохозяйственной техники в мировой практике идет по следующим основным направлениям: совершенствование технологических процессов в направлении совмещения операций; расширение применения электроники с целью защиты рабочих органов и контроля за показателями рабочего процесса и выбора рациональных режимов работы; улучшение условий работы оператора [1-3].

Целью исследования является улучшение конструкции рабочего органа культиватора для междурядной обработки почвы, эргономичности, сохранение профиля борозды и повышение урожайности за счет улучшения культуры земледелия, а также эффективного использования энергосредства (трактора) в период простоя культиватора [4-6].

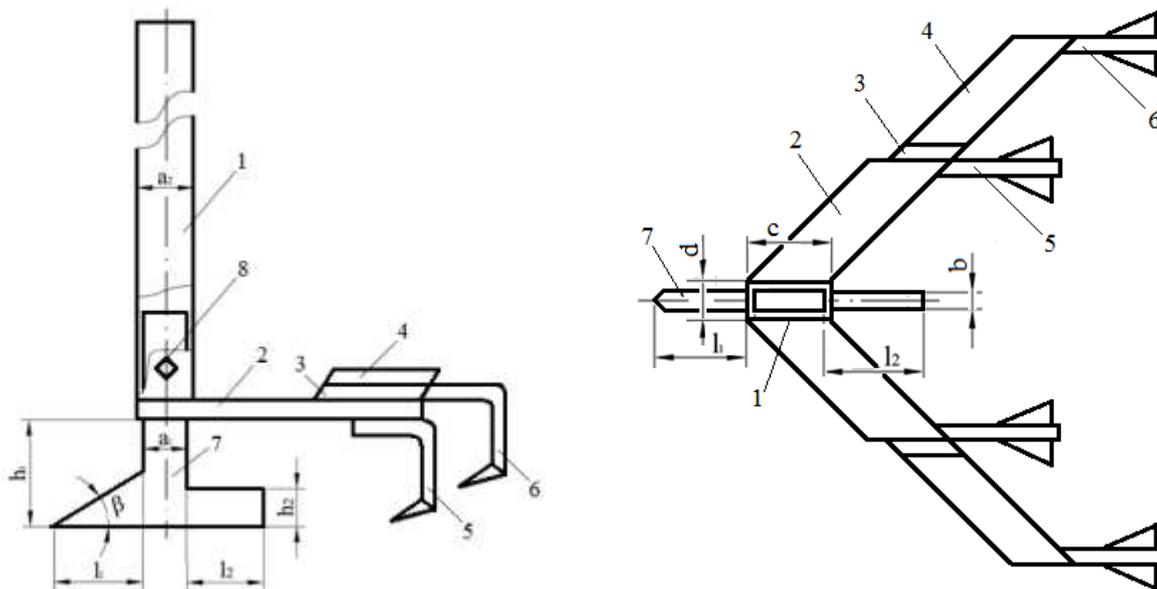
Разработка конструкции рабочего органа культиватора проведена согласно государственного проекта Республики Узбекистан № ИТД-15-022 «Разработка задненавесного универсального культиватора-растениепитателя с моно рабочим органом для междурядной обработки хлопчатника и овощных культур». Работа по созданию такого культиватора остается своевременной и актуальной [7-8].

Рабочий орган культиватора включает полую стойку 1 закрепленных на ней лемехов 2 и 4, на внешних концах которых параллельно продольной оси приварены полки 3 с закрепленными рыхлителями 5 и 6, и установленный в ней щелерез 7 фиксированный фиксатором 8 (Рис. 1) [9].

Щелерез рабочего органа выполнен из полосы металлического проката толщиной  $b=20$  мм. Щелерез установлен в полой стойке рабочего органа и фиксируется фиксатором. Размеры «окна» полой стойки рабочего органа  $c \times d = 70 \times 20,2 \dots 20,25$  мм, при этом ширина стойки щелереза  $a_1$  меньше ширины полой стойки  $a_2$  рабочего органа на  $2 \dots 2,5$  мм. Длина щелереза  $L=250$  мм. Линейные размеры носовой  $l_1$  и хвостовой  $l_2$  части щелереза равны и соответственно составляют 90 мм, а высота хвостовой части  $h_2=70$  мм. Угол  $\beta$  вхождения носовой части щелереза относительно горизонтальной плоскости равна  $15 \dots 20^\circ$ . Глубина хода щелереза регулируется высотой  $h_1$  его установки в полой стойки и фиксируется с помощью фиксатора.

Рабочий орган культиватора позволяет осуществить (стабилизировать) устойчивое прямолинейное движение, что повышает качество обработки, сохранение профиля борозды междурядья и максимальное уничтожение сорняков. Это обеспечивается путем размещения в полой стойке рабочего органа щелереза.

Стабилизированное прямолинейное движение рабочих органов обеспечивает установление в ней щелереза.



**Рисунок 1- Рабочий орган для междурядной обработки:**

1 – полая стойка; 2 и 4 – лемеха, 3 – полка; 5 и 6 – рыхрители; 7 – щелерез; 8 – фиксатор

Прямолинейное движение рабочих органов обеспечивает сохранение профиля борозды, последующее качественное проведение культивации и полива, что, в свою очередь влияет на урожайность сельскохозяйственных культур. Установка щелереза на рабочий орган, также позволяет повысить показатели

эргономичности при последующих междурядных обработках за счет прохода рабочего органа по ранее выработанному «следу-щели».

Щелерез рабочего органа выполненный из полосы металлического проката толщиной  $b = 15...20$  мм позволяет изготовить его цельнометаллическим и высокой прочности.

Разность ширин  $a_1 - a_2 = 2...3$  мм позволяет установить стойки щелереза в поую стойку рабочего органа (телескопически).

Длина щелереза  $L=250$  мм, в которой равные линейные размеры носовой  $l_1$  и хвостовой  $l_2$  части и соответственно составляют 90 мм, а высота хвостовой части  $h_2=70$  мм позволяют получить качественный щель.

Угол  $\beta$  вхождения носовой части щелереза относительно горизонтальной плоскости равный  $15...20^\circ$  позволяет щелерезу  $7$  входить в почву с наименьшим сопротивлением, что обеспечивает снижения потребляемой мощности и соответственно топлива.

Глубина хода щелереза регулируемый высотой  $h_1$  установки в полой стойки и фиксируемый с помощью фиксатора позволяет стабилизировать прямолинейное движение рабочего органа.

Рабочий орган культиватора предназначенный для междурядной обработки почвы состоит из полой стойки  $1$  рабочего органа с закрепленными лемехами  $2$  и  $3$ , на внешних концах которых параллельно продольной оси приварены полки  $4$  с закрепленными рыхлителями  $5$  и  $6$ , и установленного в ней щелереза  $7$ . Параметры «окна» полой стойки  $1$  рабочего органа равно:  $c \times d = 70 \times 20,2...20,25$  мм, при этом ширина  $a_1$  стойки щелереза  $7$  меньше ширины полой стойки  $a_2$  рабочего органа на  $2...2,5$  мм и составляет  $68...67,5$  мм. Длина щелереза  $7$   $L=250$  мм, линейные размеры носовой  $l_1$  и хвостовой  $l_2$  части щелереза  $7$  равны и соответственно составляют 90 мм, а высота хвостовой части  $h_2=70$  мм. Угол  $\beta$  вхождения носовой части щелереза  $7$  относительно горизонтальной плоскости равна  $15...20^\circ$ . Глубина хода щелереза  $7$  регулируется высотой  $h_1$  установки в полой стойки  $1$  рабочего органа и фиксируется с помощью фиксатора  $8$ .

Рабочий орган для междурядной обработки почвы работает следующим образом. При движении рабочего органа в междурядьях щелерез  $2$  установленный на определенной высоте в полой стойке  $1$  заглубляется в почву и образует «щель» и тем самым ограничивает подвижность в поперечном направлении, таким образом стабилизирует прямолинейное движение, лемеха  $2$  и  $4$  подрезают почву в горизонтальной плоскости и ее взрыхляют на глубину от 4-18 см. Рыхлители  $5$  и  $6$  осуществляют рыхление уплотненного лемехами  $2$  и  $3$  слоя почвы. Рыхление рыхлителями  $5$  и  $6$  осуществляется на глубине соответственно 10 и 7 см ниже слоя почвы, разрыхленного лемехами  $2$  и  $4$ .

Таким образом, предлагаемая конструкция рабочего органа культиватора, позволяет обеспечить сохранение профиля борозды за счет стабилизации прямолинейного движения рабочих органов, а также повышение показателей эргономичности и урожайности за счет улучшения культуры земледелия.

### Библиографический список

1. Концепция развития механизации сельскохозяйственного производства до 2010 года. –Ташкент: ФАН, -2006. –52 с.
2. Старовойтова О.А., Жевора С.В., Старовойтов В.И., Овэс Е.В., Коршунов А.В., Манохина А.А., Балабанов В.И. Конкурентоспособные технологии семеноводства, производства и хранения картофеля, Росинформагротех, 2018.- 233. ISBN: 978-5-7367-1433-9
3. Балабанов В.И. Полевая стратегия. Внедрение инноваций в координатном земледелии. Агротехника и технологии. 2016. № 5. С. 50-53.
4. Ли А., Кадыров А. и др. Результаты экспериментальных исследований задненавесного культиватора. Жахон молиявий-иктисодий инкирози шароитида аграр тармок ракобатдошлигини ошириш йуналишлари. -Ташкент. -ТашГАУ. - 2011 г. -с. 105-107
5. Ли А., Шарипов З. и др. О разработке овощного культиватора. Актуальные вопросы развития аграрной науки в современных экономических условиях. Материалы IV-ой Международной научно-практической конференции молодых учёных 22-23 мая 2015 года. Том II. ФГБНУ «ПНИИАЗ», 2015 г. с. 28-30
6. А. Ли, Х. Туркменов и др. Рабочий орган для обработки почвы. AGRO ILM «Ozbekiston qishloq hojaligi» jurnali ilmiy ilovasi. 3[47]-son, -2017. -с. 95-97.
7. Разработка задненавесного универсального культиватора- растениепитателя с моно рабочим органом для междурядной обработки хлопчатника и овощных культур/Отчет КарИЭИ. -Карши, -2011 г. -76 с.
8. Ли А., Чуянов Д.Ш., Кадыров А.Э. О разработке задненавесного универсального культиватора/Проблемы механики. -№4. -Ташкент. -2009 г. -с. 36-38
9. А. Ли, З. Шарипов, Х. Туркменов и др. Рабочий орган для междурядной обработки почвы. Положительное решение на Полезную модель № FAP 20170140. 23.05. -2017.

## СОЛОМОПРЕССУЮЩИЙ АППАРАТ НА ЗЕРНОУБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН

*Шавазов Кадиржон Ачилович, декан факультета «Механизация сельского хозяйства» ТИИИМСХ, кандидат технических наук, доцент.*

**Аннотация:** В статье предложено приспособлять серийные пресс-подборщики к агрегатированию непосредственно зерновым комбайном. Это даст возможность сократить число заездов различных машин на поле, а также улучшит состав соломы при её использовании в качестве грубого корма. Также агрегатирование не ухудшит работу комбайна, не потребуются дополнительный расход энергии.

**Ключевые слов:** зерноуборочный комбайн, солома, пресс-подборщик, уплотнение почвы.

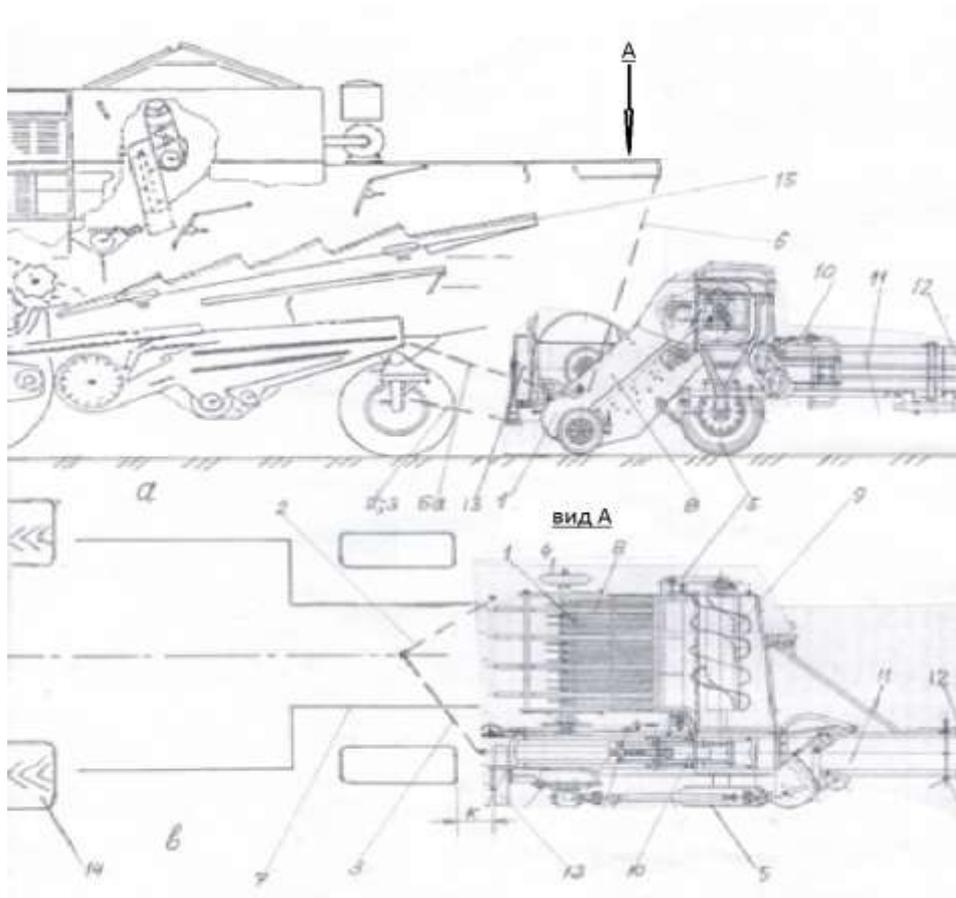
В условиях Узбекистана имеется потребность в заготовке соломы зерновых культур. Солома зерновых широко используется в качестве грубого корма для домашних животных, а также как строительный материал. Поэтому с комбайнов демонтируются соломо-измельчающее и разбрасывающее устройства, отчего солома оставляется в виде валка небольшой ширины (чуть больше одного метра). Затем на поле заезжает агрегат с пресс-подборщиком, который подбирает грубую часть соломы, удерживаемую стерней на некоторой высоте. При этом мелкая часть соломы (полова, неполноценные зерна, измельченные колосья и т.д.) проходит сквозь остатки стеблей стерни вниз, на землю. Лишние заезды машин, воздействуя механически, уплотняют почву. Если запоздать с подбором соломы, влажность почвы резко снижается, возрастут расходы поливной воды, затянется подготовка поля к повторным посевам. Поэтому следует ускорять уборку и вывоз соломы с поля.

Для этого, на наш взгляд, следует на комбайн вместо соломоизмельчающего и разбрасывающего устройства устанавливать соломопрессующий аппарат. Это позволит за один проход комбайна убрать весь биологический урожай, резко ускорить подготовку поливных земель к посеву повторных культур. Энергия, которая фирмой-изготовителем комбайна была предусмотрена для функционирования снятого соломоизмельчающего и разбрасывающего устройств, теперь будет использоваться на работу соломопрессующего аппарата. Мощность мотора комбайна теперь будет использоваться более полно, что полезно.

Мы изучили возможность оснащения комбайна соломо-прессующим устройством. Объем камеры соломоизмельчающего - разбрасывающего устройства комбайнов вполне достаточен для установки там соломопрессующего аппарата. Эту задачу можно решить в трех вариантах. В целях сохранения ширины существующей камеры комбайна можно спроектировать специальное компактное соломопрессующее устройство, используя опыт создания

пресс-подборщиков. Создание такого устройства, компоновка которого давала бы возможность вмонтировать его в любой комбайн будет сложной задачей. Поэтому целесообразнее будет приспособлять имеющиеся модели пресс-подборщиков к любому комбайну. Правда, при этом потребуются несколько переделывать служебные части пресс-подборщика, приспособляя к конструкции комбайна. Однако, все рабочие органы будут сохранены без изменений. Но, в этом варианте прессующий аппарат расположится за пределами камеры соломоизмельчающего и разбрасывающего устройства, но в пределах ширины колеи ведущих передних колес комбайна.

На рис.1. приведена примерная схема агрегатирования пресс-подборщика с верхней подачей Российского производства комбайном Dominator 130. В средней части балки задних управляемых колес комбайна имеется крепежное место для соломоизмельчающего устройства. Сюда следует установить прицепную серьгу для пресс-подборщика. Имеющееся дышло длинного прицепного устройства пресс-подборщика потребуется заменить короткими тягами 2 и 3. Длины тяг 2 и 3 следует устанавливать такими, чтобы промежуток между задним колесом комбайна и главным редуктором 13 пресс-подборщика было не менее 50 см. Нет надобности сохранять пальцевый подбирающий барабан, поэтому его можно демонтировать. Ленточный транспортер же остается без изменений.



**Рисунок 1- Схема агрегатирования пресс-подборщика непосредственно комбайном**

Для направления потока соломы, сходящего с клавиш 15 соломотряса непосредственно на сохранившийся транспортер 1 достаточно установить щит 6 А. Для направления сходящего с верхнего решета материала на тот же транспортер, потребуется установить щиток 6 А под углом не менее  $\alpha = 30^\circ$ . Пространства для установки щитка под таким углом, когда будет обеспечено безостановочное скольжение половины к транспортеру достаточно, что облегчит достижение цели.

Ширина верхнего решета и соломотряса комбайна 105 см, а ширина захвата транспортера пресс-подборщика 160 см. При агрегатировании пресс-подборщика желательнее, чтобы габаритная ширина всего агрегата не стала больше ширины комбайна. Иначе, это может ухудшить его маневренность. Поэтому целесообразно совместить левый край транспортера с левой границей камеры соломоизмельчителя, чтобы левее за этой границей разместился только прессующий аппарат. В таком случае правый край транспортера, шнека и ходовое колесо окажутся вынесенными за пределы правой границы камеры соломоизмельчителя. С такой ситуацией можно согласиться, т.к. габаритная ширина агрегата не станет шире колеи ведущих колес комбайна.

На рис 1 в показан вариант совмещения ширины пресс-подборщика с шириной камеры соломоизмельчителя за счет обрезки правой части (шириной 60 см) подборщика, транспортера и шнека при сохранении катка 4 и правого колеса 5 подборщика на своих местах. При агрегатировании пресс-подборщика непосредственно комбайном технологический процесс последнего абсолютно не изменится, за исключением разбрасывания соломы. Теперь солома, сошедшая с клавиш соломотряса, а также мелкие и легкие частицы, сошедшие с верхнего решета поступают на транспортер подбирающего устройства, который доставляет их до шнека. Шнек, в свою очередь, принимает поступающий по всей ширине транспортера солому и перемещает ее в камеру прессования поршнем. Далее поршень уплотняет принятого солому до определенных размеров в виде параллелепипеда, обвязывает. После этого готовый тюк сбрасывается на землю.

Если урожайность зерновых  $N=46$  ц/га (при соломистости  $\beta=0,6$ ) комбайн Dominator 130, имея ширину захвата  $B=4$  м и секундной обмолачивающей (пропускной) способностью  $q = 6$  кг/с должен иметь рабочую скорость  $Y=q/BN \leq 6*10000/4*4000 = \leq 2,5$  м/с или до 9 км/час. Однако, специалисты в условиях Узбекистана рекомендуют скорость комбайна устанавливать около 6 км/час. При скорости  $V = 6$  км/час в молотильный аппарат каждую секунду будет поступать 3,0 кг хлебной массы. Следовательно, в пресс-подборщик агрегатируемый комбайном будет поступать соломы до 1,8 кг/с. Если прессующий аппарат настроить на плотность прессования соломы в  $170$  кг/м<sup>3</sup> (максимально  $200$  кг/м<sup>3</sup>), то тюки массой 25 кг будут формироваться через каждые 20 м пути. Прессующий аппарат не будет перегружен. При меньшей урожайности и соломистости, естественно, загруженность прессующего аппарата будет еще меньше.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1. Имеется техническая возможность адаптирования серийных пресс-подборщиков к агрегатированию непосредственно зерновым комбайном, внося незначительные конструктивные изменения
2. Агрегатирование пресс-подборщика непосредственно зерновым комбайном улучшит качество запрессованной соломы, а также сократит число заездов машин на поле.
3. При агрегатировании пресс-подборщика непосредственно комбайном габаритная ширина агрегата не изменится, длина возрастает на 1,4 м общий расход энергии не возрастет
4. При работе комбайна даже на высокоурожайных полях, количество собираемой соломы не вызовет перегрузки прессующего аппарата.

### **Библиографический список**

1. Шоумарова.М, Абдуллаев.Т. «Қишлоқ хўжалиги машиналари» Тошкент, 2009
2. Поединок. В.Е «Комплексная механизация заготовки кормов» Москва, 1989.

УДК 631.22

### **К ОЦЕНКЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ СТЕБЕЛЬНЫХ КОРМОВ**

*Алижанов Джанбар, доцент кафедры сельскохозяйственные машины, Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства.*

*Шавазов Кадиржон Ачилович, Декан факультета «Механизация сельского хозяйства» ТИИИМСХ, кандидат технических наук, доцент.*

*Жуматов Якуббой Каримбоевич, ассистент, кафедры сельскохозяйственные машины, Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства*

*Аннотация. В работе приведены результаты исследований по оценке энергоемкости процесса резания стержня прямоугольного сечения ножом и полученные зависимости изменения силы резания, усилий на ноже при резании предварительно изогнутого стебля на различную величину.*

*Ключевые слова: измельчитель, аппарат первичного резания, винтовой нож, аппарат вторичного резания, стержень, стебель, резание, предварительный отгиб, снижение, энергоемкость, оценка.*

Резания ножом консольно отогнутого стержня прямоугольного сечения позволяет снизить энергетическую нагрузку процесса [1]. Для оценки энергетической нагрузки процесса резания прежде всего, оценим максимальную работу резания стержня прямоугольного сечения ножом, движущимся с небольшой скоростью, позволяющей рассматривать процесс как статический (рис.1).

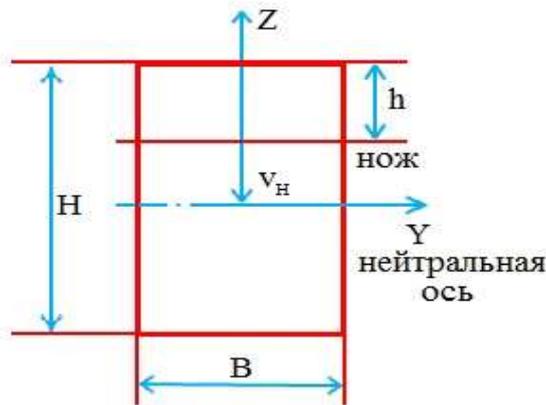


Рисунок 1- К определению максимальной работы резания

В соответствии с [2] примем модуль упругости  $E = 3300 \text{ Н/см}^2$  и разрушающее напряжение при растяжении волокна  $\sigma_{max} = 1450 \text{ Н/см}^2$ , что соответствует стеблям кукурузы. Приняв  $H = 5 \text{ см}$ ,  $b = 4 \text{ см}$ , толщину лезвия  $\sigma = 100 \text{ мк}$ , получим максимально возможную работу резания:

$$A_{max} = b \cdot H \cdot \delta \cdot \sigma_{max} = 2,9 \text{ Дж} \quad (1)$$

Если производить консольный изгиб стержня относительно плоскости среза, то в верхнем волокне возникает напряжение растяжения  $\sigma_p$ , что снижает необходимое для разрушения напряжение на лезвии ножа (рис.2).

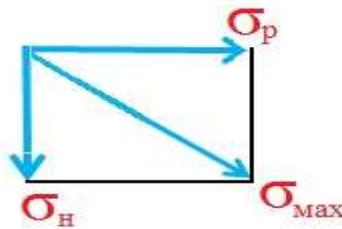


Рисунок 2- К определению напряжения на лезвии ножа  $\sigma_H$  необходимого для разрушения волокна

$$\sigma_H = \sqrt{\sigma_{max}^2 - \sigma_p^2} \quad (2)$$

Если в начале резания применить предельный отгиб стержня:

$$f_{max} = \frac{P_{от} \cdot l^3}{3EJ}, \quad (3)$$

где  $P_{от}$  – сила отгиба, приложенная на конце консоли при ее длине  $l$ , которая обеспечивает в наружном волокне напряжение  $\sigma_{max}$ ;

$E$  – модуль упругости,

$$P_{от} = \frac{\sigma_{max} \cdot J}{l \cdot z}, \quad (4)$$

здесь  $z = \frac{H}{2}$  - расстояние от нейтральной оси  $OY$  до наружного волокна;

$J = \frac{bH^3}{12}$  - момент инерции сечения.

Если в процессе резания величину отгиба не менять, т.е. принять  $f_{max} = const$ , то из (3) и (4) получим:

$$\sigma_P = \frac{3 \cdot f_{max} \cdot E \cdot z'}{l^2} \quad (5)$$

Здесь,  $z' = \frac{H-h}{2}$ ,  $h$  - величина заглубления лезвия ножа в тело стержня,  $E$  - модуль упругости одинаковый для растянутого и сжатого волокна.

Из (5) видно, что в случае резания при  $f_{max} = const$  растяжение верхнего растянутого волокна меняется линейно от функции величины заглубления ножа  $h$ , и меняется от  $\sigma_P = \sigma_{max}$  до  $\sigma_P = 0$ . Однако, из (2) видно, что  $\sigma$  напряжение на лезвии ножа  $\sigma_H$  нелинейно относительно  $h$  и меняется от 0 - в начале процесса резания до  $\sigma_{max}$  - в конце процесса.

Усилие на лезвии ножа равно:

$$P_H = b \cdot \delta \cdot \sigma_H,$$

а работа резания соответственно составляет:

$$A_H = \int_0^H P_H dh. \quad (6)$$

Ниже приводим вычислительное правило, реализуемое на ПВМ в системе MATLAB [3], для исследования влияния отгиба стебля на работу резания:

>>  $b = 4; H = 5; S_m = 1450; d = 0,01; E = 3300; h = (0:0,5:5); L = 10;$

>>  $I = b * (H.^3)/12;$

>>  $P_{om} = S_m * 2 * I / (L * H);$

>>  $F_m = P_{om} * (L.^3) / (3 * E * I);$

>>  $Z1 = (H - h)/2;$

>>  $S_p = 3 * F_m * E * z1 / (L.^2);$

>>  $S_n = ((S_m.^2) - (S_p.^2)).^0,5;$

>>  $P_p = b * d * S_n;$

>>  $A1 = 0,5 * P_p;$

>>  $sum(A1)$

ans = 239,5776

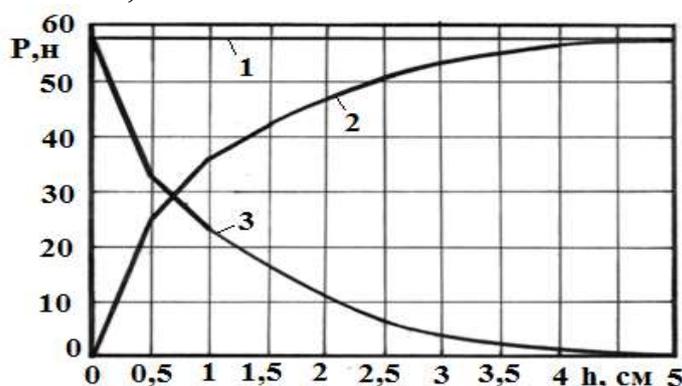


Рисунок 3 - Усилия на ноже без отгиба (1), при максимальном отгибе  $f_{max} = 5,85$  см в начале резания (2), 3- характер различия между усилиями (1) и (2).

По данным вычислений получены зависимости изменения силы резания на лезвии ножа в процессе его перемещения с момента соприкосновения со стеблем и до конца резания (рис.3) и показан характер изменения усилия на ноже предварительно изогнутого стебля на различную величину (рис.4).

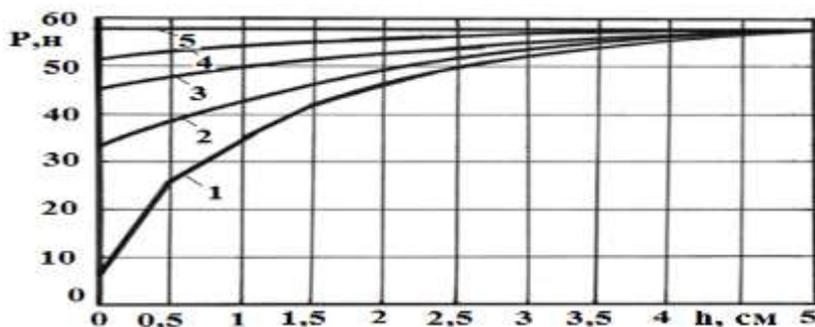


Рисунок 4 - Усилие на лезвии ножа при различных величинах предварительных отгибов меньших предельного  $f_{max} = 5,85$  см:

1 –  $f = 5$  см; 2 –  $f = 4$  см; 3 –  $f = 3$  см; 4 –  $f = 2$  см; 5 –  $f = 0$ .

На рис.3 показано изменение силы резания на лезвии ножа в процессе его перемещения с момента соприкосновения со стеблем и до конца резания. В начале резания при максимальном изгибе и  $\sigma_p = \sigma_{max}$  в верхнем волокне стебля усилие на ноже  $P_H = 0$ , а в конце резания напряжение в растянутом волокне  $\sigma_p = 0$  и  $P_H = 58$  Н. Нелинейный характер изменения кривой (2) объясняется снижением напряжения  $\sigma_{max}$ . Прямая (1) характеризует неизменность усилия резания  $P_H = 58$  Н, т.к. для разрушения волокна на лезвии ножа необходимо создать напряжение  $\sigma_{max} = 1450$  Н/см<sup>2</sup>.

На рис.4 показан характер изменения усилия на ноже предварительно изогнутого стебля на различную величину. Видно, что с уменьшением отгиба сила резания на ноже увеличивается, что неизбежно приводит к увеличению соответственно работы резания.

В таблице 1 приведены результаты вычислений работы резания  $A$ , напряжения растяжения  $\sigma_p$  верхнего волокна, напряжение на лезвии ножа  $\sigma_H$ , которое необходимо для разрушения волокна. Вычисление проведены для двух случаев: 1-при резании стебля с начальным отгибом  $f_{max} = const$ , обеспечивающим начальное напряжение  $\sigma_{max}$ , т.е. начало резания с усилием на ноже  $P_H = 0$ ; 2-при резании с отгибом  $f = f_{max} + h$ , т.е. отгиб производится вначале на  $f_{max}$ , а затем увеличивается в соответствии с перемещением ножа. В первом случае работа резания  $A_1 = 239,5776$  Нсм, во втором  $A_2 = 201,1229$  Нсм, что снижает работу резания по сравнению с рубкой  $A_{max} = 290$  Нсм (2,9 Дж) на 22,39% и 35,65% соответственно.

Теоретически можно достичь работы резания  $A_H$  стремящейся к нулю, если при каждом положении ножа  $h$  напряжение растянутого волокна  $\sigma_{max} = \sigma_p$ . В этом случае

$$f = \frac{\sigma_{max} \cdot l^2}{3 \cdot E \cdot z'}$$

Таблица 1

**Результаты вычислений напряжение растяжения волокна  $\sigma_P$ , необходимого напряжение на лезвии ножа для разрушения волокна  $\sigma_H$ , соответствующего усилия на лезвии ножа  $P_H$  и работы резания  $A$  при делении полного перемещения  $H$  на интервалах 0,5 см**

Положение ножа в процесс резания, см	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0		
Напряжение растяжения волокна $\sigma_{P_1} \cdot 10^3, \text{Н/см}^2$	1,45	1,305	1,160	1,015	0,830	0,725	0,58	0,435	0,290	0,145	0		
Напряжение растяжения волокна $\sigma_{P_2} \cdot 10^3, \text{Н/см}^2$	1,45	1,416	1,358	1,275	1,092	1,034	0,877	0,695	0,488	0,256	0		
Необходимое напряжение на ноже для разрушения волокна $\sigma_{H_1} \cdot 10^3, \text{Н/см}^2$	0	0,630	0,870	1,030	1,160	1,250	1,370	1,380	1,480	1,440	1,450		
Необходимое напряжение на ноже для разрушения волокна $\sigma_{H_2} \cdot 10^3, \text{Н/см}^2$	0	0,310	0,510	0,690	0,860	1,010	1,150	1,270	1,360	1,42	1,450		
Усилие на ноже $P_{H_1}, \text{Н}$	0	25,780	34,800	41,400	46,400	50,230	53,200	55,200	56,200	57,600	58,00		
Усилие на ноже $P_{H_2}, \text{Н}$	0	12,40	20,40	27,640	34,400	40,640	46,180	50,88	54,600	57,080	58,00		
Работа резания на участке 0,5 см, $A_1, \text{Н} \cdot \text{см}$	0	12,64	17,40	20,710	23,200	25,11	26,57	27,660	28,410	28,850	29,00		$\sum A_1 = 239,5776$
Работа резания на участке 0,5 см, $A_2, \text{Н} \cdot \text{см}$	0	6,210	10,16	13,810	17,210	20,320	23,090	25,450	27,300	28,540	29,00		$\sum A_2 = 201,1239$
Величина отгиба $f_1$ на каждом шаге перемещения ножа необходимая для получения $\sigma_P = \sigma_{max}$	5,86	6,509	7,323	8,369	9,764	11,717	14,646	19,528	29,292	58,59	$\infty$		

**Примечание:** верхняя строка соответствуют процессу резания при неизменной величине отгиба  $f_{max}$ ; нижняя строка соответствует процессу резания с переменной величиной отгиба  $f = f_{max} + h$ .

где  $z' = \frac{H-h}{2}$  – расстояние от нейтральной оси до максимально растянутого волокна.

В таблице 1 в последней строке указаны результаты  $f$  для каждого шага перемещения ножа. Если из каждого последующего  $f_i$  вычтем значение предыдущего  $f_{i-1}$ , то получим вектор приращения  $\Delta f$ , который и определяет теоретический закон управления для рассматриваемого примера:

$$\Delta f = [0; 0,640; 0,814; 1,066; 1,390; 1,950; 2,93; 4,850; 9,760; 29,230; \infty]$$

Полная реализация такого управления стрелой отгиба  $f$ , конечно, невозможна. Техническое осуществление управления даже частью  $\Delta f$  сложно. Поэтому полученный результат на конкретном примере имеет скорее теоретическое значение.

Для практической реализации процесса резания стеблей с предварительным отгибом предпочтительно использовать второй способ, который дает наибольшее снижение работы резания. В конструктивном плане упрощается устройство измельчителя с отгибающим регулируемым относительно ножа устройством, что позволит максимально использовать эффект предварительного отгиба для различного типа стеблевого материала.

В настоящей работе не приводится расчет потерь энергии на смятие волокна фаской лезвия ножа из предположения, что разрушаемое волокно мгновенно восстанавливает форму и практического сжатия волокна не происходит.

#### **Библиографический список**

1. Алижанов Д., Жуматов Я. Оценка напряженного состояния консольно отогнутого стебля для снижения работы резания. Вестник Туринского политехнического университета в городе Ташкенте. Выпуск 8/2017, с.48-51.
2. Резник Н.Е. Теория резание лезвием и основы расчёта режущих аппаратов. Москва. Машиностроение, 1975, с.312.
3. Дьяконов В.П. Справочник по PC MatLAB, Москва, «Наука», 1993, с.213.

УДК 69.04

#### **МЕТОД СТОДОЛА-ВИАНЕЛЛО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СТЕРЖНЕЙ ЭЙЛЕРА**

*Лилкова-Маркова Светлана, заведующий кафедрой Технической механики, Гидротехнический факультет, Университет архитектуры, строительства и геодезии, г. София, Болгария*

*Лолов Димитр Сенков, доцент кафедры Технической механики, Гидротехнический факультет, Университет архитектуры, строительства и геодезии, г. София, Болгария*

**Аннотация:** В статье применяется итерационный метод Стодола-Вианелло для определения Эйлеровой критической силы для стройных колонн. Исследованна колонна, нагруженная сжимающей силой сверху. Колонна заземленная на верхнем конце и с Q-аппаратом на нижнем. Представлена оценка точности решения на каждой итерации.

**Ключевые слова:** колонна, критическая сила, потеря устойчивости, Эйлер

Колонны являются важным конструктивным элементом в строительстве. В их исследовании особенно важна проверка потери устойчивости. Поэтому одной из важных тем в учебниках по сопротивлению материала является тема сопротивления столбцам, [1], [2]. Ряд публикаций был посвящен различным методам определения критической прочности колонны, [3], [4], [5]. Эта статья связана с применением метода Стодола-Вианелло для этой цели.

Исследованна колонна показана на рисунке 1.

Она нагружена сжимающей силой сверху. Колонна заземленная на верхнем конце и с Q-аппаратом на нижнем. Координата  $x$  начинается сверху колонны и направлена вниз.

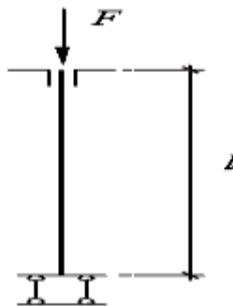


Рисунок 1- Статическая схема колонны

Дифференциальное уравнение для функции  $w(x)$  при исследовании упругости упругих колонн имеет вид:

$$EIw^{IV}(x) + Fw''(x) = 0 \quad (1)$$

$EI$  является жесткостью при изгибе, а  $F$  – сжимающей силой на верхнем конце колонны.

После интегрирования получается дифференциальное уравнение

$$EIw''(x) + Fw(x) = C_1x + C_2, \quad (2)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  - константы интегрирования. После

$$A_1 = -\frac{C_1}{F}; \quad A_2 = -\frac{C_2}{F} \quad (3)$$

уравнение (2) принимает форму

$$w''(x) = -\frac{F}{EI} [w(x) + A_1x + A_2]. \quad (4)$$

Следующие преобразования выполняются:

$$w'(x) = -\frac{F}{EI} \left\{ \int_0^x [w(x) + A_1x + A_2] dx + A_3 \right\}, \quad (5)$$

$$w(x) = -\frac{F}{EI} \left\{ \int_0^x \left\{ \int_0^x [w(x) + A_1x + A_2] dx \right\} dx + A_3x + A_4 \right\} \quad (6)$$

$$w'''(x) = -\frac{F}{EI} [w'(x) + A_1], \quad (7)$$

Граничные условия для обоих концов колонны записываются.

$$w(0) = 0, \quad (8)$$

$$\alpha(0) = w'(0) = 0, \quad (9)$$

$$Q(l) = 0; \quad EIw''' = -Q; \quad w'''(l) = 0, \quad (10)$$

$$\alpha(l) = w'(l) = 0. \quad (11)$$

Для констант интегрирования получено:

$$A_1 = 0; \quad A_3 = 0; \quad A_4 = 0; \quad A_2 = -\frac{1}{l} \int_0^l w(x) dx \quad (12)$$

Они заменяются в выражение (6) и функция поперечных смещений принимает вид:

$$w(x) = -\frac{F}{EI} \int_0^x \left\{ \int_0^x [w(x) + A_2] dx \right\} dx, \quad (13)$$

$$w(x) = -\frac{F}{EI} \int_0^x \left\{ \int_0^x w(x) dx - \frac{x}{l} \int_0^l w(x) dx \right\} dx. \quad (14)$$

$w_0(x)$  - начальная функция итерационного процесса, удовлетворяющая граничным условиям. Предполагается, что она полиномиальная.

$$w_0(x) = Ax^4 + Bx^3 + Cx^2 + Dx + E. \quad (15)$$

Граничные условия на двух концах колонны выполняются и эта функция принимает вид:

$$w_0(x) = A(x^4 - 4lx^3 + 4l^2x^2) \quad (16)$$

Схема итерации для метода Стодола-Вианелло представлена следующей формулой:

$$w_i(x) = \int_0^x \left\{ \int_0^x w_{i-1}(x) dx - \frac{x}{l} \int_0^l w_{i-1}(x) dx \right\} dx \quad i = 1, 2, 3 \dots \quad (17)$$

Здесь номер итерации обозначается с индексом „i”. После использования зависимости (17) для функции w в течение нескольких итераций получаются следующие выражения:

$$w_1(x) = \frac{A}{60} (x^6 - 6lx^5 + 10l^2x^4 - 8l^4x^2) \quad (18)$$

$$w_1(x) = \frac{A}{60} (x^6 - 6lx^5 + 10l^2x^4 - 8l^4x^2) \quad (19)$$

$$w_2(x) = \frac{A}{30.21.56} (21x^8 - 168lx^7 + 392l^2x^6 - 784l^4x^4 + 896l^6x^2) \quad (20)$$

$$w_3(x) = \frac{A}{30.21.56.15.2} (7x^{10} - 70lx^9 + 210l^2x^8 - 784l^4x^6 + 2240l^6x^4 - 2688l^8x^2) \quad (21)$$

Следующая формула была использована для определения критической силы при применении метода Стодола-Вианелло:

$$F_{cr} = EI \frac{w_{i-1}(x)}{w_i(x)} \quad i = 1, 2, 3 \dots \quad (22)$$

$$F_{cr} = K_i(x) \frac{EI}{l^2} \quad i = 1, 2, 3 \dots \quad (23)$$

$K_i$  - коэффициент потери устойчивости.

Средняя критическая сила определяется по формуле:

$$F_{cr,i} = \frac{EI \int_0^l w_{i-1}(x) dx}{\int_0^l w_i(x) dx} \quad i = 1, 2, 3 \dots \quad (24)$$

Таблица 1

**Значения коэффициента потери устойчивости  $K(x)$  в разных сечения колонны при трёх итерациях**

x/l	$K_1(x)$	$K_2(x)$	$K_3(x)$
0	15	10,500	10
0,1	13,699	10,468	9,996
0,2	12,712	10,399	9,985
0,3	11,952	10,328	9,968
0,4	11,364	10,283	9,949
0,5	10,909	10,287	9,929
0,6	10,563	10,355	9,9098
0,7	10,309	10,478	9,894
0,8	10,135	10,594	9,881
0,9	10,033	10,521	9,874
1,0	10	9,882	9,871

## Результаты численных исследований

В Таблице 1 представлены значения коэффициента потери устойчивости  $K(x)$  в разных сечения колонны при трёх итерациях.

В Таблице 2 даны средние значения коэффициента потери устойчивости  $K(x)$  при трёх итерациях. Сделаны сравнения и с точным значением 9,870 этого коэффициента.

Таблица 2

### Средние значения коэффициента потери устойчивости $K(x)$

	$K_{1,ср.}$	$K_{2,ср.}$	$K_{3,ср.}$
Значения	11,516	10,372	9,932
Ошибка, %	16,677	5,086	0,618

На основании проведенных исследований установлено, что метод Стодола-Вианелло позволяет определить критическую силу для Эйлеровых колонн, нагруженных центрическим давлением. Вычислительный процесс быстро сходится, и при максимум трёх итераций значение критической силы получается с высокой точностью. Отклонение от точного решения составляет менее  $<1\%$ .

### Библиографический список

1. Евдокимов Е.Е. Сопротивление материалов: курс лекций с примерами решения задачи, Часть 2 / Е.Е. Евдокимов, Л.М. Арзамаскова, В.И. Клименко// Волгоград . – ВолгГТУ. – 2019. – С. 204.
2. Младенов К.. Сопротивление материалов/ К.Младенов, Й.Клечеров, Св.Лилкова-Маркова, В.Ризов// София . –АВС Техника. – 2012. – С. 347.
3. Coskun S.B. Determination of critical buckling loads for elastic columns of constant and variable cross-sections using variational iteration method. / S.B.Coskun, M.T.Atay// . Computers and Mathematics with Applications Vol 58 Issues 11 – 12.– 2009. – С. 2260 – 2266.
4. Coskun S.B. Analysis of Tilt – Buckling of Euler Columns with Varying Flexural Stiffness using Homotopy Perturbation Method. / S.B.Coskun // Mathematical Modelling and Analysis Volume 18 Number 3.– 2010. – С. 275 – 286.
5. Ofondu I.O. Determination of the critical buckling loads of Euler columns using Stodola-Vianello iteration method / I.O. Ofondu, E.U. Ikwueze, Charles Chinwuba Ike // Malaysian Journal of Civil Engineering. – № 30(3). – 2018. – С.378-394.

## ТЕОРИЯ РАСЧЁТА ДИСКОФРЕЗЕРНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЩЕЛЕВОГО ДРЕНАЖА ПРИ ОСУШЕНИИ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

*Орловский Сергей Николаевич, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ*

***Аннотация:** Предлагается осушение заболоченных торфяников щелевым дренажом. Разработана методика расчётов энергоёмкости резания торфа по элементам технологического процесса и программа расчётов, позволяющая оптимизировать конструктивные и геометрические параметры рабочий органов, а также режимы резания на стадии проектирования. По результатам исследований созданы щеледренажные машины, которые выпускались серийно.*

***Ключевые слова:** дренаж, дисковые фрезы, резание, оптимизация.*

Среди разработанных в настоящее время конструкций осушительных систем наиболее перспективными являются комбинированные системы, состоящие из разреженной сети регулирующих каналов, дополненных щелевым дренажом. Щелевой дренаж представляет собой вертикальные, вырезанные в торфяном грунте щели, которые обеспечивают приём атмосферных и грунтовых вод и отвод их в каналы или регулирующие дрены. Верхняя часть дрен закрывается на глубину, превышающую глубину сельскохозяйственной обработки почвы. Подобные системы на два порядка дешевле открытых осушительных систем, не нуждаются в периодических уходах. Долговечность щелевых дрен составляет не менее 20 лет [1].

На основе ранее проведённых исследований разработана методика определения энергоёмкости процессов резания торфа дисковыми фрезами аналитическим методом. В методике удельная работа резания  $e_{\Sigma}$  представлена в виде суммы: на преодоление упругих сил  $e_{упр}$ , сопротивления вязкопластического течения продуктов резания при прохождении ножом дуги контакта с залежью  $e_{\lambda}$  и протаскивании по кожуху  $e_{\kappa}$ , на прорезание древесных включений  $e_n$ , а также на сообщение кинетической энергии продуктам резания  $e_{кин}$ . Баланс удельной работы дисковой фрезы может быть представлен уравнением [2]:

$$e_{\Sigma} = e_{упр} + e_{\lambda} + e_{\kappa} + e_n + e_{кин} \quad (1)$$

$$e_{упр} = \tau \cdot \left( \frac{1}{\operatorname{tg} \psi'_0} + \frac{1}{\operatorname{tg} \psi} \right), \text{ Дж/м}^3, \quad (2)$$

где:  $\psi'_0 = 90 - \frac{\varphi - \rho + \beta'_0}{2}$  - угол сдвига стружки в плоскости резания, град.;

$\beta'_0$  - угол резания, приведённый к направлению подачи, град ( $\beta'_0 = \beta_0 \cdot \cos \alpha$ );  $\alpha$  - угол наклона режущей кромки относительно радиуса фрезы, град;  $\varphi_n, \varphi_r$  - углы внешнего и внутреннего трения разрабатываемой среды, град;

$\Psi = 90 - \frac{(90 - \alpha) + \varphi + \rho}{2}$  - угол сдвига стружки относительно плоскости резания, град;  $\tau = \theta + P_u \cdot f_2$  - сопротивление сдвигу разрабатываемой среды в плоскости, под углом  $\psi'_0$  к направлению подачи, Н/м<sup>2</sup>;  $\theta$  - предельное напряжение сдвига, Н/м<sup>2</sup>;  $f_2$  - коэффициент внутреннего трения;  $P_u$  - нормальное давление от действия инерционных сил в плоскости, проходящей под углом  $\Psi$  к направлению подачи, Па. Схема резания грунта ножом фрезы представлена на рисунке 1.

Величина давления  $P_u$  может быть определена по двум уравнениям в зависимости от толщины деформируемого слоя  $\delta_q, \text{м}$  [3].

$$\delta_q = \frac{\delta_{-p} \cdot \sin \beta'_0 \cdot \sin(\varphi + \psi'_0 + \beta'_0 - 90)}{\sin \psi'_0 \cdot \cos \varphi} \quad \text{при } \delta_q < \delta_{cp} \quad (3)$$

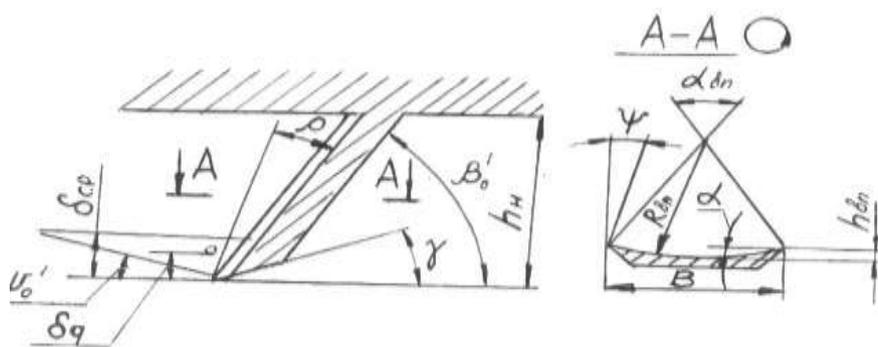


Рисунок 1 – Схема резания

$$P_u = \frac{\gamma_0 \cdot V_c^2}{g} \cdot \frac{\sin \beta'_0 \cdot \sin \psi'_0 \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \psi \cdot \sin(\varphi + \psi'_0 + \beta'_0 - 90)}{\cos \varphi \cdot \sin^2(90 - \psi + \alpha)} \quad \text{при } \delta_q \geq \delta_{cp} \quad (4)$$

$$P_u = \frac{\gamma_0 \cdot V_c^2}{g} \cdot \frac{\sin^2 \psi'_0 \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos^2 \psi}{\sin(90 - \psi + \alpha)} \quad (5)$$

где:  $\gamma_0$  - удельный вес разрабатываемого материала, Н/м<sup>3</sup>;  $V_c$  - скорость резания, м/с;  $g$  - ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

Удельная работа на преодоление сопротивлений вязкопластического течения продуктов резания  $e_\lambda$ , при прохождении ножом дуги контакта с залежью и протаскивании по кожуху  $e_k$ , Дж/м<sup>3</sup>

$$e_\lambda = K_{0,cp} \cdot \lambda_{po} + K_{\tau cp} \cdot \lambda_{p\tau} \quad e_k = K_{k,cp} \lambda_k \quad (6, 7)$$

На основании проведённых исследований предложены уравнения для определения указанных величин:

1) при толщине деформируемого слоя  $\delta_q < \delta_{cp}$

$$\lambda_{po} = \sqrt{2} \cdot (l - l_\tau) \left[ \frac{\cos \alpha \cdot \sin \beta'_0 \cdot \sin(\varphi - \psi'_0 + \beta'_0 - 90) \cos \psi}{2\delta_{-p} \cdot \sin(90 - \psi + \alpha)} \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^4 \psi} + \frac{1}{B} \right] \quad (8)$$

2) при  $\delta_q \geq \delta_{cp}$  возникают условия стеснённого заполнения впадины ножа и значение  $\lambda_{p\tau}$  определится по выражению:

$$\lambda_{p\tau} = \sqrt{2} l_\tau \left[ \frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta'_0}{2\delta_{cp} \sin(90 - \psi + \alpha)} \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^4 \psi} + \frac{1}{B} \right] \quad (9)$$

где:  $B$  - ширина ножа, мм.

Удельная работа на протаскивание продуктов резания по защитному кожуху определяется из выражения:

$$e_k = \frac{\mu \delta_{cp} V^2}{\Theta_\lambda q R} \cdot \left[ \frac{\sin \beta'_0 \left( 1 - \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\varphi_k} \right) - \cos \beta'_0 \left( \operatorname{tg} \varphi + \frac{1}{\varphi_k} \right)}{\cos \beta'_0 + \sin \beta'_0 \cdot \operatorname{tg} \varphi} - \operatorname{tg} \rho \right], \text{ Дж/м}^3 \quad (10)$$

где  $\Theta_\lambda$  - предельное напряжение сдвига продуктов резания после переработки, Н/м<sup>2</sup>

Удельная работа прорезания древесных включений  $e_n$  рассчитывается по эмпирическим зависимостям

$$e_n = k_n \xi_n \cdot 10^5 \text{ Дж/м}^3; \quad (11)$$

где  $k_n = 78 - 0,9 V_c + \frac{60}{\delta_{н\delta}}$ ,  $\xi_n$  - пнистость залежи, %.

Затраты мощности  $N_\Sigma$ , кВт, на выполнение технологического процесса прорезания щелей дискофрезерным рабочим органом определяются по выражению:

$$N_\Sigma = N_{рез} + N_{отб\theta p} + N_{mp} + N_{\theta}, \text{ кВт}, \quad (12)$$

где  $N_{рез} = \frac{e_\Sigma \Pi}{3,6 \cdot 10^6}$  - затраты мощности на прорезание щели, кВт;

$N_{отб\theta p} = \frac{\Pi \cdot \gamma \cdot Y_c^2 \cdot \eta}{2g}$  - затраты мощности на отбрасывание грунта, кВт;

где:  $\Pi$  - производительность рабочего органа, м<sup>3</sup>/с,  $\Pi = n_\phi v_{ц} a_{ц} V_\delta$ ,

$n_f$  - число фрез, шт;  $v_{щ}$  - ширина прорезаемой щели, м;  $a_{щ}$  - глубина щели, м;

$V_d$  - скорость движения (подачи) фрезы, м/с;  $\eta$  - КПД отбрасывания.

Полная энергоёмкость рабочего процесса  $E_{пол}$  определится как:

$$E_{пол} = \frac{N_{\Sigma}}{\Pi}, \text{ МДж/м}^3 \quad (13)$$

Для расчётов энергоёмкости фрезерования щелей в торфяной залежи по элементам технологического процесса разработана компьютерная программа Freza-n, позволяющая оптимизировать режимы резания, а также конструктивные и геометрические параметры рабочего органа на стадии проектирования [4]. Программный комплекс предназначен для:

1. Анализа затрат энергии на прокладку щелевых дрен по элементам технологического процесса на основании математической модели технологического процесса резания и заданных в качестве констант свойств почв;
2. Определения оптимальных технологических режимов резания, конструктивных и геометрических параметров рабочих органов агрегатов с активными рабочими органами за счёт варьирования скоростями резания и движения, углами установки резцов и резания, а также конструктивными параметрами рабочих органов. Обработка результатов экспериментальных исследований по матрице планирования позволила рассчитать регрессионную модель и получить зависимость  $E_{пол} = f(V_{рез}, \delta_{ср})$  для дисковых фрез:

$$E_{пол} = 3,0911 - 3,7847 Z_1 - 0,1761 Z_2 + 2,231 Z_1^2 + 0,0045 Z_2^2 + 0,0309 Z_1 Z_2 \quad (14)$$

являющуюся статистической моделью изучаемого процесса, которая позволяет определить приращения его энергоёмкости при варьировании уровней факторов (скорости резания и подачи на резец).

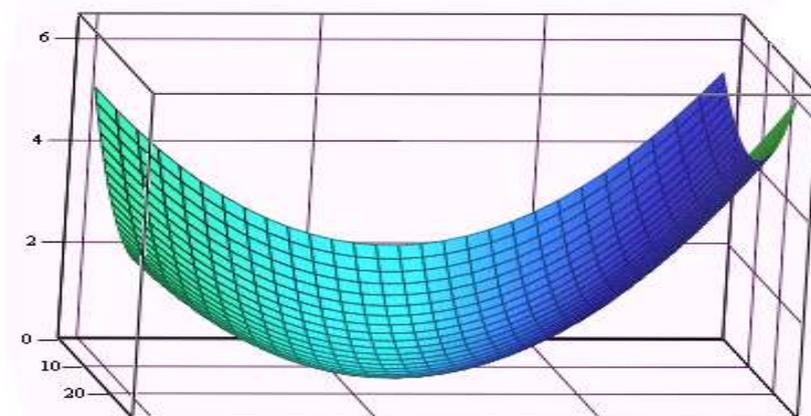


Рисунок 2 - Зависимость удельной энергоёмкости прорезания щелей в торфяной залежи дисковой фрезой от скорости резания и подачи на резец.

Геометрическая интерпретация аппроксимируемого многочлена в трёхмерном пространстве представлена на рисунке 2, её можно определить как эллиптический гиперпараболоид, обладающий минимумом в области оптимальных скоростей резания и подачи на резец.

Сравнение зависимостей энергоёмкости от подачи на резец, полученных экспериментально и расчётным путём показывает, что эти значения достаточно точно согласуются. Отклонения составляют 6 - 10 %, что свидетельствует о возможности теоретического обоснования конструкций рабочих органов орудий и определения их оптимальных параметров на стадии проектирования по компьютерным программам, составленным на основании приведённых выше математических зависимостей.

С учётом положений данной методики разработаны рабочие органы орудия для прокладки заградительных барьеров при тушении торфяных пожаров ОЗТ - 0,9, машины для осушения заболоченных земель щелевым дренажом МДН - 3, МДН - 4 и ЩДМ - 1 (Рисунок 3 А - В). Конструкции машин защищены авторскими свидетельствами.



Рисунок 3 А - Щеледнажная машина МДН-3



Рисунок 3 Б - Щеледнажная машина МДН-4



Рисунок 3 В - Щеледнажная машина ЩДМ-1

Для осушения заболоченных земель целесообразно применение щелевого дренажа, что позволяет сократить объёмы земляных работ, исключить нарушения ландшафтов и повысить производительность труда.

### **Библиографический список**

1. Орловский С.Н.. Борьба с лесными, степными и торфяными пожарами. Монография / С.Н. Орловский - Красноярск: КрасГАУ, 2016. – 299 с.
2. Орловский, С.Н. Определение энергетических и динамических параметров тракторов, режимов резания активных рабочих органов машинно-тракторных агрегатов. Монография/ С.Н. Орловский. Красноярск, КрасГАУ, 2011. – 376 с.
3. Карнаухов, А.И. Лесопожарные агрегаты с торцовой фрезой. Концепция энергосбережения. Монография / А И. Карнаухов. Красноярск: СибГТУ, 2011. – 220 с.
4. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2007610363. Расчёт энергоёмкости резания лесных почв с подстилкой торцовыми фрезами и затрат мощности на резание и выполнение технологического процесса», («Fresa\_n») / С.Н. Орловский, С.В. Комиссаров, А.И. Карнаухов. Заявитель и патентообладатель –СибГАУ. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19.01 2007.

УДК 631.626.5

### **ОПЫТ ОСВОЕНИЯ БАРАБИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (1895-1995 гг.)**

*Орловский Сергей Николаевич, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ*

***Аннотация:** Описана история мелиоративного устройства Барабинской низменности, результаты работ по осушению, развитие сельского хозяйства, рост населения. Проанализированы результаты научных исследований, современное состояние территории.*

***Ключевые слова:** мелиорация, осушение, экспедиция Жилинского, исследования, вторичное заболачивание.*

Бараба или Барабинская низменность, являясь значительной частью Западно-Сибирской низменности, занимает обширную территорию в границах от 53<sup>0</sup> до 57<sup>0</sup> северной широты и от 75<sup>0</sup> до 83<sup>0</sup> восточной долготы и представляет собой переходную зону от северных таёжных болот Васюганья к степям Кулунды. Бараба примечательна чрезвычайным разнообразием геологических, гидрогеологических и почвенных условий на общем фоне значительной заболоченности и засоленности.

Само слово «Бараба» в переводе с татарского означает «не ходи далее». Это название появилось, видимо, потому, что кочевники встретили здесь препятствие в виде непроходимых болот и дремучих лесов и вынуждены были обойти эту территорию южнее [1].

В то время болотистый край Бараба считалась совершенно непригодной для переселения европейского населения. В 1893 году население насчитывало всего 127 тысяч человек или 1 человек на 102 га. Интенсивное заселение и последующее освоение Барабинской низменности неразрывно связано с планами строительства железнодорожной магистрали (Великого Сибирского пути). Летом 1895 года экспедиция под руководством выдающегося русского гидротехника Иосифа Ипполитовича Жилинского приступила к комплексу работ по осушению, а также общему мелиоративному и водохозяйственному обустройству Барабинской низменности.

Началу работ предшествовала глубокая рекогносцировка, заключавшаяся в закладке двухлетних опытов по выращиванию сельскохозяйственных культур на осушенных землях. Сотрудниками опытной партии были выполнены гряды различной высоты для достижения требуемой влажности почвы и на них высажен набор всевозможных кормовых и зерновых культур, а также трав. В результате полевых наблюдений было установлено, что наиболее эффективно следует использовать осушенные земли для выращивания кормовых трав. Это и определило мясомолочное направление сельского хозяйства на осваиваемых землях.

Плановое переселение крестьян в Барабу, предоставление переселенцам льгот позволило увеличить население региона более чем в 10 раз. В 1913 году население Барабы составило 1,34 млн. человек. Объединение крестьян в кооперативы по инициативе Николая Васильевича Верещагина позволило решить проблему сбыта сельскохозяйственной продукции. Сильная конкуренция со стороны Сибири грозила подорвать сельское хозяйство Центральной России, что вынудило правительство создать на Урале таможенный барьер с обложением провозимых на Запад продуктов пошлиной в размере 30 % (так называемый Челябинский порог), [2].

Гидромелиоративные работы в Барабе выполнялись как с целью непосредственного осушения болот, так и для обеспечения выхода сельского населения на гривы приболотного пояса, что позволило быстро освоить более 1 миллиона га пашни, сенокосов и пастбищ. За период с 1895 по 1915 годы экспедицией было построено 1670 км магистральных каналов, 1502 км осушителей первого порядка и более 13000 км примыкающих к ним осушительных канав.

С 1896 года были организованы метеонаблюдения по нескольким характерным постам, данные которых потом были сведены к среднегодовым и среднегодовым показателям. Все изыскательские и опытные работы велись в очень тяжёлой полевой обстановке, в специфических условиях зыбучести болот, высокой обводнённости, наличия ужасного количества гнуса и сероводородных испарений. Строительные работы по устройству каналов и сооружению

шахтных колодцев выполнялись вручную, поскольку имеющиеся в те годы средства механизации на болотах использовать было невозможно.

Работы экспедиции И.И. Жилинского были прекращены с началом Первой мировой войны, но интерес к ним сохранился на протяжении всего последующего периода, хотя и проявлялся с различной силой, в иные годы, вспыхивая, в иные – затухая [1]. В 1929 году постановлением Западно-Сибирского крайисполкома была организована Барабинская мелиоративная станция, впоследствии переименованная в Убинскую опытно-мелиоративную станцию (УОМС). В задачи опытной станции входило исследование торфяников и выдача рекомендаций по их рациональному использованию.

В 1940-м году в Новосибирске организовался «Барабстройпроект» во главе с инженером-гидротехником А.Д. Панадиади. Для выполнения проектов по проведению мелиоративных работ потребовалось создание крупной экспедиции, которую возглавила доцент кафедры геоботаники Л.В. Шумилова. За составление почвенной карты Барабы взялся Б.Ф. Петров. Почвенную съёмку болот вели ассистенты профессора К.А. Кузнецова К.А. Уфимцева и Е.С. Кускова, ботанические работы выполнялись М.С. Кузьминой [3].

Исследованиями УОМС (П.А. Маханьков) было установлено, что при годовой сумме осадков 300 – 400 мм и превышающем испарении, а также при наличии засоленности грунтовых вод неумеренное осушение болот может вызвать процесс засоления осушаемых угодий. Мерзлота, резко уменьшающая водопроницаемость торфов, вызвала необходимость особого подхода к целому ряду мелиоративных мероприятий [4].

Ещё до окончания Великой Отечественной войны в феврале 1944 г. вышло Постановление СНК СССР «О мерах по подъёму сельского хозяйства Новосибирской области», продиктованное необходимостью укрепления продовольственной базы нового промышленного района, которым за годы войны стал Новосибирск. В постановлении ставились задачи повышения урожайности и роста валового сбора зерна, увеличения поголовья скота и его продуктивности.

Проведение исследований по подбору кормовых трав, зерновых и овощных культур для засоленных земель Барабы во многом является заслугой заместителя директора опытной станции по научной работе Николая Васильевича Орловского. Доктор сельскохозяйственных наук, профессор Орловский Н.В. осуществлял научное руководство всеми исследованиями УОМС с 1938 по 1950 г [3,6].

В 1950 – 1955 г.г. Е.В. Ган провёл успешные опыты по применению щелевого дренажа, выполняемого дренажно-дисковой машиной ДДМ – 5, для осушения заболоченных сезонно-мерзлотных торфяно-болотных почв Барабы. До 1956 г. Новосибирской экскаваторной станцией было построено и реконструировано 679 км каналов, что позволило освоить 45 тыс. га болот и заболоченных земель. В результате некомплексности работ на ряде осушенных участков произошло вторичное заболачивание [5].

Усиление работ по осушению заболоченных земель в Барабе относится к 1975 - 1985 гг., когда была создана сеть водохозяйственных, строительномонтажных, эксплуатационных и других мелиоративных организаций, способных выполнить значительные объёмы земляных, бетонных, строительных, пуско-наладочных работ, проводить комплексы мероприятий по коренному улучшению естественных кормовых угодий. Почти в каждом районе имелось по одному или несколько мелиоративных подразделений, обеспеченных жильём и хорошей производственной базой – мастерскими, гаражами и местными котельными. К сожалению, многоплановость мелиоративных мероприятий свелась к объёмам земляных работ и гектарам проведения культуртехнических мероприятий, обеспечивающих быстрое освоение капиталовложений.

Это привело к строительству осушительных систем открытого типа, имеющих ряд органических недостатков (дробление полей на мелкие участки, затрудняющие работу сельхозмашин, необходимость строительства мостов и трубопереездов через осушители, недоосушение межканавных участков и др.). Исследования осушающего действия открытых каналов, проведённые коллективом УОМС, показали, что в наиболее напряжённый период весеннего паводкового стока они не могут отводить внутренним стоком избыточную влагу из верхних горизонтов почвы ввиду практически водонепроницаемого слоя мерзлоты. В период снеготаяния в микропонижениях наблюдается скопление надмерзлотной верховодки, приводящее к вымоканию ценных кормовых трав. В летний период водный режим на межканальных полосах определяется в основном погодными условиями и мало зависит от расстояний между осушительными канавами. Более перспективны в Барабе осушительные системы с использованием щелевого дренажа.

Автором были разработаны новые высокопроизводительные щеледренажные машины МДН-3, МДН-4 и ЩДМ-1, технологии строительства щелевого дренажа в летний и зимний периоды с их применением, организовано серийное производство машин на двух заводах.

В то же время масштабные опыты по применению щелевого дренажа на осушении, позволяющие снизить сроки и стоимость работ в 30 – 40 раз, исключить нарушения ландшафтов и увеличить размеры полей в десятки раз не перешли в широкую практику именно по причине низких затрат на выполнение всего комплекса работ [2].

На начало 1995 года в Барабе насчитывалось около 65 тыс. га осушенных земель, на которых производилось до 9 % кормов от общего объёма их заготовок. В части районов Барабы земли осушенных болот служат основным источником получения кормов, так как довольно высокая залесённость и мелкоконтурность, характерные для немелиорируемых угодий, не позволяют получить на них требуемое количество сена. В отдельные особенно засушливые годы объём заготовок сена на мелиорируемых землях по некоторым районам достигает 70 % от общей потребности.

За водопроводящими и магистральными каналами и открытой осушительной сетью необходим постоянный эксплуатационный уход. Ещё во времена

экспедиции Жилинского было замечено, что вновь построенные каналы в условиях Барабы работают исправно лишь от трёх до пяти лет, после чего им необходим профилактический ремонт. С 1910 года для обеспечения их правильной эксплуатации по приказу Жилинского была организована линейная служба, осуществлявшая постоянный надзор и систематический текущий ремонт магистральных и осушительных каналов. Стоило ей с 1917 года прекратить работу – и каналы начали быстро заиливаться, зарастать древесной и травяной растительностью. Ранее осушаемые пашни, луга и пастбища вновь оказались под водой. Произошло вторичное заболачивание почв.

В советский период предпринимались неоднократные попытки наладить регулярную эксплуатацию осушительных систем, более необходимую не только для нормального проведения полевых работ на осушенных торфяниках, сколько для создания нормальных санитарно-эпидемиологических условий для населения и сохранения возможностей использования многочисленных лугов и пастбищ. В годы, когда сельское население было ещё достаточно многочисленным, на обслуживание каналов, водорегулирующих сооружений и мостов назначались водные объездчики и ремонтёры. Работы по очистке каналов, как правило, производились вручную.

В последние годы осушение болот и уход за каналами практически прекращены. Ранее осушенные земли заболачиваются, каналы зарастают кустарником и мелколесьем, сооружения разрушаются. Резко уменьшилась пропускная способность каналов и их дренирующая роль. Результатом прекращения работ явилось нарушение требуемого водного и питательного режимов на мелиорируемых землях, влекущее за собой остро выраженные негативные последствия.

В настоящее время Бараба находится в климатической стадии повышенного увлажнения, что привело к высокому повсеместному стоянию уровня грунтовых вод. Этим нарушаются нормальные условия жизни населения и сельскохозяйственного производства. Грунтовыми водами, которые во многих местах выходят на поверхность, подтоплено большинство крупных населённых пунктов региона, частично или полностью залиты подвальные помещения и подземные хранилища. Сельскохозяйственные угодья и приусадебные участки переувлажнены, грунтовые дороги в непроходимом состоянии, разрушаются здания и сооружения, дорожные покрытия, создаётся угрожающая санитарно-эпидемиологическая обстановка. Из Барабы последние 40 лет наблюдается постоянный отток населения и в настоящее время его численность составляет менее 80 тыс. человек.

Таким образом, для сохранения работ, выполненных экспедицией Жилинского, вновь стоит задача глубоких комплексных исследований Барабы и выполнения на современном технологическом и техническом уровне практических работ, без которых невозможно дальнейшее использование её богатого потенциала. Это вопрос государственного значения. Надо помнить, что речь идёт о судьбе ценнейшего сельскохозяйственного региона Сибири и России, о сохранении плодов научного поиска и самоотверженного тяжёлого труда не-

скольких поколений учёных, гидротехников и тружеников сельского хозяйства на протяжении целого столетия.

### **Библиографический список**

1. Жилинский И. И. Очерк гидротехнических работ в районе Сибирской железной дороги по обводнению переселенческих участков в Ишимской степи и осушению болот в Барабе, 1895 – 1904 гг. СПб, ГУЗиЗ – ОЗУ 1907 г.
2. Лапа В.И. Исторический опыт освоения Барабы // Мелиоративные системы Сибири: Состояние и перспективы совершенствования. Красноярск, СибНИИГиМ, 1996. С. 53 – 62.
3. Орловский С.Н. Этапы и перспективы освоения Барабы // Мелиорация и водное хозяйство. № 5, 1995. С. 12 – 14.
4. Орловский Н.В. Почвенно-мелиоративные условия Барабы. Новосибирск, ОгиЗ, 1948. 154 с.
5. Сельское хозяйство Барабинской низменности (состояние и перспективы развития). ДСП. Новосибирск. СО ВАСХНИЛ, 1977, 86 с.
6. Орловский Н.В. Страницы истории сельскохозяйственной науки XX века (воспоминания учёного) / Н.В. Орловский; Краснояр. гос. аграр. ун-т, Красноярск, 2012.- 496 с.

УДК. 631: 621.034

### **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НАИЛКА В ДРЕНАЖНОМ ТРУБОПРОВОДЕ**

*Палкин Николай Александрович, научный сотрудник отдела механизации мелиоративных работ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» г. Москва, Россия*

**Аннотация.** В статье на основе теории возникновения кавитационных явлений при воздействии высокочастотных колебаний на отложения в дренажном трубопроводе исследована возможность применения ультразвукового оборудования для эффективной очистки внутренней полости дрен от наслоений и отложений и предложен метод выбора параметров оборудования.

**Ключевые слова:** метод активации, кавитационный процесс, интенсивность ультразвука, амплитуда звукового давления, источник излучения

Основными причинами снижения эффективности работы осушительных систем являются заиливание полостей дренажных трубопроводов, возникающее в результате поступающих через стыки трубок или водоприемные отверстия грунтовых отложений, химических и биологических соединений, корней растительности и живых организмов.

При эксплуатации осушительных систем в зависимости от срока их службы, гидрогеологических условий залегания дренажа возможны следующие схемы заиления дренажных трубок (рис.1).

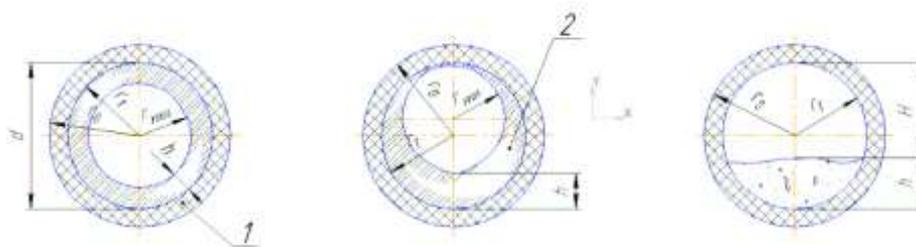


Рисунок 1- Основные схемы заиления дренажных трубок:

1 – дренажная трубка; 2 – наилк в трубке;  $r_0$ ,  $r_1$  – внешний и внутренний радиусы дренажной трубы;  $r_{\text{заил}}$  – радиус внутренней полости трубы, свободной от заиления;  $H$  – высота внутренней полости трубы свободной от заиления;  $h$  – слой заиления;  $d$  – внутренний диаметр трубки.

В настоящее время для очистки дренажных трубопроводов в основном применяются методы с использованием гидравлической энергии подаваемого потока воды, расходуемого для разрушения отложившихся наносов и транспорта их в виде пульпы.

Существующие методы обладают высокой энергоемкостью процесса, при очистке используются значительные объемы промывочной воды, на проведение подготовительных работ (отрывка нескольких прямков по длине трубопровода, ручные земляные работы по вскрытию дренажной линии и т. д.) затрачиваются дополнительные материальные и трудовые ресурсы. При значительном заилении полости слежавшимися наносами очистка проводится многократными проходами.

С целью снижения энергоемкости процесса и уменьшения количества расходуемой воды нами предлагается к применению комбинированный метод очистки внутренней полости трубопроводов, совмещающий первоначальное кавитационное разрушение отложений на отдельные фрагменты с последующим дополнительным их смывом и гидротранспортом в виде пульпы.

При использовании высокочастотных колебаний в области воздействия излучателя, на границе между внешней поверхностью слоя отложений и протекающей жидкостью в зоне разрежения образуются локальные полости, куда под воздействием местного давления из пор и капилляров выталкивается вода и частицы отложений. Через полпериода в этом же месте образуется область сжатия. В результате образовавшегося гидравлического удара, мгновенное значение местного давления намного превосходит исходное, вызванное распространением ультразвуковых колебаний. Этот процесс повторяется с частотой десятки тысяч раз в секунду, сопровождаясь характерным шумом. Под действием гидравлических ударов происходит послойное (поэтапное) разрушение наилка или отложений, нарушение сцепления их с внутренней поверхностью трубы или разрыв прочностных связей между частицами, перемещение их в

водно-грунтовую смесь, после чего фрагменты грунтовых и железистых отложений уносятся потоком протекающей промывочной воды.

В работах многих исследователей показана эффективность ультразвуковой очистки внутренней полости промышленных трубопроводов от различных наслоений и отложений. Несмотря на многообразие действующих в этом процессе факторов, определяющим здесь следует считать кавитационный процесс, основанный на ультразвуковом методе активации не только чистых жидкостей, но и суспензий, к которым можно отнести и водно-грунтовую смесь отложений и промывочной воды), образующуюся при промывке дренажных систем [1,2,3].

Так как при кавитационном воздействии на разрушение единицы объема слежавшихся наносов расходуется гораздо меньше энергии и подаваемой воды, чем при гидравлическом размыве, а на гидротранспорт пульпы расходуются одинаковые объемы и энергии, и воды, то в результате удельная энергоемкость процесса очистки значительно снижается.

Технологию ультразвуковой очистки внутренней полости трубопроводов и технологические параметры процесса очистки подбираются в каждом конкретном случае.

Кавитационные процессы являются определяющими при первичном и последующем измельчении внутритрубных отложений, так как интенсивное разрушение слоя взвешенных частиц в той суспензии, которую представляет собой пульпа, происходит в пучностях давлений ультразвукового поля, как и в чистой жидкости [2].

Проведенные исследования [4], позволили установить, что при ультразвуковом измельчении суспензий процесс происходит за счет кавитации и взаимного трения в потоке быстро движущихся и соударяющихся частиц минеральных и химических отложений в две фазы. В первой фазе, протекающей в сравнительно длительный срок (десятичные доли секунды), дробление происходит благодаря наличию в разрушаемых отложениях большого количества микротрещин и поверхностных кратеров, поэтому изначально трение частиц отложений о воду и взаимные соударения частиц играют определяющую роль.

Во второй фазе разрушение происходит за счет кавитационных ударных волн и ультратонких скоростных течений, формирующих в отложениях новые макротрещины и разломы.

По данным исследователей интенсивность ультразвука для чистой воды, при которой начинает проявляться кавитационный эффект, составляет в среднем  $3 - 7 \text{ Вт / см}^2$  при частоте 20 кГц, а для других частот, назначение которых зависит от вида жидкости и отложений, условий проведения процесса дробления и требуемого после измельчения размера частиц выносимого материала может возникать и при более низкой интенсивности [1, 4].

С точки зрения ультразвукового разрушения наилка в полости дренажного трубопровода одним из главных технологических параметров, влияющих на распространение кавитационного процесса при разрушении отложений, является массовая концентрация взвешенных в воде фрагментов наилка. С точки зрения источника ультразвуковых колебаний, используемого для получения ка-

витационного эффекта в зоне разрушения наилка, основным технологическим показателем является интенсивность ультразвука.

Используя общеизвестные формулы и рекомендации, выполняется предварительный расчет параметров ультразвукового оборудования (генератора и излучателя) с целью определения пороговой интенсивности и необходимого диапазона частот ультразвукового генератора.

Взяв за основу методику и принципы уточнения режимов процесса, изложенные в работе [4] и принимая в качестве ограничений условия работ по очистке дренажа, можно рекомендовать следующий алгоритм проведения расчетов по определению параметров ультразвукового оборудования.

Среднее значение кавитационного порога для отложений наилка ( $N_c$ ) определяется из соотношения, определяющего амплитуду звукового давления ( $p$ ) в зависимости от кавитационного порога для воды,  $I_B$

$$p = 10^{-1} \cdot N \cdot \sqrt{Z \cdot I_B} \cdot \rho_B \cdot c, \quad (1)$$

где  $p$  – амплитуда звукового давления, МПа;

$\rho_B$  – плотность водной среды ;

$I_B$  – интенсивности ультразвука, Вт / см<sup>2</sup>;

$c$  – скорость распространения ультразвука (для воды  $c = 1430$  м/с);

$N$  – числовой коэффициент,  $N \approx 10^{-3}$ ;

$Z$  – эмпирический числовой коэффициент,  $Z \approx 20$ .

Решая (1) относительно интенсивности и заменяя характерные показатели для воды на показатели для пульпы получим

$$I_B = (N \cdot Z)^2 \cdot p^2 / (\rho_B \cdot c_B), \quad (2)$$

где  $\rho_B$  – плотность пульпы, определяемая по формуле:

$$\rho_B = \rho_B \cdot \psi + \rho_H \cdot (1 - \psi), \quad (3)$$

где  $\rho_H$  – плотность наилка по сухому веществу;

$\psi$  – массовая доля воды в пульпе;

$c_B$  – скорость распространения ультразвука в пульпе:

$$c_B = \sqrt{\frac{1}{k_B \cdot \rho_B}}, \quad (4)$$

где  $k_B$  – коэффициент сжимаемости пульпы.

Для определения коэффициента сжимаемости сухой массы пульпы ( $k_B$ ) воспользуемся методикой [3] для твердых тел

$$\frac{\sum V_2 - \sum V_1}{\sum V_1} = \omega \cdot (1 - 2\mu), \quad (5)$$

где  $\sum V_2$  – насыпной объем сухой массы наилка;

$\sum V_1$  – объем сухой массы наилка после приложения давления;

$\omega$  – относительная продольная деформация, по закону Гука

$$\omega = \sigma / E.$$

Как следует из результатов [4], высушенный наилок по физико – механическим свойствам (насыпной плотности, удельной поверхности и др.) близок к мелкозернистым пескам.

Поэтому модуль упругости сухого наилка ( $E$ ) условно можно принять равным модулю упругости однородного мелкозернистого песка;

$\mu$  - коэффициент Пуассона, ориентировочно принимаем равным 0,2.

Так как коэффициент сжимаемости равен относительному изменению объема при изменении давления на 0,1 МПа, то  $k_H \approx 4 \cdot 10^{-6}$ .

Теперь определим общую сжимаемость пульпы ( $k_{\Pi}$ ), как

$$k_{\Pi} = k_B \cdot \psi + k_H \cdot (1 - \psi), \quad (6)$$

Находим

$$\rho_{\Pi} = \rho_B \cdot \frac{\varphi}{1 + \varphi} + \rho_H \cdot \frac{\varphi}{1 + \varphi} \quad (7)$$

здесь  $\varphi$  – массовая концентрации взвешенных частиц наилка в зоне распространения ультразвуковой волны.

$$k_{\Pi} = k_B \cdot \frac{\varphi}{1 + \varphi} + k_H \cdot \frac{\varphi}{1 - \varphi}, \quad (8)$$

Тогда, выражение для кавитационного порога, экспериментально исследованного другими учеными, при значениях  $\varphi = 0,05 \dots 0,30$  имеет вид:

$$I_B = 3 \cdot \sqrt{\frac{8 + \varphi}{\rho_H + \rho_B \cdot \varphi}}, \quad (9)$$

На основе релаксационной теории поглощения ультразвуковых волн в работе [3] предложено эмпирическое соотношение для определения коэффициента поглощения ультразвука в суспензии (пульпе)  $\beta$  по следующей зависимости

$$\beta = m \cdot \eta \cdot I_B \cdot \rho_B \cdot \sqrt{1 + \varphi}, \quad (10)$$

где  $\eta$  – сдвиговая (структурная) вязкость пульпы;

$m$  – эмпирический числовой коэффициент,  $m \approx 10^{-17}$ .

Как известно в процессе распространения ультразвуковых волн в обрабатываемой среде исходная интенсивность ультразвука ( $I_0$ ) уменьшается по мере удаления от источника излучения по экспоненциальному закону

$$I_B = I_0 \cdot e^{-2\beta x}, \quad (11)$$

где  $I_B$  – кавитационный порог для пульпы, определяется по формуле (9), Вт / см<sup>2</sup> ;

$\beta$  – коэффициент поглощения ультразвука, определяется по формуле (10), 1/см ;

$x$  – расстояние от излучателя до точки с интенсивностью  $I_B$ , в нашем случае толщина отложений наилка, см;

$e$  – основание натурального логарифма.

Решение уравнения (11) определяет зависимость исходной интенсивности излучения ультразвука относительно толщины слоя наилка в дрене и массовой концентрации взвешенных частиц пульпы в зоне распространения ультразвуковой волны.

Например, для выполнения эксплуатационных работ на мелиоративных системах возможно использование отечественного ультразвукового прибора, внешний вид и схема установки которого приведены на рис.2.

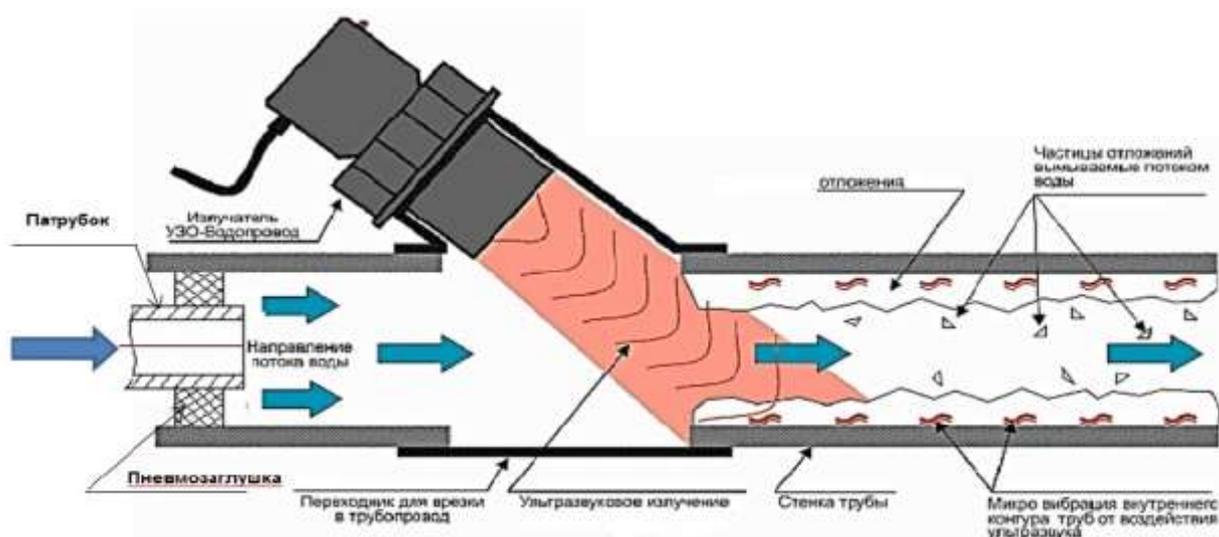


Рисунок 2- Схема установки ультразвукового генератора посредством универсального патрубка – переходника

### Вывод

Среди физических методов очистки одним из перспективных является ультразвуковая обработка, однако, ни экспериментальных, ни теоретических исследований по высокочастотной очистке осушительного дренажа в литературных источниках не обнаружено.

### Библиографический список

1. Сиротюк М.Г. Акустическая кавитация / М.Г. Сиротюк, М.: Наука, 2008.
2. Михайлов И.Г. Ультразвук и его применение / И.Г. Михайлов, М.: Физиздат, 2007.
3. Зубрилов С.П. Физико-химические аспекты ультразвуковой активации вяжущих материалов. – Дисс. на соиск. уч. ст. д.т.н., Л.: 1975.
4. Ладыгин К.В. Ультразвуковая очистка обратноосмотических мембран при обезвреживании фильтрата полигонов твердых бытовых отходов. – Дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н., М.: 2015.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

*Абдулмажидов Хамзат Арсланбекович, доцент кафедры «Машины и оборудование природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях» ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** *Представлены наиболее распространенные компьютерные программы для проведения обработки экспериментальных данных, приведена методика обработки результатов эксперимента на примере результатов работы модели глубоких рыхлителя.*

**Ключевые слова:** *обработка экспериментальных данных; компьютерные программы, используемые в обработке данных; методика проведения эксперимента.*

Одним из методов научных исследований является эмпирический, т.е. способ, основанный на физическом восприятии или фиксации изменения исследуемого явления с помощью приборов измерения. Основную характеристику исследуемого явления или процесса принято называть целевой функцией или параметром оптимизации, а параметры, так или иначе влияющие на параметр оптимизации – факторы. В зависимости от степени и учета влияния различных факторов различаются однофакторные и многофакторные исследования. Исследование, в котором учитывается влияние всех весомых факторов на целевую функцию, называется полным факторным экспериментом. Настоящая работа посвящена пояснению использования наиболее распространенных программ для обработки данных однофакторного эксперимента, в котором определяется формирование целевой функции в зависимости от изменения только лишь одного фактора при неизменности и постоянстве других [1].

Достоинствами однофакторного эксперимента являются простота и доступность проведения исследований, недостатки – необходимость проведения опытов с четырех - пятикратной повторностью для получения более достоверных результатов, сложность обеспечения неизменности и постоянства остальных факторов [2]. Целью исследований являлось определение зависимости изменения тяговых сопротивлений от глубины при работе модели рыхлителя.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Выдвижение гипотезы об увеличении тяговых сопротивлений при увеличении глубины рыхления при работе модели рыхлителя.
2. Определение экспериментальным путем величин тяговых сопротивлений в зависимости от глубины рыхления.
3. Применение компьютерных программ для обработки экспериментальных данных: определение среднего значения (математического ожидания) тяговых сопротивлений для четырех групп опытов с глубиной рыхления 4, 6, 8 и

10 см., получение исходных величин для расчета коэффициентов уравнения регрессии методом наименьших квадратов.

4. Получение аппроксимаций данных с помощью компьютерных программ.

5. Заключение и выводы об изменении тяговых сопротивлений в зависимости от глубины рыхления.

В настоящей статье рассматриваются результаты экспериментальных исследований уменьшенной в 4 раза модели рыхлителя. В качестве целевой функции (параметра оптимизации) рассматриваются тяговые усилия, а в качестве фактора наиболее всего влияющего на изменение целевой функции принята глубина рыхления [3]. Перед исследованиями гипотетически можно предположить, что тяговые усилия с увеличением глубины рыхления увеличиваются. Однако, помимо поставленной цели по определению изменения тяговых сопротивлений в задачи исследований входило и определение количественного изменения тяговых сопротивлений. Эксперименты проводились на грунтовом лотке лаборатории мелиоративных машин кафедры «Машины и оборудование природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях». По жестким направляющим грунтового лотка, заполненного грунтом определенной влажности и категории, может перемещаться тележка с моделью рабочего органа. Посредством телескопической стойки изменяется глубина рыхления. Перед каждым опытом проходит подготовка грунта с обеспечением строгой горизонтальности его поверхности и соответствия планируемой категории [4].

По результатам экспериментальных исследований получены следующие результаты для четырех значений глубины (рис. 1).

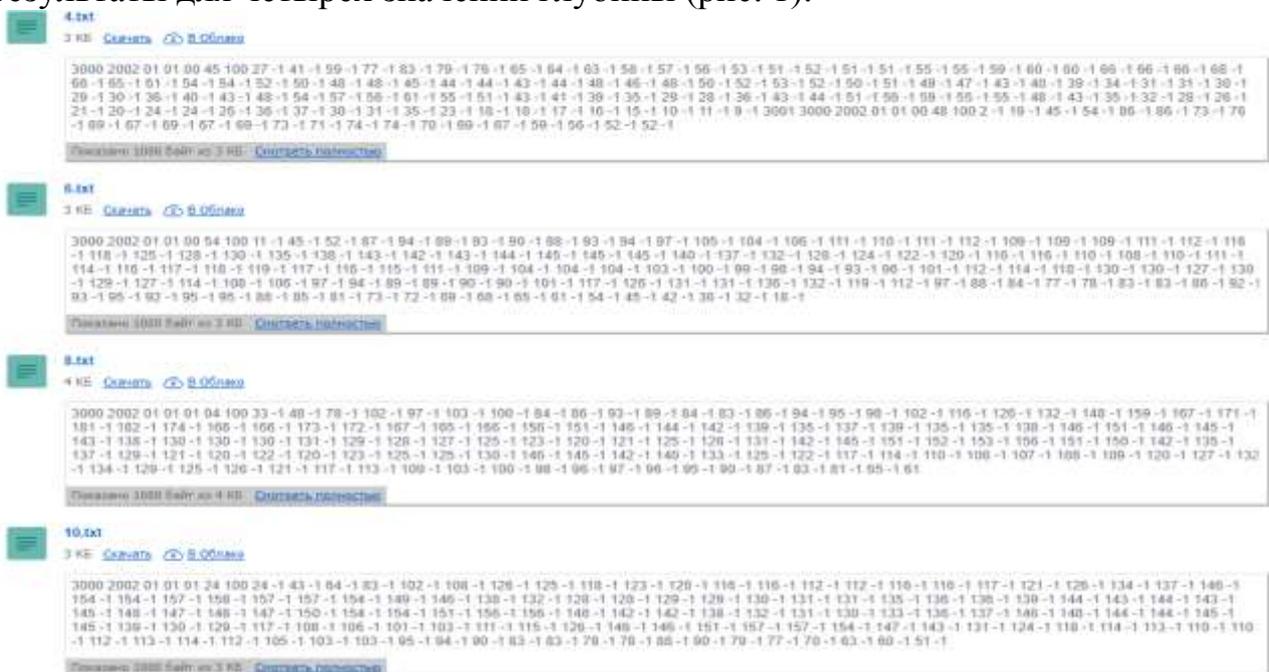


Рисунок 1 - Результаты экспериментальных исследований при различных значениях глубины рыхления

Для обработки экспериментальных данных применяются различные компьютерные программы. Наибольшее распространение получили программы Mathcad [5] и Excel.

Пример обработки экспериментальных данных при глубине рыхления 10 см с уменьшенной в 4 раза моделью рыхлителя в системе Mathcad представлен на рисунке 2.

Определение зависимости тяговых сопротивлений от глубины при работе рыхлителя

1. Задание количества точек исследуемой функции для участка с установившимся режимом.

$$N := 60 \quad i := 0..N - 1$$

2. Задание значений времени изменения целевой функции в виде векторов-строк матрицы.

$$X1 := (1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 10)$$

$$X2 := (11 \ 12 \ 13 \ 14 \ 15 \ 16 \ 17 \ 18 \ 19 \ 20)$$

$$X3 := (21 \ 22 \ 23 \ 24 \ 25 \ 26 \ 27 \ 28 \ 29 \ 30)$$

$$X4 := (31 \ 32 \ 33 \ 34 \ 35 \ 36 \ 37 \ 38 \ 39 \ 40)$$

$$X5 := (41 \ 42 \ 43 \ 44 \ 45 \ 46 \ 47 \ 48 \ 49 \ 50)$$

$$X6 := (51 \ 52 \ 53 \ 54 \ 55 \ 56 \ 57 \ 58 \ 59 \ 60)$$

3. Объединение значений векторов-строк X1, X2, X3, X4, X5 и X6.

$$X := \text{augment}(X1, X2, X3, X4, X5, X6)$$

4. Привязка масштаба и транспонирование вектора-строки значений времени в вектор-столбец.

$$X := X \cdot 0.1 \quad X := X^T$$

5. Задание значений изменения тяговых сопротивлений при установившемся режиме для модели

$$Y1 := (154 \ 154 \ 157 \ 158 \ 157 \ 157 \ 154 \ 149 \ 146 \ 138)$$

$$Y2 := (132 \ 128 \ 128 \ 129 \ 129 \ 130 \ 131 \ 131 \ 135 \ 136)$$

$$Y3 := (136 \ 139 \ 144 \ 143 \ 144 \ 143 \ 145 \ 148 \ 147 \ 146)$$

$$Y4 := (147 \ 150 \ 154 \ 154 \ 151 \ 156 \ 156 \ 148 \ 142 \ 142)$$

$$Y5 := (138 \ 132 \ 131 \ 130 \ 133 \ 136 \ 137 \ 146 \ 148 \ 144)$$

$$Y6 := (144 \ 145 \ 145 \ 139 \ 130 \ 129 \ 117 \ 108 \ 106 \ 101)$$

6. Объединение значений векторов-строк Y1, Y2, Y3, Y4, Y5 и Y6 и транспонирование вектора-строки матрицы значений целевой функции - тяговых сопротивлений в вектор-столбец.

$$Y := \text{augment}(Y1, Y2, Y3, Y4, Y5, Y6) \quad Y := Y^T$$

7. Пересчет значений тяговых усилий модели на рабочий орган в натуральную величину при масштабном коэффициенте  $i=4$  и показателе степени  $n=2.5$

$$Y := Y \cdot 4^{2.5} \cdot 10^{-3}$$

8. Определение средних значений тяговых сопротивлений (кН) для рабочего органа в натуральную величину по результатам опыта с моделью при глубине рыхления 10 см.

$$R := \text{mean}(Y) \quad R = 4.484$$

9. Расчет коэффициентов уравнения линейной регрессии  $a_0$  и  $b_0$  встроенными командами Mathcad.

$$a_0 := \text{intercept}(X, Y) \quad b_0 := \text{slope}(X, Y) \quad a_0 = 4.785 \quad b_0 = -0.099 \quad f(X) := a_0 + b_0 \cdot X \quad Y1 := Y - f(X)$$

10. Расчет дисперсии.  $D := \text{var}(Y) \quad D = 0.158$

11. Определение коэффициентов вариации:  $v := \frac{\sqrt{D}}{R} \quad v = 0.089$

12. Построение зависимости изменения тяговых сопротивлений от глубины рыхления (10 см) на участке с приближенным установившимся режимом.

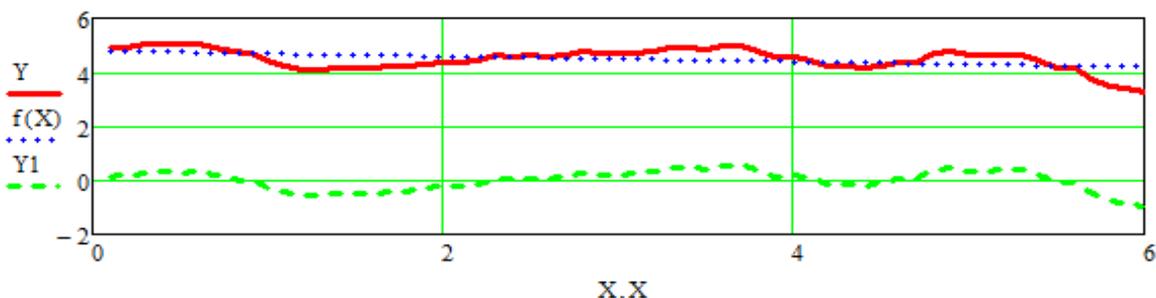


Рисунок 2 - Листинг обработки экспериментальных данных в системе Mathcad

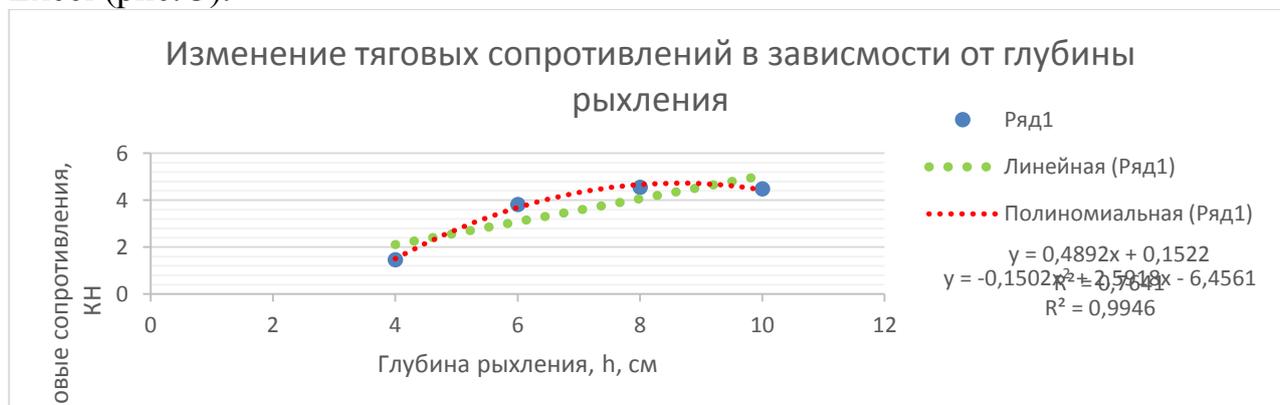
При рассмотрении реализаций с целью обработки данных наибольший интерес представляет стационарный режим, т.е. установившийся режим изменения целевой функции. Начальная стадия движения – разгон модели рабочего органа и конечная стадия – замедление для определения средних значений (математического ожидания) при данной глубине рыхления не рассматриваются.

Опыты с моделью рыхлителя проводились с глубиной рыхления 4, 6, 8 и 10 см с повторностью 3 раза, соответственно количество опытов равнялось 12. В некоторых случаях с учетом свойства эргодичности исследования и при значительных реализациях допускалось определение основных характеристик целевой функции как случайной величины, по одной реализации.

Определение тяговых сопротивлений, как параметра оптимизации связано с тем, что на их основе можно выбрать соответствующую базовую машину определенного тягового класса. Более того, в дальнейших исследованиях можно достичь сравнительного уменьшения усилий резания, модифицируя рабочий орган с изменениями некоторых геометрических параметров.

Основными характеристиками тяговых сопротивлений как случайной величины принимались математическое ожидание (среднее значение), дисперсия (величина разброса) и корреляционная функция (показатель того как близко изменение целевой функции к строгой линейной зависимости).

Результатами эксперимента являются уравнения регрессии для линейной, логарифмической и полиномиальной аппроксимаций, полученные в системе Excel (рис. 3).



**Рисунок 3 - Листинг результатов обработки экспериментальных данных по определению тяговых сопротивлений при работе рыхлителя в системе Excel**

По полученным зависимостям можно сделать вывод о том, что тяговые сопротивления с увеличением глубины рыхления увеличиваются. Более того, по результатам эксперимента не только подтверждается гипотеза, но и определены количественные и качественные характеристики процесса рыхления грунта.

На рисунке 3 представлены зависимости тяговых сопротивлений от глубины для четырех значений глубины рыхления, а также уравнения регрессии, полученные в системе Excel, представляющие собой линейную и полиномиальную аппроксимации. Наиболее адекватно процесс рыхления описывается в данном случае полиномиальной аппроксимацией, подтверждением этому является значение величины достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,9946$ , тогда как для линейной аппроксимации данный показатель составляет лишь  $R^2 = 0,7641$ .

Следует отметить, что существует множество различных компьютерных программ, такие как – SPSS, STATISTICA, STADIA, SAS, STATGRAPHICS, которые также могут быть использованы при обработке данных или при решении узконаправленных задач по статистической обработке данных. Выбор той или иной программы зависит от характера и сложности задач, стоящих перед исследователем. Эти программные пакеты имеют большой набор по машинной обработке данных: факторный анализ, регрессионный анализ и т.д. Все представленные средства имеют модули для визуальной оценки полученных результатов: различные графики, диаграммы и гистограммы.

Таким образом, те или иные компьютерные программы, применяемые для обработки экспериментальных данных, в значительной степени взаимно дополняются, что в определенной степени ускоряет процесс научных исследований.

#### **Библиографический список**

1. Мочунова Н.А., Абдулмажидов Х.А. Аналитическая модель системы управления скоростью движения ковша каналоочистительной машины. Строительные и дорожные машины. М.: 2014. № 9. С. 13-15
2. Абдулмажидов, Х.А. Обоснование основных параметров и режимов работы ковшовых каналоочистительных машин для зоны осушения: дис. ... канд. техн. наук. /Московский государственный университет природообустройства - МГУП – М.: 2000 г. 150 с.
3. Тойгамбаев С.К., Ногай А.С., Нукешев С.О. Проводимость почвенного слоя в Акмолинской области. Вестник ФГБОУ ВО "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2008. № 1 (26). С. 86-89.
4. Корнеев А.Ю., Мартынова Н.Б. Плужный рабочий орган для строительства мелиоративных каналов полуэллиптического профиля в зоне осушения. Вестник ФГБОУ ВО "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2017. № 2 (78). С. 26-29.
5. Кирьянов, Д. Mathcad 14. Наиболее полное руководство. Издательство: БХВ-Петербург, 2007.

## ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ОСУШИТЕЛЬНО-ОБВОДНИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ

*Мартынова Наталья Борисовна, доцент кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** проанализировано распределение осадков в течение года в московской области, обоснована необходимость строительства осушительно-обводнительной системы. Рассмотрена динамика суточного водопотребления картофеля в период вегетации. Предложено использовать капельный полив в составе осушительно-обводнительной сети.

**Ключевые слова:** осушение, дождевание, капельный полив, осушительно-обводнительная сеть.

Климатической особенностью территории Московской области является неравномерное распределение осадков в течение года (табл. 1). Это обстоятельство сказывается на агротехнических сроках выращивания картофеля. Так, по окончании снеготаяния, почвы во вторую половину весеннего периода сильно переувлажнены, что нередко оказывается причиной сдвига посадочных работ на несколько дней.

*Таблица 1*

### Среднесуточное количество осадков в период вегетации

Год исследования	Суточное количество осадков, мм/сут.			
	май	июнь	июль	август
2016	3,37	2,56	3,86	4,43
2017	1,58	2,34	3,12	2,46
2018	0,65	1,82	2,74	0,74

Проблему можно решить с помощью строительства дренажной сети, однако при проектировании следует учитывать, что дренажная система будет максимально загружена в весенний период, во время отвода талых вод, в летние месяцы водная нагрузка значительно снизится.

Особенностью водного режима картофеля является неравномерное суточное водопотребление в течение всего периода вегетации [1]. Максимальные значения водного питания картофеля приходятся в период окончания роста ботвы и цветения.

Однако на этом временном отрезке количество осадков достигает минимальных значений на протяжении годового цикла (табл. 2). В период с начала июля и до середины августа наблюдается устойчивый дефицит влаги для растений. Для обеспечения устойчивого урожая требуется проведение оросительных мероприятий [2]. Значительной экономии средств и прибавки урожая можно

было бы добиться, накапливая талые воды и воды атмосферных осадков в летние месяцы [3].

Таблица 2

### Суточное водопотребление картофеля

№	Период вегетации	Суточное водопотребление, м <sup>3</sup> /га
1	Посадка – всходы	16
2	Всходы – начало бутонизации	28
3	Начало бутонизации – полное цветение	32
4	Полное цветение – окончание роста ботвы	35
5	Окончание роста ботвы – техническая спелость клубней	27

Следовательно, для получения высоких урожаев в Московской области, где распределение осадков не равномерно на протяжении года, следует использовать осушительно – обводнительную сеть. Данное мелиоративное сооружение будет загружено с начала весны до конца осени, создавая благоприятные условия для роста и развития растений и оказывая влияние на агротехнические сроки [4].

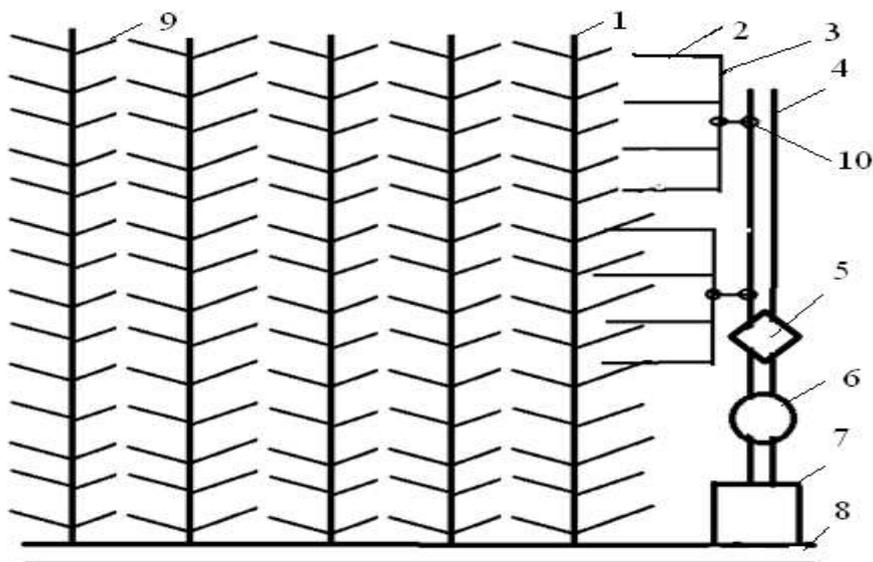
Существует несколько способов строительства осушительно-обводнительных систем. Используется сеть каналов – накопителей с системой шлюзования. Данное сооружение имеет высокую стоимость и может быть использовано лишь на больших мелиоративных объектах, к тому же данная схема не может исключить переувлажнения почв [5].

Известна также конструкция осушительно-обводнительной системы с использованием прудов – накопителей, куда вода подается при помощи насосов. Данный способ является энергозатратным, к тому же накопители выводят землю из сельскохозяйственного оборота и затрудняют работу сельскохозяйственных машин.

Увлажнять осваиваемую территорию предполагается при помощи внутриводной орошения или дождевания. Недостатком первого является небольшая глубина, что при длительном использовании при замерзании и оттаивании почвы приведет к высотным деформациям и снижению объема водоподдачи.

Использование дождевальной техники приведет к повышению эксплуатационных расходов, а также затруднениям проезда дождевальных машин среди объектов мелиоративной системы.

Поэтому предлагается использовать в качестве осушительной системы дренажную сеть, а в качестве увлажнительной – систему капельного орошения (рис. 1). Вода для капельного полива может быть использована из накопительных коллекторов.



**Рисунок 1- Осушительно-обводнительная система:**

1 – коллектор осушительной сети; 2- капельная линия; 3 – распределительная линия; 4 – распределительный коллектор; 5 – фильтрационная станция; 6 – насосная станция; 7 – накопитель; 8 – магистральный канал; 9 – дрена; 10 – задвижка.

В период снеготаяния вода из магистрального канала частично подается в накопитель, где она отстаивается и частично осветляется. Далее насосом транспортируется в распределительный коллектор и после фильтрации поступает в капельную линию, осуществляя полив (рис. 2).



**Рисунок 2 – Выращивание картофеля с применением капельного орошения.**

Использование капельного полива в составе осушительно- обводнительной системы позволит сократить расход воды на полив, так как капельные линии доставляют поливную воду непосредственно в корнеобитаемую зону. Благодаря этому снизится нагрузка на дренажную сеть.

### Библиографический список

1. Дубенок, Н.Н. Отзывчивость различных сортов картофеля на водный режим светло-каштановых почв Нижнего Поволжья / Н.Н. Дубенок, Д.А. Болотин, С.Д. Фомин, А.Г. Болотин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – №4. – С. 22-29
2. Мартынова Н.Б. Машина для укладки капельной ленты в картофельный гребень / Н.Б. Мартынова, А.Ю. Корнеев//Международный технико – экономический журнал.-2019.-№2.-С.15-20
3. Карапетян М.А. От предпосадочной подготовки почвы зависит производительность картофелеуборочного комбайна и качество уборки клубней / М.А. Карапетян, А.М. Шипанцов //Картофель и овощи, 2012. -№4 - С. 7.
4. Балабанов В.И. Актуальная техника. Обзор инновационных разработок для посева и почвообработки. /В.И. Балабанов // Агротехника и технологии. - 2019. - №1. - С.18-19
5. Абдулмажидов, Х.А. Комплексное проектирование и прочностные расчеты конструкций машин природообустройства в системе Inventor Pro / Х. А. Абдулмажидов, А. С. Матвеев // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина".- 2016. –№2. – С. 40-46

УДК 631.311: 631 6(075.8)

### МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОГРЕЙДЕРА ДЛЯ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ АЭРОДРОМОВ

*Теловов Нормурод Кандахорович старший преподаватель Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Маховский Антон Владиславович, инженер-конструктор 2 категории АО «ОКБ МЭИ»*

**Аннотация:** В статье рассматривается технология зимнего содержания аэродромов; кратко описаны современные средства механизации для этих целей.

**Ключевые слова:** аэропорт; воздушное судно; снежное и гололедное образование; средства механизации.

С целью обеспечения эксплуатационной готовности аэродромов с твердыми покрытиями в зимний период необходимо в первую очередь производить два вида работ: очистку аэродрома от снега и удаление или предупреждение гололеда.

Для борьбы с гололедом известна универсальная машина - Джетбрум производства швейцарской фирмы Boschung – очистительная и снегоубороч-

ная машина для круглогодичной многоцелевой эксплуатации аэродромных покрытий. Машина снабжена плугом, щеткой, воздуходувно-всасывающим аппаратом. На территории России бывших союзных республик широкое распространение получила высокопроизводительная универсальная машина ДЭ-235 (концерн «Амкодор-НТЦ», Республика Беларусь) для очистки аэродромных покрытий от снега, пыли и мусора, удаления гололеда, а также просушки покрытий – не имеет аналогов в мировой практике. Машина снабжена снегоочистительным органом, щеточным ротором, генератором воздушного потока и съемным рабочим органом: подкатной тележкой с авиационным реактивным двигателем. Отличительной особенностью названных машин является высокая стоимость и не всегда оправданная сложность конструкции, требующая значительных эксплуатационных затрат.

Для аэропорта немаловажны экономические факторы, в частности, такие как стоимость очистки и ее последствия для конструктивных слоев покрытия, вызывающие необходимость его ремонта. Для эксплуатанта воздушного судна – влияние качества аэродромного покрытия не только на управляемость ВС на этапах руления, взлета и посадки, но и на износостойкость авиационных шин, на возможность попадания любых «незакрепленных» частиц в двигатель, на прочность конструктивных элементов и т.д.

Менее дорогими и отвечающими требованиям к технике для аэродромов являются плужно-щеточные снегоочистители, применяемые, главным образом, при снегоочистке элементов аэродромов в случае, если необходимо полное отделение снега от поверхности покрытия.

Машины этого типа рассчитаны на систематическую уборку с небольшим интервалом перед очередной очисткой. В связи с этим снегоочиститель каждый раз убирает сравнительно небольшой слой снега. Во время работы основная масса снега сдвигается в сторону отвалом, а оставшийся после работы отвала тонкий слой уплотненного снега сметается щеткой. Как правило, плужно-щеточное оборудование устанавливается на поливомоечных машинах (КО-002, АКПМ-3У производства предприятия Коммаш, Российская Федерация), пескоразбрасывателях (КО-105), распределителях химреагентов (машина комбинированная уборочная 58355 2). Возможен также вариант установки снегоочистительного оборудования плужно-щеточного типа на тракторном шасси (уборочная машина УМТ-80/82 на базе трактора МТЗ-80/82 производства завода «Минскагропромаш» и концерна «Амкодор», Республика Беларусь; машина тротуароуборочная универсальная на базе Т-30.69 Михневского ремонтно-механического завода, Российская Федерация). Помимо перечисленных средств очистки от свежего снега используются навесные щетки роторного типа, представленные в работах [1, 4, 5, 6, 7, 8].

Учитывая экономическую составляющую очистки аэродрома от свежевыпавшего снега, сделана попытка модернизации, разрешенных для эксплуатации в таких условиях машин, с целью повышения производительности. В качестве объекта модернизации выбран автогрейдер ДЗ-96Б (ДЗ-985-

1) класса 250 мощностью 202,5 кВт с механической трансмиссией. Он используется на землеройно-профилировочных работах с грунтами I – IV категорий в аэродромном строительстве и очистке покрытий от снега. Скорость движения 3,5...47 км/ч; грейдерный отвал: длина 4270 мм, высота 740 мм. Впереди на него может быть установлен снегоочистительный отвал, показанный на рис.1.

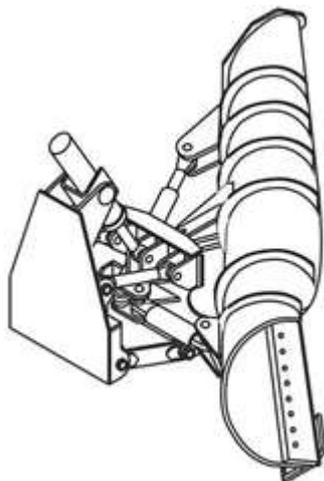


Рисунок 1- Конструкция снегоочистительного отвала

Он предназначен для очистки дорог и территорий от снежных заносов и имеет следующие технические характеристики: высота отвала – 1630 мм; длина отвала – 3228мм; масса – 1215 кг.

Количество автогрейдеров определяется из условия их использования для очистки от снега обочин ИВПП и РД, а также зон КРМ и ГРМ, но формуле (1).

$$N_{AG} = \frac{2L_{ИВПП}B_0S_{КРМ}S_{ГРМ}}{V b T K_{И}K_{ТГ}} \quad (1)$$

где:  $L_{ИВПП}$  – длина посадочная полоса с искусственным покрытием (ИВПП), м;  $B_0 = 10$  – ширина очистки обочин ИВПП, м;  $S_{ГРМ}$  – площадь очистки от снега зон глиссадных радиомаяков, м<sup>2</sup>;  $S_{КРМ}$  – площадь очистки от снега зон курсового радиомаяка, м<sup>2</sup>;  $b$  – ширина захвата отвала автогрейдера, м;  $V$  – рабочая скорость автогрейдера, м/ч;  $T$  – заданный срок выполнения работы, ч;  $K_{И}$  – поправочный коэффициент на толщину и плотность снега;  $K_{И} = 0,95$  – коэффициент использования во времени;

$K_{ТГ} = 0,85$  – коэффициент технической готовности.

Анализ формулы (1) показывает, что количество необходимых агрегатов зависит от величины  $b$  – ширины захвата автогрейдера. Следовательно, при определенном сроке выполнения работы, с увеличением величины отвала автогрейдера будет сокращаться потребность в количестве машин.

В методических рекомендациях по определению количества средств механизации для содержания аэродромов приводится формула для определения рабочей скорости.

Рабочая скорость автогрейдера определяется из выражения:

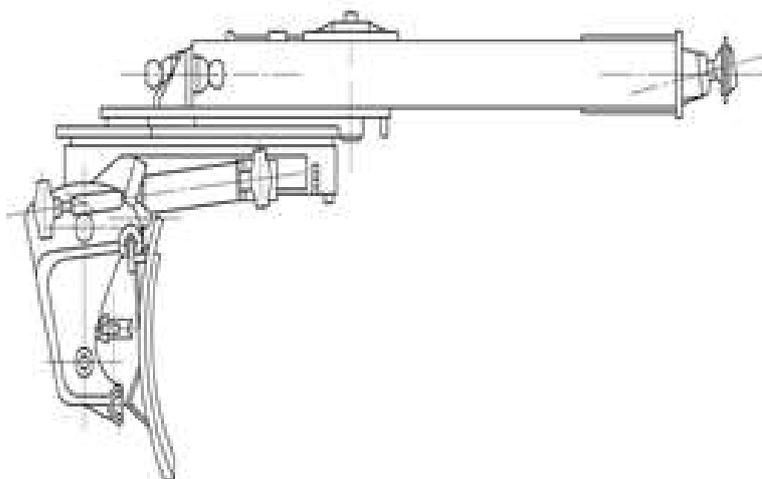
$$V = \frac{1.56}{1.99h_{CH}} \text{ км/ч}, \quad (2)$$

где  $h_{CH}$  – начальная толщина снега, м.

Эмпирические коэффициенты в числителе и знаменателе получены при плотности свежего снежного покрова  $0,1 \text{ Н/м}^2$ . При этом скорость автогрейдера зависит только от толщины снежного покрова.

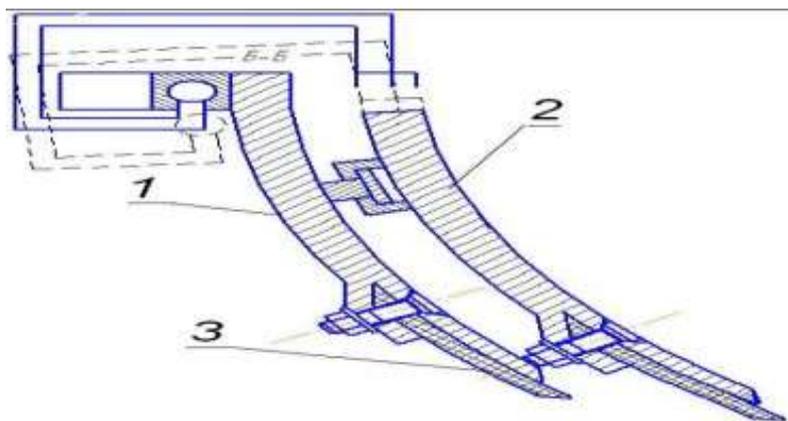
Учитывая особенности технологии обслуживания взлетно-посадочной полосы аэродромов, заключающиеся в том, что не допускают формирование высокого снежного покрова, было решено подвергнуть модернизации основной грейдерный отвал.

Суть модернизации заключается в создании раздвижного отвала, состоящего из основного, на котором монтируются сдвижные составные части. В систему управления автогрейдера вносятся дополнительно два гидроцилиндра и распределительных устройства. На рис. 2. показано расположение гидроцилиндров и основных его частей. В компактном виде, когда сдвижные части располагаются ниже основного отвала и могут выполнять в полной мере его функции. На рисунке 3 показана схема отвала в поперечном сечении. При перемещении сдвижных частей происходит их перемещение в вертикальной плоскости. В крайних положениях сдвижные части вспомогательного отвала переходят в плоскость основного. При этом резиновые ножи находятся на одной линии.



**Рисунок 2- Модернизированный отвал овал автогрейдера:**

1 – основной отвал автогрейдера; 2 – левая часть сдвижного вспомогательного отвала; 3 – гидроцилиндры; 4 – правая часть сдвижного вспомогательного отвала.



**Рисунок 3- Схема расположения основного и вспомогательного – сдвижного отвалов в компактном положении:**

1 – основной отвал; 2 - сдвижная часть отвала; 3 – резиновый нож.

Качество очистки покрытий от снега обеспечивается в том случае, если отвал, сдвигая основную массу снега, оставляет после себя слой высотой 10 -15 мм, легко сметающийся щеткой. Поэтому необходимо систематически контролировать состояние резиновых ножей отвала. Они должны иметь одинаковую высоту и при опущенном отвале плотно по всей ширине захвата прилегать к поверхности покрытия. Высота ножей должна быть в пределах 25-150 мм, с равномерным износом. Отвал в раздвинутом положении должен легко поворачиваться на поворотной раме вправо и влево и надежно фиксироваться.

Работа плужно-щеточных снегоочистителей организуется на всю ширину ИВПП таким образом, чтобы они последовательно один за другим (уступами) двигались от оси ИВПП к обочинам с перекрытием предыдущего следа на определенную величину.

Минимальное расстояние между движущимися машинами принимается равным величине  $1/2$  скорости их движения. Первый снегоочиститель движется по ИВПП в зависимости от погодноклиматических условий (ветер, интенсивность осадков). Следующая машина идет за первой на расстоянии не ближе 15 - 20 м.

Каждая последующая машина должна двигаться, перекрывая очищенную ранее полосу. Ширина захвата первой машины зависит от типа снегоочистителя. Для машины типа ПМ-130, идущей второй, ширина перекрытия составляет 0,25 м, третьей – 0,35 – 0,4 м и т. д. Таким образом, при снегоочистке ИВПП крайняя машина в отдельных случаях может двигаться только с перекрытием, близким к ширине захвата снегоочистителя.

Рабочая скорость машины при снегоочистке зависит от общей нагрузки на снегоочиститель, которая возрастает при увеличении интенсивности снегопада. При патрульной очистке в случае снегопада интенсивностью более 3 мм/ч отечественные плужно-щеточные машины работают, как правило, со скоростью 12-18 км/ч, а если интенсивность снегопада менее 3 мм/ч, то рабочая скорость может достигать 30 км/ч и более.

При отсутствии на стоянках воздушных судов уборку снега можно вести обычными средствами механизации, а в непосредственной близости от самолетов - малогабаритными снегоочистителями,

Просадка ворса щетки, прижатой к аэродромному покрытию, должна быть одинаковой по всей ее длине и находиться в пределах 15-30 мм, а длина ворса щетки -90-220 мм. Щетка должна работать при минимальном обжатии ворса, обеспечивая при этом полное отделение снега от поверхности покрытия, как это представлено [2,3].

**Выводы:** Большую роль в модернизированном оборудовании играет стабилизация положения ножа отвала в процессе резания. Это значительно облегчает работу оператора и повышает производительность. Для очистки от снега рекомендуется использовать кольцевую схему движения машин, согласно которой пути их движения совпадают с путями движения воздушных судов. Она позволяет магистральные пути очищать в первую очередь.

### Библиографический список

1. Авторское свидетельство СССР N 219451. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.patents.su/>
2. Алексеева, Т. В. Дорожные машины. Ч. 1. Машины для земляных работ / Т.В. Алексеева, К.А. Артемьев / – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1972. – 504 с.: ил.
3. Баловнев, В.И. Дорожно-строительные машины и комплексы: Учебник для вузов по спец. «Строительные и дорожные машины и оборудование» / Под общ. ред. В. И. Баловнева. – М.: Машиностроение, 1988. – 384 с.: ил.
4. Беляев, Н.М. Соппротивление материалов / Н.М. Беляев / – М.: Наука, 1976. 608 с.
5. Холодов, А.М. Проектирование машин для земляных работ / Под ред. А. М. Холодова. – Х.: Вища шк. Изд-во при Харьк. ун-те, 1986. – 272 с.: ил.
6. Кузьмин, А. В. Курсовое проектирование деталей машин: Справ. пособие. Ч. 2 / А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик / – Мн.: Выш. шк., 1982. – 334 с.: ил.
7. Георгиевский, О.В. Инженерная графика: Справ. пособие для вузов. –М.: Архитектура-С, 2005. –224 с.: ил.
8. Гоберман, Л.А. Основы теории, расчета и проектирования строительных и дорожных машин: Учебник для техникумов. –М.: Машиностроение, 1988. –464 с.: ил.
9. Добронравов, С.С. Строительные машины и основы автоматизации/С.С. Добронравов, В.Г. Дронов: Учеб. для строя. вузов. –М.: Высш. шк., 2001. –575 с.: ил.
10. Заленский, В.С. Строительные машины. Пример расчетов: Учеб. Пособие для техникумов. –М.: Стройиздат, 1983. –271с.: ил.
11. Теловов Н.К., Маховский А.В. Модернизация рабочего оборудования автогрейдера дз-98 с целью повышения его производительности и снижения энергоемкости Международная научно-практическая конференция «Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы» ТИИИМСХ 22-24 ноября г.Ташкент - 2019 1 том. 415 с.: ил.

## ПОЛИВОМОЕЧНЫЕ МАШИНЫ В ГОРОДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

*Ципотан Марина Викторовна, оператор ЭВМ отдела информационных технологий ДГКБ имени З.А.Башляевой,*

*Теловов Нормурод Кандахорович. старший преподаватель Российской государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* Рассмотрено предназначение поливомоечных машин в коммунальном хозяйстве. Классификации, сменные рабочие органы. Выявлен существенный недостаток традиционной мойки покрытия, предложена альтернатива.

*Ключевые слова:* моечные насадки, расход воды, водяное сопло, угол атаки, рампа.

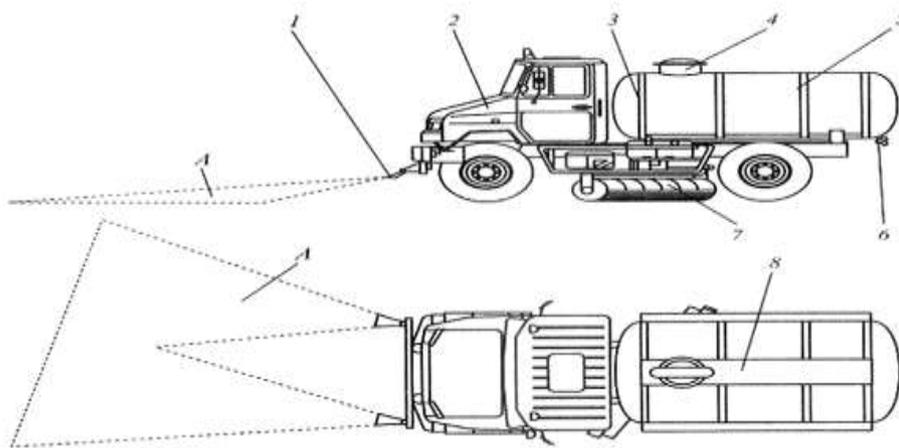
Городское жилищно-коммунальное хозяйство нуждается в постоянном снабжении новыми машинами и техникой. Это связано с высокой нагрузкой, которую испытывают эксплуатируемые устройства. Не последнее место в этом ряду занимают поливомоечные машины.

Поливомоечные машины предназначены для мойки и увлажнения твердых покрытий, предохранения их от перегрева в жаркий сезон, поливки зеленых насаждений, а также транспортировки воды. Не стоит забывать еще и о том, что в инфраструктуре дорог есть множество конструкций, нуждающихся в очистке: ограждения, тоннели, столбики рядом с дорогой, рекламные щиты, дорожные знаки и пр. На данных объектах регулярно оседает пыль, соответственно, если не ухаживать за ними, то они покроются огромным слоем грязи. Вручную отмыть все это не получится. Именно поэтому для подобных целей и изготовлены поливомоечные машины.

Они могут быть прицепными (к колесному трактору) или самоходными (на шасси серийного грузового автомобиля или шасси, адаптированном к назначению машины). [1]

Поливомоечная машина имеет цистерну, установленную на прицепном, полуприцепном или самоходном шасси, всасывающий водовод, соединяющий цистерну с центробежным насосом, нагнетающим воду через распределительный напорный водовод к двум моечным насадкам.

Насадки располагаются перед машиной по ее внешним сторонам и формируют две моющих струи, расходящиеся плоским веером и направленные на поверхность покрытия под углом атаки. Изменяя угол атаки можно добиваться от струи различного эффекта: от смыва прилипших фрагментов глинистого грунта до увлажнения покрытия. [3]



**Рисунок 1- Компоновка и основные агрегаты поливомоечной машины:**

*А – конфигурация моющей струи; 1 – моющие насадки с распределительным трубопроводом; 2 – базовая машина; 3 – цистерна; 4 – горловина цистерны; 5 – обечайки крепления цистерны к шасси; 6 – сливной патрубок; 7 – дополнительное щеточное оборудование; 8 – мостки для обслуживания цистерны.*

Существуют компоновочные варианты машин с дополнительной насадкой, устанавливаемой сзади сбоку и увеличивающей ширину промываемой полосы на 10... 15%. Насадки соединены с раздаточной трубой, в которую вода подается через напорную магистраль насосом центробежного типа. Между насосом и водозаборным патрубком, расположенным в цистерне, установлены фильтр, задерживающий посторонние примеси, и центральный клапан, позволяющий быстро прекращать подачу воды в насос.

Как правило, цистерна также оборудуется водоводами, кранами и шлангами для заправки из водоема, которые могут использоваться и при тушении пожаров.

В заправочной магистрали может устанавливаться фильтр, исключающий попадание в цистерну вместе с водой твердых минеральных и органических частиц. Обычно самоходные поливомоечные машины дополнительно оснащаются подметально-щеточным оборудованием, позволяющим расширить область их применения. [2]

Для привода насоса поливомоечного оборудования и подметальных щеток может использоваться механическая или гидрообъемная передача. Для подъема и опускания щетки чаще всего используются гидроцилиндры. [3]

Существенным недостатком традиционной технологии мойки покрытия, при которой высокая кинетическая энергия моющей струи обеспечивается ее массой, считается высокий расход воды. Альтернативой может служить поливомоечное оборудование с моющей рампой, оснащенной большим числом направленных вниз сопел малого диаметра. Рампа расположена перед шасси невысоко над обрабатываемой поверхностью. Вода, подаваемая в расходный водовод под большим давлением, вырываясь из сопел с высокой скоростью, приобретает кинетическую энергию, необходимую для достижения моющего эффекта. Взвесь грязевых частиц в воде и фрагменты разрушенной грязевой

корки принудительно удаляются с покрытия косоустановленным водосгонным ножом с эластичной кромкой.



Рисунок 2- Поливомоечная машина с подметально-щеточным оборудованием.

По назначению поливочно-моечные машины разделяют на специализированные поливочные и моечные и наиболее распространенные универсальные поливочно-моечные. Поливочно-моечные машины базируются на автомобильных шасси, а также на грузовых полуприцепах и прицепах. По типу насосной установки поливочно-моечные машины можно разделить на машины с низким (до 1,0 МПа) и с высоким давлением воды (более 1,0 МПа).



Рисунок 3- Классификация поливомоечных машин

Повышенное давление воды при мойке дорожных покрытий позволяет уменьшить расход воды на единицу площади покрытия вследствие более высокой кинетической энергии водяных струй, однако требует дополнительных конструктивных мер, предупреждающих преждевременное дробление этих струй и их аэродинамическое торможение. [4]

Поливочно-моечные машины оборудованы сменными рабочими органами в виде щелевых поливочных и моечных насадков. Поливочные насадки обычно устанавливают симметрично относительно продольной оси машины, повернутыми вверх под углом 15—20° и более к горизонту и разворачивают в стороны на угол 10°. [1]

Моечные насадки обычно устанавливают повернутыми вниз под углом 10-12° к горизонту и несимметрично повернутыми вправо относительно продольной оси машины для перемещения смываемых загрязнений с проезжей части дороги в сторону дорожного лотка, откуда загрязнения удаляются с помощью подметально-уборочных машин. Поливочно-моечные машины снабжают двумя передними или двумя передними и одним боковым моечными насадками; последний вариант позволяет значительно увеличить ширину мойки дорожного покрытия.

Кроме того, к основным видам рабочих органов относится водяная моечная рампа в виде горизонтальной трубы с форсунками, установленной под углом в плане, равным 70-80°, к продольной оси машины. Угол установки форсунок водяной рампы относительно горизонтального дорожного покрытия существенно больше, чем у моечных насадков, а длина моеющих секторов меньше, что обеспечивает более высокую скорость водяных струй на линии встречи с дорожным покрытием и соответственно меньший расход воды на единицу площади дорожного покрытия. Главный недостаток водяной рампы заключается в том, что ширина мойки обычно не превышает габаритной ширины машины, тогда как при использовании моечных насадков ширина мойки в 1,5-2,5 раза больше габаритной ширины машины и достигает 6-8 м. [4]

В последнее время на поливочно-моечных машинах применяют принципиально новый вид рабочего органа - водяное сопло для мойки дорожных лотков. Такое сопло позволяет создать при движении машины вдоль лотка перемещающийся водяной вал. Накапливающийся избыток воды с мусором периодически уходит в сточные колодцы ливневой канализации.

**Вывод:** Поливомоечные машины- это неотъемлемая часть коммунального хозяйства. Благодаря которым мы обеспечиваем чистоту тротуаров города и поливки зеленых насаждений. Кроме того, данная техника предоставляет возможность существенно уменьшить уровень запыленности воздуха.

### **Библиографический список**

1. В.И. Баловнев, Г.Л. Карабин, И.А. Засов и др. - 2-е изд. перераб. и доп. —М.: Транспорт, 1992. — 263с. Эксплуатация специальных автомобилей для содержания и ремонта городских дорог: Практическое пособие.

2. Вавилов, И.И. Леонович, А.Н. Максименко и др. —М инск: Дорожно-строительные машины: Учебник/А.В. «Технопринт», 2000 .-515 с.

3. Карабан Г.Л., Баловнев В.И., Засов И.А. Машины для содержания и ремонта автомобильных дорог и аэродромов. М., «Машиностроение», 1975. 368 с.

4.(СЭД). Т П /А .П . Васильев, Э.В. Дингес и др.; Под ред. А.П. Васильева. — М .: Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника Информавтодор, 2004. — 507 с.

## АНАЛИЗ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗВЕТВЛЁННЫХ ТРАНСМИССИЙ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОКОПАТЕЛЕЙ

*Леонтьев Юрий Петрович, к.т.н., доцент, учебный мастер кафедры машин и оборудования природообустройства и ЗЧС, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.*

**Аннотация:** *приведён анализ амплитудно-частотных характеристик разветвлённых трансмиссий мелиоративных каналокопателей, определены резонансные частоты и коэффициенты усиления колебаний нагрузки для различных участков привода.*

**Ключевые слова:** *каналокопатель, вращающий момент, рабочий орган, трансмиссия, резонансная частота, коэффициент усиления колебаний.*

Технологический процесс ряда мелиоративных машин непрерывного действия предусматривает выполнения нескольких операций за один проход, что приводит к необходимости применения различных видов рабочих органов с приводом от одного двигателя. К таким машинам относятся камнеуборочные, роторные корчеватели, каналокопатели, машины для бетонирования русел каналов. Существует ряд подобных машин с индивидуальным приводом рабочих органов с дизель-электрической и гидравлической трансмиссией. Однако, ранее, на практике получили распространение и механические разветвлённые трансмиссии, как более дешёвые и не требующие больших эксплуатационных затрат. Недостатком механической трансмиссии является действие динамической нагрузки колебательного характера в элементах привода, возникающей от взаимодействия рабочих органов с обрабатываемой средой и вращающего момента двигателя. Колебания вращающего момента в элементах привода приводит к накоплению усталостных явлений и в дальнейшем к поломкам деталей. Одним из направлений изучения динамических нагрузок в приводе машин является получение амплитудно-частотных характеристик (АЧХ), позволяющим проанализировать реакцию системы привода на широкий диапазон частот, в том числе и резонансной. Так, зная АЧХ можно определить коэффициент усиления  $a(\omega)$  при любой частоте, представляющий собой отношение амплитуды колебания выходного сигнала  $A_{\text{вых}}(\omega)$  (в любом элементе привода) к амплитуде входного сигнала  $A_{\text{вх}}(\omega)$

$$a(\omega) = \frac{A_{\text{вых}}(\omega)}{A_{\text{вх}}(\omega)}$$

При получении АЧХ механический привод рассматривался в виде много-массовой колебательной системы, обладающей упругими, инерционными и диссипативными свойствами. АЧХ приводов каналокопателей двухфрезерного, двухроторного и шнекороторного были получены аналитическим методом и математическим моделированием на аналоговых вычислительных машинах.

Исходными данными для получения АЧХ методом моделирования были приняты эквивалентная динамическая расчётная схема привода, величины параметров привода, такие как, моменты инерции масс  $I_i$ , жёсткости  $c_i$ , коэффициент диссипативных потерь  $k$ , механическая характеристика двигателя и гармонические колебания различной частоты в качестве входного сигнала.

При составлении эквивалентной схемы привода двухфрезерного и двухроторного каналокопателей с достаточной степенью точности разветвлённые трансмиссии были представлены трёхмассовыми системами, рис. 1,а. Параметры привода на схеме обозначены как,  $T_{\text{дв}}$  вращающий момент двигателя,  $T_c$  момент сопротивления на рабочих органах,  $I_1, I_2, I_3$  моменты инерции двигателя и рабочих органов,  $c_1, c_2$  и  $c_3$  жёсткости общего участка трансмиссии и ветвей привода рабочих органов. Ветвь привода движителя не учитывалась вследствие малого влияния на колебания в трансмиссии.

Колебательный процесс трёхмассовой системы можно описать системой уравнений

$$\begin{aligned}
 I_1 \ddot{\varphi}_1 &= T_{\text{дв}} - c_1(\varphi_1 - \varphi_0) - k(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_0) \\
 I_2 \ddot{\varphi}_2 &= T_c + c_2(\varphi_0 - \varphi_2) + k(\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_2) \\
 I_3 \ddot{\varphi}_3 &= T_c + c_3(\varphi_0 - \varphi_3) + k(\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_3) \\
 c_1(\varphi_1 - \varphi_0) + k(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_0) &= c_2(\varphi_0 - \varphi_2) + k(\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_2) + c_3(\varphi_0 - \varphi_3) + k(\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_3) \\
 T_{\text{дв}} &= b \ddot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_1 T_n (\omega_x - \omega_n)^{-1},
 \end{aligned} \tag{1}$$

где  $T_{\text{дв}}, T_c$  – вращающие моменты двигателя и сопротивления на рабочих органах,

$I_1, I_2, I_3$  – моменты инерции вращающихся масс,

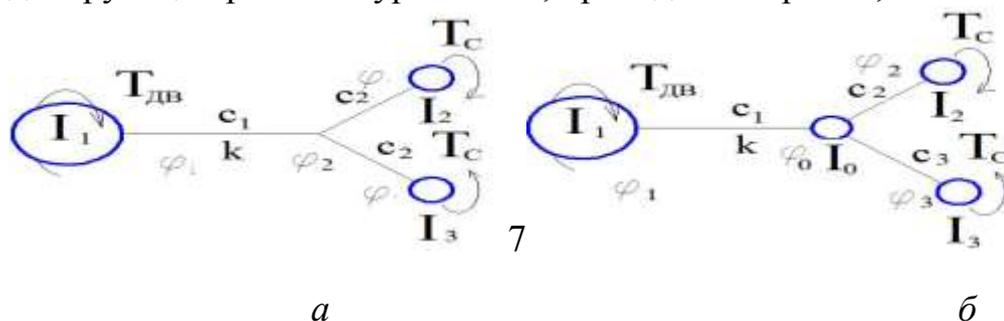
$c_1, c_2, c_3$  – жёсткости участков трансмиссии, общей части и ветвей,

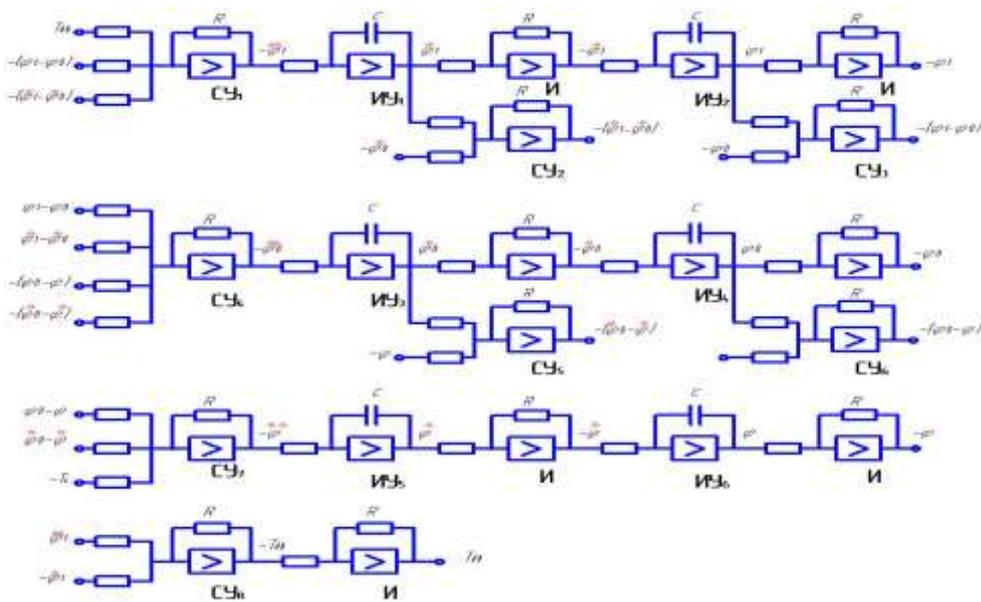
$k$  – коэффициент диссипативных потерь,

$b$  – коэффициент крутизны характеристики двигателя,

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  – угловые координаты участков трансмиссии.

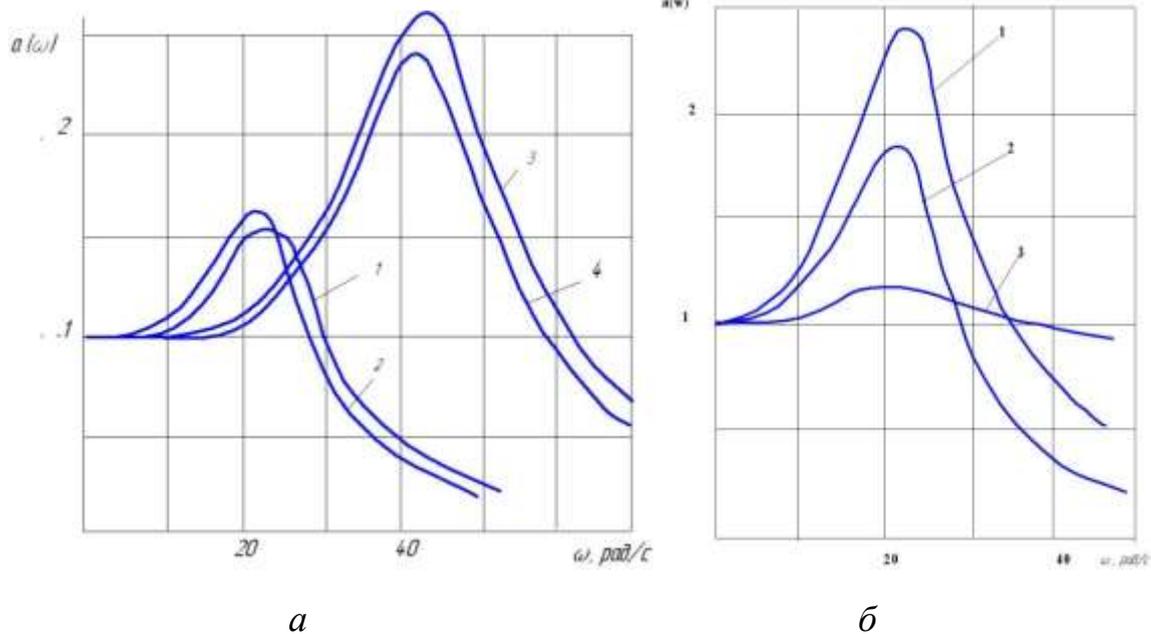
Поскольку система привода рабочих органов этих каналокопателей симметрична, т.е. ветви привода роторов имеют одинаковые упруго-инерционные свойства, при моделировании на аналоговых вычислительных машинах систему уравнений можно упростить, приняв  $I_2 = I_3 = I, c_2 = c_3 = c, \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$ , что позволит уменьшить число блоков модели. Схема набора вычислительных блоков, моделирующих решение уравнений, приведена на рис. 1,в.





б

Рисунок 1 – Динамические эквивалентные схемы двухфрезерного и двухроторного, а, и шнекороторного, б, каналокопателей. Схема набора системы уравнений 1, в



а

б

Рисунок 2 – Амплитудно-частотные характеристики трансмиссий двухроторного и двухфрезерного каналокопателей, а, и шнекороторного, б

Из графиков АЧХ двухфрезерного каналокопателя видно. Что в общей части привода коэффициент усиления  $a_\omega=1,52$  при резонансной частоте  $\omega_p=23$  рад/с, для ветви привода  $a_\omega=1,62$  при резонансной частоте  $\omega_p=21$  рад/с.

Частота от биения фрез составляет примерно 7,4 рад/с. При такой частоте нагрузки на рабочем органе коэффициент усиления  $a_\omega=1,05...1,07$ . В общей части привода двухроторного каналокопателя коэффициент усиления

значительно больше –  $a_\omega=2,6$ , при резонансной частоте  $\omega_p=44$  рад/с, для ветви привода  $a_\omega=2,4$  при резонансной частоте  $\omega_p=42$  рад/с. Анализируя формирование нагрузки на рабочем органе, можно отметить, что частота биения ротора составляет 2,04 рад/с, частота взаимодействия ковшей с грунтом примерно 18 рад/с, при такой частоте коэффициент усиления  $a_\omega=1,15$ . Таким образом, частоты полосой от 20 до 55 рад/с не оказывают существенного влияния на усиление колебаний в приводе этих машин.

Шнекороторный каналокопатель имеет более сложную трансмиссию, которая состоит из общей части до разветвления, ветви привода ротора, двух ветвей привода шнеков и двух отвальных транспортёров. Привод передвижения машины не учитывался. Эквивалентная динамическая схема привода каналокопателя с некоторыми упрощениями показана на рис. 1,б. Принимая во внимание, что привод шнеков и отвальных транспортёров является симметричным, а также считая, что нагрузка на оба шнека и транспортёра сравнительно равномерная, массы шнеков и транспортёров были объединены. Таким образом, была получена четырёхмассовая эквивалентная схема. Параметры привода на схеме обозначены как,  $T_{\partial\partial}$  вращающий момент двигателя,  $T_{c1}$ ,  $T_{c2}$  и  $T_{c3}$  моменты сопротивления на рабочих органах,  $I_1$ ,  $I_0$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  моменты инерции двигателя и рабочих органов,  $c_1$ ,  $c_2$  и  $c_3$  жёсткости общего участка трансмиссии и ветвей привода рабочих органов.

Колебательный процесс четырёхмассовой системы можно описать системой уравнений

$$\begin{aligned}
 I_1 \ddot{\varphi}_1 &= T_{\partial\partial} - c_1(\varphi_1 - \varphi_0) - k(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_0) \\
 I_2 \ddot{\varphi}_2 &= T_c + c_2(\varphi_0 - \varphi_2) + k(\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_2) \\
 I_3 \ddot{\varphi}_3 &= T_c + c_3(\varphi_0 - \varphi_3) + k(\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_3) \\
 I_0 \ddot{\varphi}_0 &= c_1(\varphi_1 - \varphi_0) + k(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_0) - c_2(\varphi_0 - \varphi_2) - k(\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_2) - \\
 &- c_3(\varphi_0 - \varphi_3) - k(\dot{\varphi}_0 - \dot{\varphi}_3) + T_c \\
 T_{\partial\partial} &= b \ddot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_1 T_n (\omega_x - \omega_n)^{-1}
 \end{aligned} \tag{2}$$

АЧХ для различных участков привода шнекороторного каналокопателя были получены математическим моделированием на аналоговых вычислительных машинах в том же порядке, как и предыдущие. На рис. 2,б приведены графики АЧХ общей части привода (кривая 1), ветви привода отвальных транспортёров (кривая 2) и ветви привода шнеков (кривая 3). Анализ кривых показал, что максимальные значения коэффициента усиления для общей части привода составляет  $a_\omega=2,4$ , при резонансной частоте  $\omega_p=22,5$  рад/с, для ветви привода транспортёра  $a_\omega=1,84$ , при  $\omega_p=21,5$  рад/с, для ветви привода шнека  $a_\omega=1,15$ , при  $\omega_p=21,5$  рад/с. Следует отметить, что наиболее высокий уровень динамических нагрузок наблюдается в общей части привода. Частота колебания нагрузки от биения ротора составляет примерно 2 рад/с, шнека – 3 рад/с, что значительно меньше резонансных частот.

Выводы

1. Анализ АЧХ механических приводов каналокопателей позволил определить резонансные частоты в различных участках трансмиссии, коэффициенты усиления колебаний и диапазон околорезонансных зон.
2. Колебания на входе динамической системы (на рабочих органах) практически для всех рассмотренных машин находятся в низкочастотной зоне. Так, для двухфрезерного и двухроторного каналокопателей наибольшая частота вынужденных колебаний около 18 рад/с, а шнекороторного - 3 рад/с.
3. Получение и анализ АЧХ приводов позволяет на стадии проектирования машины оценить динамические свойства трансмиссии.

УДК 502/504:631.311.5

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИНТЕЗИРОВАННОГО ВЫРАВНИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ РИСОВОГО ЧЕКА НА ОСНОВЕ РАЗДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПЛАНИРУЮЩИХ МАШИН**

*Насонов Сергей Юрьевич, ассистент кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в ЧС, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** Предложен аналитический подход к разделному выравниванию поверхности рисового чека на основе классификации неровностей его поверхности. Дан алгоритм проведения таких расчётов.*

***Ключевые слова:** рисовый чек, мелиоративный планировщик, матрица поверхности, дисперсия, средняя амплитуда.*

Поверхность рисового чека представляется в виде случайной поверхности, сформированной в форме матрицы с элементами из вертикальных относительных высотных её отклонений. Процедура её дальнейшей обработки включает в себя получение оценочных характеристик структуры и количественных показателей – длин и амплитуд неровностей поверхности рисового чека [1].

Проделанный объём статистических оценок поверхности рисовых чеков позволяет довольно точно и обоснованно говорить о том, что каждая поверхность индивидуальна, имеет своё особое распределение неровностей, как по длинам, так и по амплитудам. Причём, одна и та же поверхность, может иметь несколько довольно различных участков неровностей [2]. Для такой поверхности предлагается использовать выборочное раздельное выравнивание.

Предлагаемый подход представляет собой следующую последовательность операций. Вначале из исходной матрицы, рис. 1, выделяются подматрицы соответствующие неким однообразным участкам поверхности. Затем, производится процедура моделирования выравнивания.

В своей сути исходная случайная поверхность преобразовывается в другую случайную поверхность, но уже выровненного чека. Аналитически это можно описать следующим образом:

$$S2(\omega) = S1(\omega) \cdot A^2(\omega)$$

где,  $S2(\omega)$  – спектральная плотность выровненной поверхности;  $S1(\omega)$  – спектральная плотность исходной подматрицы поверхности;  $A^2(\omega)$  – квадрат диагональной матрицы, на диагонали которой находятся элементы амплитудно-частотной характеристики планировщика.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	4.922	2.422	-2.078	2.422	7.922	4.422	3.422	-2.578	2.422	0.022	-4.578	-7.578	-5.578	-4.578	1.422	3.922	13.022
1	5.922	3.422	2.922	1.922	4.422	0.022	-2.578	-5.578	0.022	-4.578	-2.078	-6.078	-9.578	-9.078	-4.578	1.422	2.422
2	7.422	5.422	6.422	7.422	6.422	0.022	2.422	4.422	4.422	0.022	-2.578	-1.078	-4.578	-5.578	1.422	2.922	1.422
3	6.922	1.922	5.422	7.422	4.422	-1.578	-2.078	2.422	1.922	0.022	-3.078	-9.578	-12.978	-10.978	-7.078	0.022	2.422
4	6.422	5.922	6.422	9.422	10.022	4.922	5.422	10.022	10.022	4.422	3.922	-4.578	-6.078	-3.078	-3.078	1.922	3.422
5	2.422	0.022	2.422	0.022	1.422	0.022	0.022	2.422	4.422	-5.078	-4.078	-12.978	-7.078	-5.578	-3.578	-4.078	1.922
6	0.022	6.922	6.422	7.922	2.922	2.422	3.922	3.422	2.422	0.022	-7.578	-9.578	-9.578	-6.578	-3.578	0.022	2.922
7	3.422	2.422	5.422	10.022	4.922	-1.578	-2.578	-1.578	0.022	-4.078	-5.578	-8.078	-9.978	-6.578	-6.078	-3.078	0.022
8	2.422	4.922	2.922	2.922	4.422	1.422	-8.578	1.422	-2.578	-4.578	-5.078	-3.578	-7.578	-6.578	-8.578	-3.578	-7.078

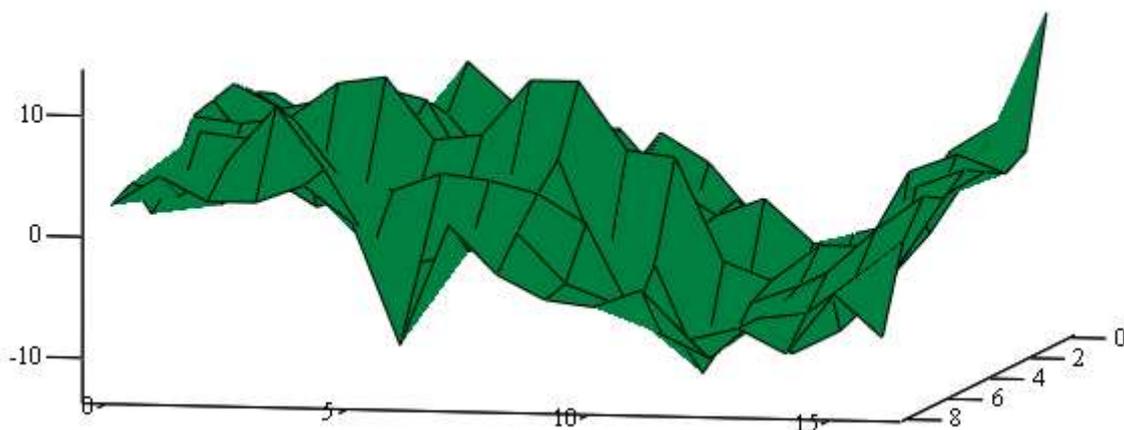


Рисунок 1 – Поверхность рисового чека в виде двумерной матрицы с зональным расположением неровностей и её трёхмерный график

На каждой соответствующей подматрице предполагается использование соответствующих типов мелиоративных планировщиков с разными геометрическими параметрами. Проведя такие расчёты с каждой подматрицей поверхности рисового чека, рис. 2, и получив результирующие матрицы со статистическими оценками: дисперсией и средней амплитудой, производится итоговое слияние подматриц в единую общую матрицу и её анализ.

$$Z1 = \begin{pmatrix} 4.922 & 5.922 & 7.422 & 6.922 & 6.422 & 2.422 & 0.022 & 3.422 & 2.422 \\ 2.422 & 3.422 & 5.422 & 1.922 & 5.922 & 0.022 & 6.922 & 2.422 & 4.922 \\ -2.078 & 2.922 & 6.422 & 5.422 & 6.422 & 2.422 & 6.422 & 5.422 & 2.922 \\ 2.422 & 1.922 & 7.422 & 7.422 & 9.422 & 0.022 & 7.922 & 10.022 & 2.922 \\ 7.922 & 4.422 & 6.422 & 4.422 & 10.022 & 1.422 & 2.922 & 4.922 & 4.422 \end{pmatrix}$$

$$Z2 = \begin{pmatrix} 4.422 & 0.022 & 0.022 & -1.578 & 4.922 & 0.022 & 2.422 & -1.578 & 1.422 \\ 3.422 & -2.578 & 2.422 & -2.078 & 5.422 & 0.022 & 3.922 & -2.578 & -8.578 \\ -2.578 & -5.578 & 4.422 & 2.422 & 10.022 & 2.422 & 3.422 & -1.578 & 1.422 \\ 2.422 & 0.022 & 4.422 & 1.922 & 10.022 & 4.422 & 2.422 & 0.022 & -2.578 \\ 0.022 & -4.578 & 0.022 & 0.022 & 4.422 & -5.078 & 0.022 & -4.078 & -4.578 \end{pmatrix}$$

$$Z3 = \begin{pmatrix} -4.578 & -2.078 & -2.578 & -3.078 & 3.922 & -4.078 & -7.578 & -5.578 & -5.078 \\ -7.578 & -6.078 & -1.078 & -9.578 & -4.578 & -12.978 & -9.578 & -8.078 & -3.578 \\ -5.578 & -9.578 & -4.578 & -12.978 & -6.078 & -7.078 & -9.578 & -9.978 & -7.578 \\ -4.578 & -9.078 & -5.578 & -10.978 & -3.078 & -5.578 & -6.578 & -6.578 & -6.578 \end{pmatrix}$$

$$Z4 = \begin{pmatrix} 1.422 & -4.578 & 1.422 & -7.078 & -3.078 & -3.578 & -3.578 & -6.078 & -8.578 \\ 3.922 & 1.422 & 2.922 & 0.022 & 1.922 & -4.078 & 0.022 & -3.078 & -3.578 \\ 13.022 & 2.422 & 1.422 & 2.422 & 3.422 & 1.922 & 2.922 & 0.022 & -7.078 \end{pmatrix}$$

## Рисунок 2 – Выделенные характерные места поверхности неровностей чека:

Z1 – подматрица неровностей – только срезка; Z2, Z4 – подматрица неровностей поверхности – "смешанная" территория; Z3 – подматрица неровностей – сплошная засыпка мест впадин.

Для конкретной оценки рассмотренного подхода был использован в качестве примера рисовый чек хозяйства «Ордынское» Краснодарского края. Его исходные статистики таковы: дисперсия  $D1=28.067$  см<sup>2</sup>, средняя амплитуда высотных отклонений  $A1= 7.492$  см. После расчёта имеем:  $D2= 2.416$  см<sup>2</sup>,  $A2= 2.198$  см.

Вывод.

Резюмируя выше представленный материал можно обоснованно говорить, что раздельное выравнивание довольно эффективная операция, позволяющая, во-первых, повысить качество выравниваемой поверхности, оцениваемого средней амплитудой (для поверхности рисового чека назначается агрометеорологический допуск на отклонения  $\pm 3$  см), во-вторых, позволяет сокращать время проведения планировочных работ, тем самым, повышая, в целом, производительность таких работ.

### Библиографический список

1. Ревин Ю. Г., Насонов С. Ю. Оценка структуры и количественных характеристик неровностей поверхности рабочих площадок // Научн. – технич. и производств. ж-л Строительные и дорожные машины. – № 7. –2013. – С. 51-55.
2. Ревин Ю. Г., Насонов С. Ю. Повышение эффективности процесса выравнивания поверхности рабочих площадок на основе анализа их неровностей // Научн. – технич. и производств. ж-л Строительные и дорожные машины. – № 1. –2014. – С. 45-50.

## **ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ МЕЛИОРАТИВНЫХ РЫХЛИТЕЛЕЙ.**

*Макаров А.А., заведующий лабораторией кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Леонтьев Ю.П., к.т.н., доцент, учебный мастер кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Кононов П.В., оператор-копировальщик ООО ТампоМеханика-Москва*

*Аннотация: с целью обоснования объективности рационального выбора типа и конструкции мелиоративных рыхлителей, был произведен анализ формирования потребительских свойств, их взаимосвязей и взаимовлияния. По итогу анализа был определен и обоснован рациональный тип рабочего оборудования для глубокого рыхления.*

*Ключевые слова: мелиоративный рыхлитель, рабочий орган объемного типа, потребительские свойства, агротехнические, энергетические, конструкционные.*

Развитие мелиоративного машиностроения связано с созданием и эксплуатацией совершенных высокомеханизированных и автоматизированных мелиоративных систем, что возможно при использовании комплексной механизации мелиоративных работ. Система машин комплексной механизации решает задачи по совершенствованию всех технологических процессов мелиоративного назначения, отработке конструкций машин и технологических процессов позволяющих выполнять специальные работы в соответствии с требованиями потребителей.

Определение показателей эффективности машин осуществляется на основе анализа отраслевых стандартов по агротехнической, эксплуатационно - технологической, энергетической, инженерно-технической, санитарно-гигиенической, экономической, экологической и другим видам оценок. В числе факторов, влияющих на технологический процесс машин с эксплуатационной точки зрения большое значение имеют конструкционные, агротехнические и энергетические[1].

Свойства оборудования, обуславливающие его пригодность удовлетворять определенные требования предъявляемые к изделию, характеризующие его способность выполнять определенные технологические функции, и проявляющиеся в процессе эксплуатации можно назвать потребительскими.

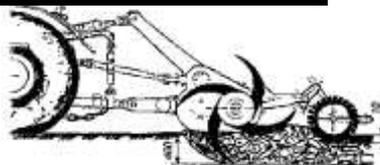
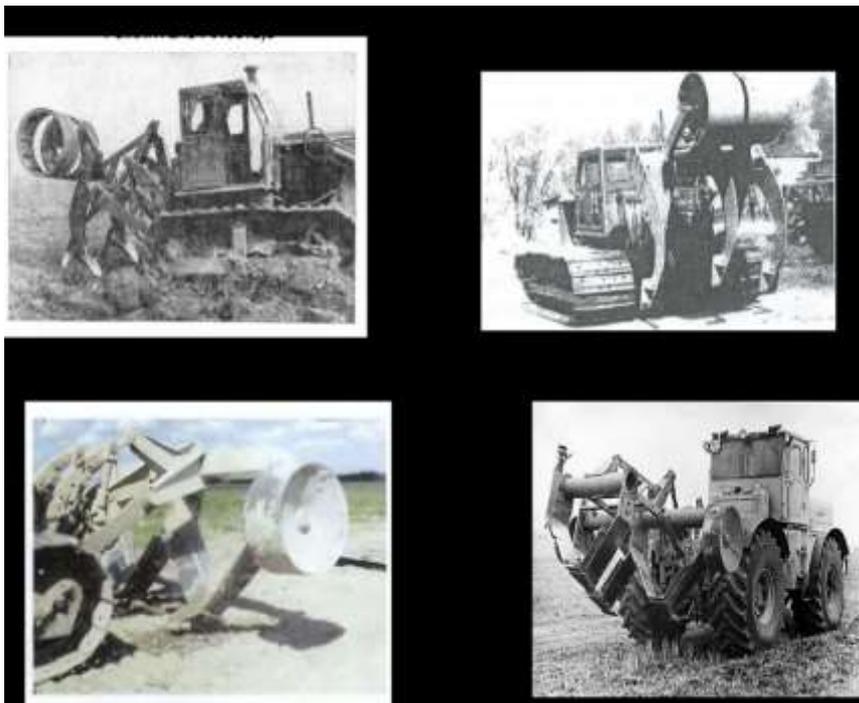
Потребительские свойства формируются по мере развития научно-технического прогресса, появления новых технологий. В результате улучшаются технические характеристики оборудования, повышается качество производимых работ и продукта, улучшаются условия труда и. т.д.

Разработанные первоначально для изменения неблагоприятных физических свойств и гидрологического режима тяжелых почв гумидных ландшафтов глубокие рыхлители почти одновременно начали использовать для решения ряда других задач в различных почвенно-климатических зонах нашей страны. Однако наиболее широкое распространение глубокое мелиоративное рыхление получило в Нечерноземной зоне.

В настоящее время на практике применяются рыхлители двух типов активного и пассивного действия. Наибольшее распространение для рыхления прочных грунтов получили рыхлители пассивного действия как наиболее простые по конструкции и производительные (Рис.1). К известным отечественным мелиоративным рыхлителям относятся орудия для глубокого рыхления почвы пассивного типа - РУ 65.2,5, РС – 0,8, объемные рыхлители - РГ-0,8, РГ-0,5, корпус которых состоит из наклонных к горизонту стоек соединенных в нижней части лемехом [2].

Сравнивая основные эксплуатационные показатели рыхлителей можно отметить, что стоечные рыхлители довольно производительны и просты по конструкции. Анализ работы этих рыхлителей показал, что у них имеются два существенных недостатка – глубокорыхлители неравномерно рыхлят пласт по глубине: верхняя его часть оказывается недопустимо глыбистой, а нижняя с разрушенной структурой почвы, во – вторых на дне борозды остаются недопустимо большие зоны неразрыхленного грунта, которые можно ликвидировать за счет установки дополнительных стоек, что значительно увеличивает потребляемую мощность.

Наряду со стоечными рыхлителями известны рабочие органы пассивного действия в виде рыхлящего периметра, получившие название объемных. Ряд конструкций этого оборудования был разработан и испытан во ВНИИГиМе [2]. Нами были предложены исследования объемных рыхлителей с целью совершенствования конструкции их и улучшения потребительских свойств [3]. Исследования были направлены в основном на достижение агрометрических свойств таких как отклонение средней глубины от заданной  $\pm 10\%$ ; степень крошения оценивается содержанием фракций размером до 5 сантиметров - 70...80%; коэффициент разрыхления -  $K_p = 1,25$ ; коэффициент полноты рыхления  $K_n = 0,6...0,8$ .



Вибрационный рыхлитель РВ-0,8



Рыхлитель активный  
трехкорпусный TLG -12 (Германия)

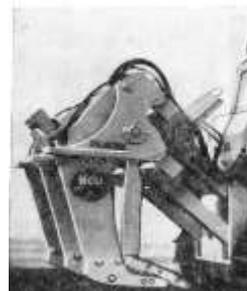
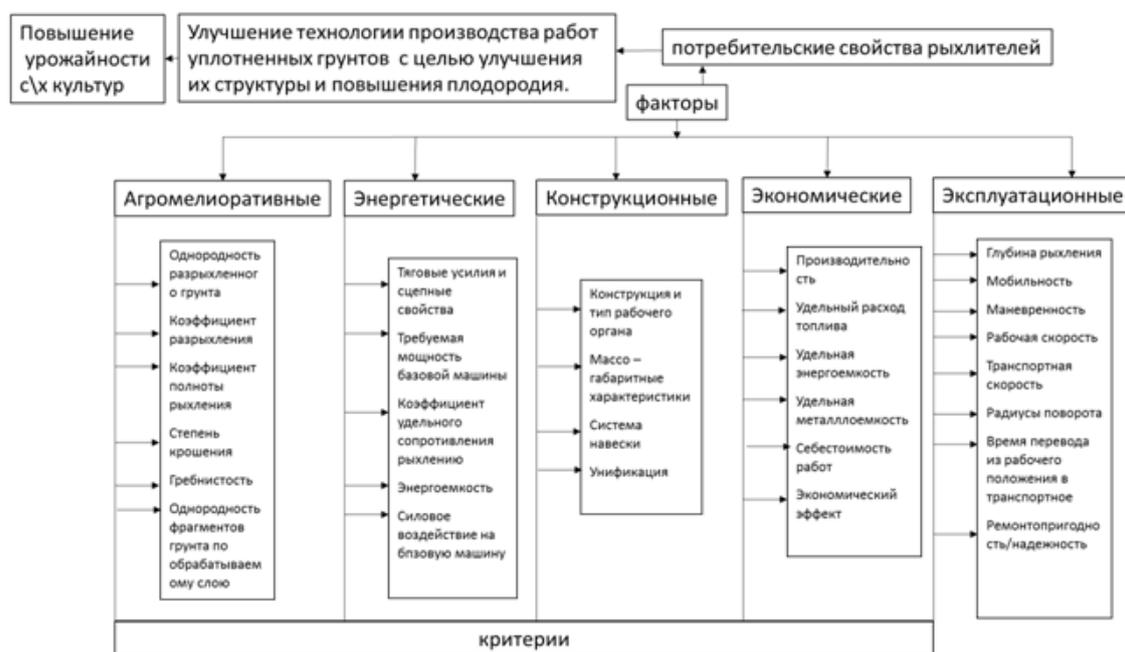


Рисунок 1- Мелиоративные рыхлители

Однако анализ работы этих рыхлителей показал, что у них имеются такие недостатки – они требуют больших тяговых усилий, неравномерно рыхлят пласт по глубине -образуют на поверхности 16 % агрегатов почвы свыше 200 мм, требующих дополнительного их измельчения.

Наряду с пассивными рыхлителями при мелиорации уплотненных почв получили распространение рыхлители активного действия типа РПР – 24. Эти рыхлители обеспечивают сравнительно небольшую глубину обработки до 0,4 метров, а также имеют более сложную конструкцию.

Стоечные рыхлители с активными элементами - комбинированного действия - TLG -12, PB-0,8 особенностью которых является разрыхление грунта не только прямым воздействием силы тяги, но и колебаниями подвижной части лемехов. Производительность рыхлителя с активным рабочим органом по сравнению со стоечными рыхлителями при обработке на глубину до 0,8 метров незначительно выше (в 1,16 раза) или в некоторых случаях меньше чем у стоечных рыхлителей, коэффициенты разрыхления и полноты рыхления выше соответственно в 1,14 и 1,4 раза, фракции грунта размером до 200 мм составляют 98%, что на 20...30% больше чем у стоечных рыхлителей. Существенным недостатком активных рыхлителей является то, что их удельная энергоёмкость по сравнению с пассивными увеличивается в 3 раза.



**Рисунок 2 - Основные потребительские свойства рыхлителей и факторы их формирующие**

В процессе разработки и обоснования конструкции рыхлителей, выбора новых технических решений необходимо провести анализ факторов, формирующих потребительские свойства. Потребительские свойства машин каждой группы оценивают по комплексу агротехнических, энергетических, экономических, технических, маневровых и эргономических показателей. На основе анализа особенностей различных рыхлителей, а так же требований предъявляемым к глубокорыхлителям были определены факторы, формирующие их потребительские свойства (Рис.2).

Основными факторами являются агротехнические, энергетические, конструкционные, экономические и эксплуатационные. Как видно из блок-схемы, каждый фактор формируется достижением определённых показателей при обработке почвы: энергетический – мощностью и тягово-сцепными свойствами

машины; конструкционный – обеспечивает прочность, простоту, надёжность рабочего оборудования и функциональное его назначение; экономический – определяет стоимость оборудования и себестоимость производства работ; эксплуатационный – учитывает производительность, надёжность и т.д. Конструкционные факторы тесно связаны и оказывают влияние на энергетические и агрономелиоративные показатели. К конструкционным факторам, определяющим потребительские свойства можно отнести конструкцию и тип рабочего органа (параметры рыхления: конфигурация рабочих поверхностей, углы резания, углы установки стоек в плане); простоту и металлоёмкость конструкции системы навески. К показателям определяющим энергетические факторы можно отнести тип грунта и его агрофизические свойства (гранулометрический состав, уплотненность, твердость, способность сопротивляться механической обработке, удельное сопротивление рыхлению); физико-механические свойства грунта (плотность, влажность, прочность, порозность, скважность, липкость); способ агрегатирования (навесной, полунавесной, прицепной и полуприцепной); тяговые усилия и сцепные свойства базовой машины.

Анализ требований показал связь и взаимное влияние практически всех факторов, формирующих потребительские свойства рыхлителей (Рис. 3)



Рисунок 3 - **Взаимосвязь факторов, определяющих потребительские свойства**

Как показали наши экспериментальные исследования [4], исследования В. С. Казакова, а также других авторов, наиболее полно удовлетворяют рассмотренным основным потребительским свойствам рыхлители объемного типа пассивного действия. Эти рыхлители имеют V – образную форму рабочего органа и позволяют за один проход осуществлять рыхление всего объёма грунта по ширине захвата без оборота пласта на глубину до 1,2 м с шириной захвата до 2,5 метров в зависимости от вида уплотнения, возделываемых культур, типа грунта с производительностью большей, чем у стоечных рыхлителей в 2...5 раз. Коэффициенты разрыхления и полноты рыхления не уступают или выше чем у стоечных рыхлителей в 1,05 и 1,5 раза соответственно. Они сводят к минимуму не разрыхлённые зоны на дне борозды при той же ширине захвата, что и у стоечных рыхлителей. Однако как показали наши исследования с целью улучшения потребительских свойств необходимо продолжать исследования по влиянию конструкционных свойств на энергетические и агрономелиоративные факторы.

### Библиографический список

1. Пунинский В. С., Ревин Ю.Г., Храбров М. Ю. Основы методологии научных исследований и испытаний машин и технологий/ В. С. Пунинский, Ю. Г. Ревин, М. Ю. Храбров [ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии] Научное издание; под общ. Ред. В. С. Пунинского. – М.:2010, 445 с.
2. Кизяев Б.М., Маммаев З.М., Першина О.Ф. Агромелиоративные мероприятия на минеральных переувлажненных землях/ Б.М. Кизяев, З.М.Маммаев, О.Ф. Першина//М.;ВНИИА, 2013. – 140с.
3. Пат. 136673 Российская Федерация, МПК А01В 13/10. Объемный мелиоративный рыхлитель с дополнительным оборудованием / Ю. Г. Ревин, Ю. П. Леонтьев, А. А. Макаров. -Опубл. 20.01.2014. - Бюл. 2014, № 2
4. Леонтьев Ю.П., Макаров А.А. Аprobация и обоснование конструкции и параметров рабочего органа объемного рыхлителя/Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 288 Часть II: М. Изд.-во РГАУ МСХА, 2016, с 267- 271.

УДК 621.793

### МЕТОДЫ НАНЕСЕНИЯ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ ПОКРЫТИЙ ТРЕНИЕМ

*Венкова Надежда Валерьевна, старший преподаватель кафедры машин и оборудования природообустройства и защиты в ЧС, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация.* В работе проанализированы методы нанесения противоизносных покрытий трением для разных поверхностей. Рассмотрены следующие вопросы: сущность процесса финишной антифрикционной безабразивной обработки (ФАБО); особенности ФАБО; преимущества и польза ФАБО; ФАБО шеек колленчатых валов двигателей.

*Ключевые слова.* Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО), качество покрытий, антифрикционные свойства, материалы, приспособление для фрикционного нанесения покрытий.

В Российской Федерации по отчету Министерства сельского хозяйства в период с 2011 г. по 2017 г. было списано сельскохозяйственной техники более 150 000 ед. По данным мониторинга качества отказов работоспособности сельскохозяйственной техники в условиях реальной эксплуатации с 2013 г. по 2016 г., 66% отказов приходится на двигатель (35,1%), гидросистему (18,4%) и трансмиссию (12,4%) и это, не считая еще агрегируемых с базовой машиной рабочих органов.

В подавляющем числе неисправности связаны в парах фрикционного взаимодействия, где с течением времени возрастают силы трения и износ поверхностей деталей.

Сущность ФАБО заключается в том, что стальные и чугунные детали после окончательной традиционной обработки (резание, шлифование, полирование, хонингование и др.) покрывают тонким слоем мягких металлов (1-5мкм) таких как: латунь, медные сплавы определенного состава (например, бронза). Принцип нанесения покрытий состоит в том, что натирающий элемент из пластичного металла (стержень или трубка), вращаясь относительно своей продольной оси при наличии нагрузки прижатия и в присутствии вспомогательного рабочего материала (глицерина или материала FRT1), натирает на подлежащую покрытию стальную или чугунную поверхность слой пластичного металла. В результате одновременно происходит упрочнение подповерхностной области основного материала на глубину 70...80 мкм, вследствие высокого удельного давления в месте линейного контакта.

Для того что бы наносимый слой был сплошным и равномерным, деталь не должна иметь окисных и масляных пленок. С этой целью участки деталей, где будет происходить обработка обезжиривают, зачищают шлифовальной шкуркой, а сам процесс проводят в специальной химической среде (технологическая жидкость).

К технологическим жидкостям, применяемым при ФАБО, есть определенные требования:

1. Технологическая должна пластифицировать материал инструмента для создания тонкого поверхностного слоя;
2. Разрыхлять окисные пленки на обрабатываемой поверхности;
3. Предохранять зону трения от возможного перегрева;
4. Она не должна оказывать коррозионного действия на обрабатываемую деталь.

Первоначально применялся глицерин, однако при обработке деталей из легированных сталей глицерин не способен разрыхлить и восстановить более плотные и сильно связанные с основным металлом сложные окислы легированных сталей. Только введение глицерина в качестве флюсующей добавки соляной кислоты позволило получить качественное покрытие.

К разновидностям ФАБО относятся: химико-механическое нанесение покрытий (Россия); нанесение покрытий трением с применением щетки (ФРГ); натирание поверхности латунью (Россия); электростатическое нанесение покрытий трением (Швейцария); механическое нанесение латунных поверхностей трением (механическое латунирование) в среде глицерина (ФРГ, Россия); химико-механическое латунирование с применением медьсодержащего вспомогательного материала FRT 1 (ФРГ) и ряд других [1, 2, 3].

Режимы нанесения покрытий методом ФАБО на стальные детали представлены в таблице.

## Режимы ФАБО стальных деталей [1, 2, 3]

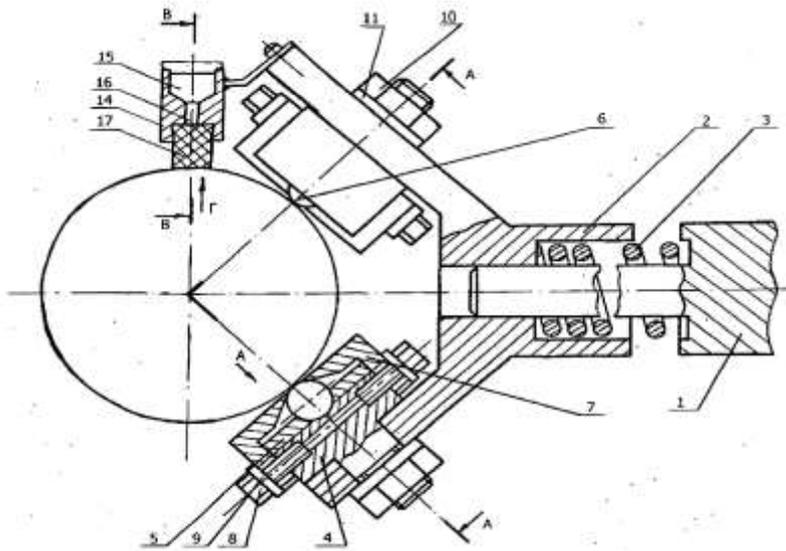
Материал		Режим обработки				
детали	покрытия	$V$ , м/с	$S$ , мм/об	$P$ , МПа	$i$ , рабочих ходов	технологиче- ские среды
сталь	медь, бронза, латунь	0,15 – 0,20	0,2	5 – 100	3 – 4	глицерин, ФРТ 1, СФП-2 и др.

Рассмотрим подробнее один из частных случаев ФАБО - фрикционное латунирование.

Фрикционное латунирование имеет очень много преимуществ: чрезвычайно низкий расход материала; низкий расход механической энергии; малое время нанесения покрытия; стабильное и хорошее качество покрытий; замена дорогостоящих способов обработки поверхности; снижение износа на 40% в смазанных парах трения из стали и чугуна; экономию энергии, вследствие уменьшения трения; большую производительность в результате более высокого КПД.

В Орловской государственной аграрной академии под руководством д.т.н., проф. В.Н. Хромова разработано устройство (рис. 1), которое может быть использовано в ремонтном производстве при отделочной обработке шеек коленчатых валов. Нанесение защитных антифрикционных металлических пленок происходит в результате физико-химических процессов, происходящих между рабочей средой и обрабатываемой поверхностью при механической активации поверхности инструмента (трении) [4, 5, 6].

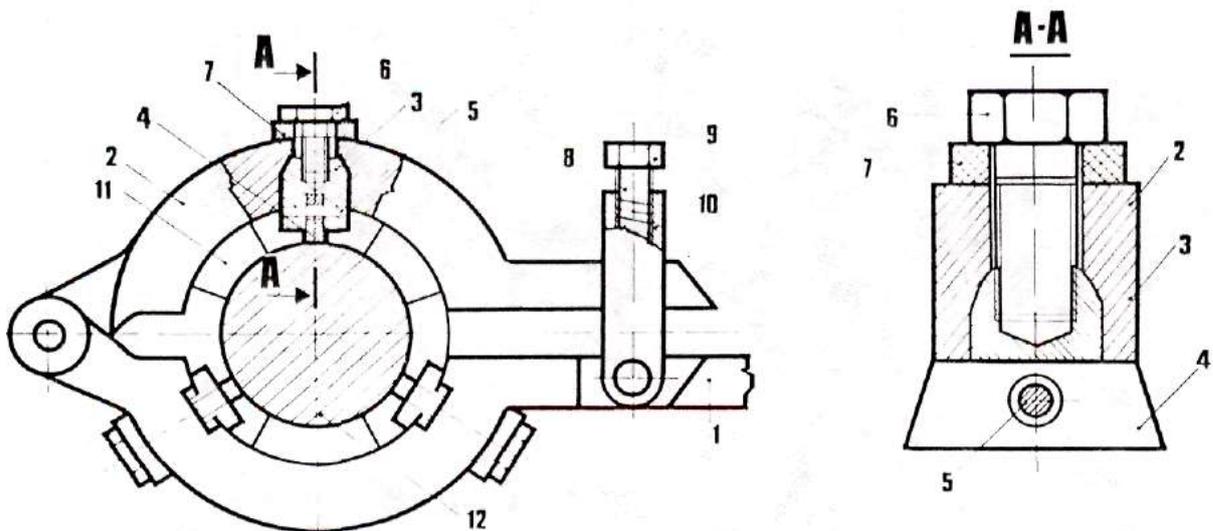
Устройство для ФАБО шеек коленчатых валов работает следующим образом. Головки 4 с шарами 6 прижимаются к поверхности шейки коленчатого вала с помощью пружины 3. При вращении коленчатого вала головки с шарами 6 совершают возвратно-поступательное движение вдоль оси шейки. Причем, при перемещении головок с шарами 6 влево к галтели шейки коленчатого вала прижимается крайний шар верхней головки, при перемещении вправо – крайний шар нижней головки. Это обеспечивается смещением шаров в смежных головках относительно торцов корпусов 4 на некоторую величину. Таким образом, происходит одновременная обработка галтелей и цилиндрической поверхности шейки коленчатого вала. Для создания на обрабатываемой поверхности металлической пленки на шейку коленчатого вала подается металлоплакирующая рабочая среда из натирающего узла 14 с упругопористым элементом 17.



**Рисунок 1 – Устройство для ФАБО шеек коленчатых валов:**

1 – корпус с оправкой; 2 – вилкообразная державка; 3 – пружина; 4 – корпус головки с выступом; 5 – вкладыш со сферической канавкой; 6 – шар; 7 – упор; 8 – болт; 9 – шайба; 10 – гайка; 11 – шайба; 12 – деталь; 13 – упругая пластина; 14 – корпус натирающего инструмента; 15 – ванна для металлоплакирующей рабочей среды; 16 – отверстие; 17 – упругопористый элемент (тампон)

Для ФАБО шеек коленчатых валов ДВС д.т.н., проф. В.И. Балабановым и к.т.н. В.Н. Быстровым разработано специальное устройство (патент СССР 1834913) (рис. 2), которое работает за счет возвратно-поступательного перемещения в автоматическом режиме и применения натирающих инструментов в виде пластин трапецеидальной формы.



**Рисунок 2 – Схема устройства для ФАБО коленчатых валов [7]:**

1 – корпус; 2 – щеки; 3 – державки; 4 – натирающие инструменты; 5 – фиксатор; 6 – винты; 7 – подшипник скольжения; 8 – регулировочный винт; 9 – гайка; 10 – пружина; 11 – тампон; 12 – коленчатый вал.

Принцип работы устройства для фрикционно-механического нанесения покрытий следующий. Коленчатый вал 12 устанавливается в механизм вращения (на рис. 2 не показан). В державки 3 устанавливаются натирающие инструменты 4 и крепятся фиксаторами 5. Затем державки натирающих инструментов (в сборе) устанавливаются в сферические углубления щек 2 и закрепляются через подшипники скольжения 7, винтами 6. Тампон 11 пропитывается технологической жидкостью (например, СФП–3). Осуществляется наладка устройства путем установки натирающих инструментов 4 в крайнее положение до упора в пазах щек 2. Щеки 2 приводятся в соприкосновение с поверхностью обрабатываемой шейки коленчатого вала. Вращением гайки 9 по регулировочному винту 8 осуществляется сжатие пружины 10 на необходимую величину для прижатия натирающих инструментов 4 к поверхности шейки 12 с определенным усилием. Включается механизм вращения детали (на рис. 1.10 не показан), при котором происходит натирание ее поверхности. Расположение натирающих инструментов 4 под углом к оси коленчатого вала 12 обеспечивает перемещение устройства относительно обрабатываемой поверхности. При соприкосновении кромок натирающих инструментов 4 с галтелью торца, перемещение прекращается, производится обработка поверхности галтели коленчатого вала и последующий разворот натирающих инструментов 4 вместе с державкой 3 в шарнирном соединении со щекой 2 до упора в противоположном выступе паза щеки. В результате автоматической переустановки натирающих инструментов 4, осуществляется движение устройства в обратном направлении до соприкосновения с противоположным торцом обрабатываемой шейки коленчатого вала. При продолжении обработки поверхности шейки, указанный выше цикл движения повторяется. Возвратно-поступательное движение устройства в автоматическом режиме осуществляется до достижения необходимой толщины и качества покрытия, после чего механизм вращения обрабатываемой детали выключается.

К отмеченным недостаткам данного устройства следует отнести относительно невысокую надежность крепления натирающих инструментов в державках, что требует дополнительной конструкторской доработки.

### Библиографический список

1. Балабанов В.И. Повышение долговечности двигателей внутреннего сгорания сельскохозяйственной техники реализацией избирательного переноса: Дис. ... д-ра техн. наук. – М.: МГАУ, 1999. – 516 с.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника (пособие конструктора): Учебник для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 1999. – 336 с.
3. Долговечность трущихся деталей машин: Сб. научных статей / Под ред. Д.Н. Гаркунова. – М.: Машиностроение. Вып. 1, 1986. – 263 с.; Вып. 2, 1987. – 304 с.; Вып. 3, 1988. – 272 с.; Вып. 4, 1990. – 352 с.; Вып. 5, 1990. – 354 с.
4. Балабанов В.И., Ищенко С.А., Беклемышев В.И. Триботехнология в техническом сервисе машин. – М., Изумруд, 2005. – 192 с.
5. Ищенко С.А. Прогрессивные технологии технического сервиса автотракторной техники. – М.: УМЦ «Триада», 2005 – 80 с.
6. Черепков С.А., Хромов В.Н. Повышение межремонтного ресурса колчатых валов автотракторных двигателей финишной антифрикционной безабразивной обработкой (ФАБО) // Инженерно–техническое обеспечение АПК и машин. – Орел, 2000, Т. 2. – С. 8...11.
7. Патент 2004622. Состав для фрикционно–механического нанесения покрытий // В.И. Балабанов, В.В. Челюбеев // БИ, 1993, № 45.

УДК 53.07; 53.05

### РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГАЗОВЫХ ЗАКОНОВ

*Коноплин Николай Александрович, доцент кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Прищеп Вера Леонидовна, доцент кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Лазаренко Леонид Михайлович, доцент кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* Рассмотрены особенности реализации учебного процесса по дисциплине физика в непрофильных вузах. Приведен пример расширения возможностей физических лабораторных установок для исследования дополнительных физических параметров на основе установки для изучения газовых законов.

*Ключевые слова:* параметры воздуха, газовые законы, физика, бакалавриат, компетенции, эксперимент.

Значительные изменения системы высшего образования, которые затронули в том числе и направления подготовки для отрасли сельского хозяйства, приводят к уменьшению времени реализации и оптимизации учебного процесса

по естественнонаучным общеобразовательным дисциплинам, к которым относится физика [1, 2].

В настоящее время перед преподавателями – физиками непрофильных высших учебных заведений стоит актуальная и важная задача по реализации стратегии «направленных» знаний: для студентов каждой отдельно взятой специальности необходимо акцентировать внимание на тех физических законах, явлениях и процессах, которые впоследствии будут создавать основу для освоения специальных дисциплин [3, 4].

Одной из физических тем, создающих начальные знания для усвоения базовых компетенций по многим естественнонаучным и специальным дисциплинам, является молекулярная физика. Газовые законы, изучаемые студентами в данной теме, впоследствии используются ими при изучении метеорологии и климатологии, гидравлики и гидрогазодинамики, технологии производства и переработки продукции, методов химической защиты, различной измерительной и диагностической аппаратуры, техники и технологических процессов и другие.

Одной из лабораторных установок, используемых в физическом лабораторном практикуме, является простейшая по устройству установка для изучения газовых законов, состоящая из цилиндра, в котором находится поршень. За счет вращения ручки поршень может сжимать газ в цилиндре. Давление газа измеряется манометром. Объем газа можно рассчитать, зная перемещение поршня  $S$  относительно края цилиндра, определяемое по шкале на корпусе, и известному диаметру  $d$  поршня (рисунок 1).



Рисунок 1 – Лабораторная установка для изучения газовых законов

В стандартном варианте данной установки предлагается произвести измерение зависимости давления  $p$  от объема  $V$ , тем самым подтвердив закон Бойля – Мариотта для постоянства температуры:

$$p \cdot V = const.$$

Результатом работы становится построение графиков зависимости давления  $p$  от объема  $V$  для разного количества воздуха, задаваемого начальным положением поршня. Данная задача является достаточно тривиальной для курса физики высшего учебного заведения. Заметим, что при проведении расчетов, с целью повышения точности, требуется учитывать объем воздуха, содержащийся в трубках и манометре  $V_0$  (задано изготовителем установки), что несколько снижает качество подачи материала ввиду сложности точного определения этого параметра.

Выражение для объема газа имеет вид:

$$V = S \cdot \pi \cdot d^2 / 4 + V_0$$

В настоящей статье в качестве дополнительно определяемого на данной установке параметра предлагается использовать плотность воздуха  $\rho$  при известном атмосферном давлении в комнате, которая является важным параметром в различных прикладных технических задачах и природных явлениях.

Для экспериментального определения данной величины используем выражение:

$$\rho = m / V = \nu \cdot \mu / V$$

Для исключения учета корректирующего значения  $V_0$  вычислим величину  $\rho$  из выражения:

$$\rho = \Delta m / \Delta V = (\mu \cdot 4 / \pi \cdot d^2) \cdot (\Delta \nu / \Delta S)$$

Молярная масса воздуха задается постоянным табличным значением  $\mu = 0,02896$  кг/моль. Для повышения точности количество молей  $\nu$  определяется как среднее значение данной величины для каждого начального объема воздуха, определяемое по экспериментальным точкам  $p$  и  $V$  из уравнения Менделеева – Клапейрона:

$$\nu = p \cdot V / R \cdot T$$

В таблице показаны результаты экспериментальных измерений давления  $p$  и результаты расчетов количества молей воздуха  $\nu$  в цилиндре для четырех значений начального объема воздуха, задаваемых начальными положениями поршня ( $S1 = 20$  см,  $S2 = 15$  см,  $S3 = 7$  см,  $S4 = 5$  см).

Таблица 1

### Результаты экспериментальных измерений и расчетов

$V$ , см <sup>3</sup>	$S$ , см	$p$ , бар					$\nu$ , моль				
		S1	S2	S2	S3	S4	S1	S2	S2	S3	S4
413	20	0,90	0,75	0,50	0,40	0,29	0,01520	0,01266	0,00844	0,00675	0,00490
373	18	1,00	0,80	0,55	0,45	0,30	0,01528	0,01222	0,00840	0,00688	0,00458
334	16	1,10	0,91	0,60	0,50	0,32	0,01504	0,01244	0,00820	0,00684	0,00438
295	14	1,25	1,05	0,70	0,55	0,40	0,01508	0,01267	0,00845	0,00664	0,00483
256	12	1,50	1,21	0,80	0,65	0,45	0,01569	0,01265	0,00837	0,00680	0,00471
216	10	1,75	1,50	1,00	0,75	0,52	0,01549	0,01328	0,00885	0,00664	0,00460
177	8	2,20	1,80	1,20	0,90	0,65	0,01594	0,01304	0,00870	0,00652	0,00471
138	6	2,85	2,40	1,60	1,22	0,80	0,01607	0,01353	0,00902	0,00688	0,00451
99	4	4,00	3,40	2,30	1,80	1,20	0,01613	0,01371	0,00927	0,00726	0,00484
СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ							0,01554	0,01291	0,00863	0,00680	0,00467

Полученное по данным точкам значение плотности воздуха  $\rho = 1,070 \text{ кг/м}^3$  в пределах допустимых ошибок соответствует значению плотности, найденному по параметрам температуры и давления в комнате из выражения:

$$\rho = p \cdot \mu / R \cdot T = 1,085 \text{ кг/м}^3.$$

Рассчитывая значение плотности воздуха, студент получает возможность оценить величину и размерность данного параметра, а также формирует представления о воздушной среде как о комплексной составляющей природных и технологических процессов.

### **Библиографический список**

1. Коноплин, Н.А., Морозов, А.В., Попов, А.И., Прищеп, В.Л., Хусаинов, Ш.Г. Роль лабораторного физического эксперимента в формировании профессиональных компетенций бакалавров – агроинженеров / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов, А.И. Попов, В.Л. Прищеп, Ш.Г. Хусаинов // Казанский педагогический журнал. – 2018. – № 4. – С. 95-99.
2. Коноплин, Н.А., Морозов, А.В., Попов, А.И. Анализ физических параметров энергоэффективности агроинженерных систем / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов, А.И. Попов // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 2. – С. 47-53.
3. Коноплин, Н.А., Морозов, А.В., Прищеп, В.Л. Расширение возможности учебного лабораторного эксперимента по курсу общей физики с применением мобильных электронных устройств / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов, В.Л. Прищеп // Международный научный журнал. – 2019. – № 3. – С. 122-129.
4. Коноплин, Н.А., Прищеп, В.Л. История, современное состояние и перспективы реализации различных уровней высшего образования укрупненной группы направлений 20.00.00 "Техносферная безопасность и природообустройство" по заочной форме обучения в РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева / Н.А. Коноплин, В.Л. Прищеп // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. – 2016. – № 9. – С. 25 - 29.

## ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВОЗДУХА

*Прищеп Вера Леонидовна, доцент кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Ковалев В.П., ассистент ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Морозов Антон Викторович, доцент кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Рассмотрены особенности реализации учебного процесса по дисциплине физика в непрофильных вузах. Предложен пример расширения возможностей физических лабораторных установок на основе установки для измерения коэффициента теплопроводности воздуха.

**Ключевые слова:** перенос тепла, закон Фурье, законы постоянного тока, сопротивление металла, бакалавриат, эксперимент.

Физические знания являются неотъемлемым компонентом базовых компетенций, необходимых студентам в процессе обучения на естественнонаучных и технических направлениях подготовки, в том числе для сельскохозяйственной отрасли [1, 2]. При изучении физики обязательным условием эффективности является проведение лабораторных работ [3]. Помимо общих знаний по физике, некоторые направления подготовки требуют более углубленных знаний по определенным разделам данной дисциплины.

Например, дисциплина «Теплофизика» изучается в четвертом семестре, после курса общей физики (направление подготовки бакалавров «Техносферная безопасность»). Вопросы теплопереноса являются ключевыми для этой дисциплины. Проведение лабораторной работы по определению коэффициента теплопроводности воздуха и анализ результатов расчета позволяют студентам глубже осмыслить происходящие процессы и явления, связать их с физическими законами.

Рабочим элементом лабораторной установки по определению коэффициента теплопроводности воздуха является медная трубка, на оси которой находится вольфрамовая нить. При пропускании электрического тока нить нагревается, и тепло переносится к трубке, температура которой определяется с помощью термопары. На экран приборного блока выносятся температура в середине медной трубки, а также ток и напряжение на нити (рис. 1).



Рисунок 1 – Лабораторная установка для измерения коэффициента теплопроводности воздуха

Через несколько минут после включения тока (кнопка «Нагрев» на приборной панели), температура медной трубки перестает расти. Это означает, что мощность тепловых потерь  $q = I \cdot U$  становится равной потоку тепла за счет явлений теплопереноса.

По закону Фурье в случае осевой симметрии поток тепла от нагретой нити через боковую поверхность цилиндра радиуса  $r$  равен

$$q = -\lambda \frac{dT}{dr} 2\pi r L.$$

Здесь  $L$  – длина трубки и нити,  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности.

Интегрирование этого выражения без учета зависимости  $\lambda$  от температуры  $T$  дает закон изменения температуры внутри трубки:

$$T(r) = T_1 - \frac{q}{2\pi\lambda} \ln r/R_1,$$

где  $T_1$ ,  $R_1$  – температура и радиус нагреваемой нити, соответственно. На поверхности трубки  $r = R_2$  и температура  $T_2$ . Расчетная формула для коэффициента теплопроводности  $\lambda$  имеет вид:

$$\lambda = \frac{q}{2\pi L(T_1 - T_2)} \ln R_2/R_1$$

Температура нити  $T_1$  рассчитывается по закону изменения сопротивления металлического проводника при нагревании ( $\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления):

$$R(T) = R(T_0) (1 + \alpha \Delta T).$$

Сопротивление при комнатной температуре  $R(T_0)$  при известной длине  $L$  и площади сечения проволоки  $S = \pi(R_1)^2$  может быть вычислено как  $\rho L/S$ , где  $\rho$  – удельное сопротивление; его также можно оценить как  $U/I$  в начале нагрева. Конечное сопротивление находится по закону Ома при установлении стационарного режима. По относительному изменению сопротивления находится  $T_1$ :

$$T_1 = T_0 + (R(T) / R(T_0) - 1) / \alpha.$$

Для вольфрама, по данным справочной литературы [4], коэффициент  $\alpha = (41 - 46) 10^{-4} K^{-1}$ . Значит, при нагревании на  $\Delta T = (220 - 240) K$  сопротивление удваивается.

Помимо предположения о независимости от температуры, при выводе этой формулы не учитывался теплообмен излучением и конвекцией.

Коэффициент теплопроводности идеальных газов связан с его молекулярными характеристиками и равен

$$\lambda = \frac{1}{3} c_V m n v l.$$

Здесь  $c_V$  – удельная теплоемкость при постоянном объеме,  $m$  – масса одной молекулы,  $n$  – концентрация,  $v$  – средняя арифметическая скорость молекулы,  $l$  – средняя длина свободного пробега. Произведение  $nl$  практически постоянно,  $c_V$  зависит только от рода идеального газа. Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры связана только со скоростью молекул, которая равна

За счёт роста средней арифметической скорости  $\lambda$  растет пропорционально

$$v = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}.$$

корню из абсолютной температуры. Детальный расчет показывает, что учет закона роста  $\lambda$  с температурой  $\lambda = \lambda_0(T/T_0)^{1/2}$  приводит к завышению коэффициента теплопроводности примерно на 10%.

Теплоперенос излучением нетрудно оценить с помощью закона Стефана – Больцмана, зная температуру нити и площадь излучающей поверхности. При температуре  $T_1 = 510$  К тепловой поток составляет около 2 Вт, но, учитывая степень черноты 0,1 – 0,2, радиационные потери можно не учитывать.

В трубке, расположенной горизонтально, возникают конвективные потоки воздуха в масштабе радиуса трубки. Это явление свободной конвекции, более легкий воздух поднимается вверх, такой перенос тепла более эффективен, чем теплопроводность.

Следовательно, на примере данной лабораторной работы возможно исследование всех видов теплопередачи с оценкой их вклада в тепловой поток.

### Библиографический список

1. Коноплин, Н.А., Морозов, А.В., Попов, А.И., Прищеп, В.Л., Хусаинов, Ш.Г. Роль лабораторного физического эксперимента в формировании профессиональных компетенций бакалавров – агроинженеров / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов, А.И. Попов, В.Л. Прищеп, Ш.Г. Хусаинов // Казанский педагогический журнал. – 2018. – № 4. – С. 95-99.
2. Коноплин, Н.А., Морозов, А.В., Попов, А.И. Анализ физических параметров энергоэффективности агроинженерных систем / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов, А.И. Попов // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 2. – С. 47-53.
3. Коноплин, Н.А., Морозов, А.В., Прищеп, В.Л. Расширение возможности учебного лабораторного эксперимента по курсу общей физики с применением мобильных электронных устройств / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов, В.Л. Прищеп // Международный научный журнал. – 2019. – № 3. – С. 122-129.
4. Таблицы физических величин // Справочник под ред. И.К. Кикоина. М.: Атомиздат. – 1976. – 1005

УДК 378.1; 378.047

## **ФОРМИРОВАНИЕ КОНТИНГЕНТА УЧАЩИХСЯ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ ВУЗА**

*Морозов Антон Викторович, доцент кафедры физики, ФГОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Коноплин Николай Александрович, доцент кафедры физики, ФГОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.*

*Аннотация: рассмотрены вопросы формирования контингента студентов сельскохозяйственных вузов, взаимодействия школы и подразделений вуза по организации профориентации учащихся.*

*Ключевые слова: профориентация, физические знания, сельское хозяйство, школа, вуз.*

В последние годы наблюдается активное развитие науки и техники, быстрая смена одних технологий другими, рост инновационных процессов в сфере производства и бизнеса приводят к необходимости постоянного обновления знаний выпускников вузов и повышения качества их подготовки.

Нововведения в сфере образования, как раз и нацелены на приведение системы образования в соответствие с потребностями национальной экономики и общества. К числу таких перемен можно отнести, например, такие направления как: обновление содержания образования, равенство доступа к качественному образованию, переход к новым информационным технологиям и другие инновации [1].

Одной из главных задач аграрных вузов является подготовка высококвалифицированных кадров АПК для достижения национальных целей и реализации стратегических задач развития Российской Федерации. Решение этих задач требует принципиально новых образовательных программ, содействующих наращиванию экспорта сельскохозяйственной продукции, повышению производительности труда в сельском хозяйстве, развитию предпринимательства в аграрной сфере и др.

Выбор направления обучения и подготовка к успешному овладению будущей специальностью является одной из самых сложных проблем абитуриента. В этих условиях перед аграрными вузами актуализируется основная задача по обеспечению качества приема при формировании контингента студентов - отбор и зачисление наиболее подготовленных и способных к продолжению обучения абитуриентов. К тому же, большое влияние на формирование контингента студентов оказывают требования, выдвигаемые современным обществом к высшему образованию. В современных условиях инженерно-техническое, агротехническое образование становятся ведущим фактором социального и экономического развития [2, 3].

Большинство Вузов на направления агротехнического и инженерного профилей принимают результаты ЕГЭ по физике вместе с русским языком и профильной математикой. Абсолютное значение школьников с ЕГЭ по физике различно в последние годы, но процентное отношение от общего количества выпускников составляет величину 23-25%. К сожалению, количество выпускников, выбирающих физику в качестве дополнительного ЕГЭ, остается условно постоянной величиной. С другой стороны, результаты ЕГЭ становятся преобладающими показателями, учитываемыми при проведении конкурсного отбора и, тем самым, определяют качество формируемого контингента студентов.

В этих условиях система довузовской подготовки и профориентации современного Вуза является основой формирования контингента аграрного вуза. В связи с введением ЕГЭ стоит отметить о снижении роли профориентации в старом понимании. В этой ситуации существенно возрастает значимость довузовской подготовки, в виде инновационных форм довузовского образования типа учебно-научного комплекса, в котором работают высококвалифицированные вузовские преподаватели во взаимодействии с ведущими школьными учителями [4].

На передний план в деятельности довузовского образования выдвигается задача создания условий для формирования раннего профессионального выбора учащихся на основе развития их индивидуальных качеств, особенностей и способностей. Одной из основных целей довузовского образования становится не только оказание помощи в углубленном изучении базовых для технического вуза дисциплин: физики, математики, информатики, инженерной графики, но и обеспечение готовности абитуриентов к продолжению обучения в высшей школе.

Своевременная адаптация и преемственность в учебно-воспитательной работе средней и высшей школ помогают первокурсникам преодолеть барьер между школой и вузом [5]. Существующая система довузовской подготовки показывает, что в действительности реализация преемственности между этими уровнями образования осуществляется недостаточно эффективно. Ощущается потребность практики в научной разработке основных направлений усиления их взаимодействия.

Деятельность по формированию контингента вуза имеет одним из своих направлений активную профориентационную работу. За последние годы данная проблема изучена очень глубоко. Однако изменившиеся условия общественной жизни продолжают вносить соответствующие коррективы и изменения в данный процесс. Нововведения, связанные с ЕГЭ, ведут к серьезным изменениям в поведении и мотивации молодежи, а, следовательно, и к перестройке системы профессиональной ориентации. Изменениям должны подвергнуться, прежде всего, ряд принципов и конкретные формы работы. Из концептуальных положений ушла методологическая однозначность, претерпели изменение установки на обязательность, поэтому усиливается потребность в индивидуализации профориентационной работы.

Важную роль в подготовке и отборе ориентированной на вуз молодежи играет совместная деятельность вуза и школы. Общность задач, решаемых данными образовательными учреждениями (в частности, по подготовке учащихся к ЕГЭ), ведет к необходимости приближения форм работы по профориентации. Система профориентационной работы, опирающаяся на различные направления сотрудничества школы и вуза, как показывают практика и опыт, должна учитывать, прежде всего, направленность самой личности, её жизненные планы, самоопределение. Естественно, многие задачи школы и вуза не могут не перекликаться, так как в основе их деятельности лежат одни и те же функции.

Помощь ученику в его жизненных устремлениях, его воспитание, организация его продуманных действий в плане овладения избранной профессией – всё это профориентация сегодня.

### **Библиографический список**

1. Полежаев, В. Д. Формирование контингента студентов технического ВУЗа: проблемы и подходы к их решению геометрическими методами квалиметрии: автореф. дис. доктора пед. наук: 13.00.08 / В.Д. Полежаев. – Москва. – 2009. – 40 С.

2. Коноплин, Н.А., Морозов, А.В., Прищеп, В.Л. Повышение качества физических знаний бакалавров с учетом требований современных образовательных стандартов / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов, В.Л. Прищеп // Доклады ТСХА. – Сборник статей. – 2019. – С. 370-372.

3. Коноплин, Н.А., Морозов, А.В. Особенности формирования компетенций иностранных студентов, обучающихся по направлению «Природообустройство и водопользование» / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов // Доклады ТСХА. – Сборник статей. – 2019. – С. 391-393.

4. Коноплин, Н.А., Морозов, А.В., Прищеп, В.Л. Расширение возможности учебного лабораторного эксперимента по курсу общей физики с применением мобильных электронных устройств / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов, В.Л. Прищеп // Международный научный журнал. – 2019. – № 3. – С. 122-129.

5. Коноплин, Н.А., Морозов, А.В., Попов, А.И., Прищеп, В.Л., Хусаинов, Ш.Г. Роль лабораторного физического эксперимента в формировании профессиональных компетенций бакалавров – агроинженеров / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов, А.И. Попов, В.Л. Прищеп, Ш.Г. Хусаинов // Казанский педагогический журнал. – 2018. – № 4. – С. 95-99.

## **ФИЗИКА ПРОЦЕССА ВОЛНОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ТРЕЩИН НА ПОВЕРХНОСТИ РЕЖУЩИХ КРОМОК ЛЕМЕХОВ ПЛУГОВ**

*Попов Александр Иванович, доцент кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Храмшина Элеонора Вячеславовна, старший преподаватель кафедры физики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Пронин Борис Васильевич, профессор кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

**Аннотация:** Рассмотрены особенности применения акустических волн для определения дефектов поверхностей лемеха плуга. Предложены методы диагностики трещин режущих кромок почвообрабатывающих инструментов способствующих повышению эффективности земледельческой сельскохозяйственной техники.

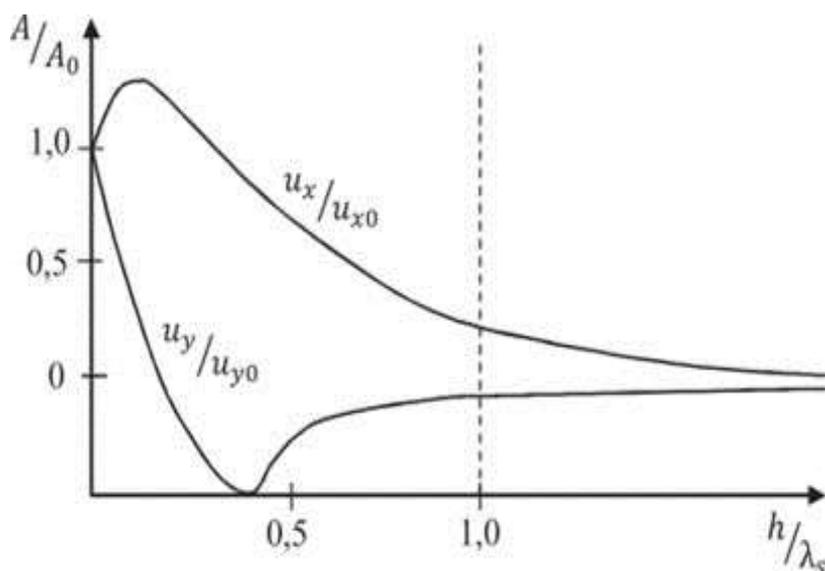
**Ключевые слова:** акустические волны, волны Рэлея, трещины, ультразвуковая дефектоскопия, лемех плуга.

Консервативная конструкция плугов и увеличение скорости вспашки к настоящему времени в полтора два раза, а так же увеличение массы уборочных машин привело к повышению нагрузки на рабочие органы пахотных агрегатов до 4 раз, что существенно сказывается на их ресурсе. Лемех плуга не должно иметь заусенцев и трещин, так как при прилипанию к таким местам почвы нарушается процесс вспашки, а отклонение среднего арифметического значения фактической глубины вспашки от заданной не должно превышать  $\pm 5\%$ . К тому же увеличивается тяговое сопротивление, что приводит к повышенным энергозатратам. Исследования, направленные на прогнозирование ресурса лемехов плугов являются весьма актуальными и имеют важное хозяйственное значение [1,2]. При этом важно различать дефекты поверхности плуга трещины, коррозионные дефекты, царапин, риски или задиры. Широко применяемая практика наплавки лемехов плуга может приводить к горячим трещинам, которые образуются из-за усадки при застывании расплава и распространяются вдоль границ кристаллов. Из-за внутренних напряжений образуются холодные трещины, распространяющиеся по зернам. Термическая обработка приводит к термическим трещинам из-за сложения растягивающих внутренних сил вызванных остаточными и высокотемпературными напряжениями. Все указанные виды трещин имеют разную поверхность, например: термические трещины - мелкозернистую, а горячие - имеют рваные края. Все это играет важную роль в дефектоскопии трещин. Особую роль играют усталостные трещины, которые являются одним из наиболее распространенных эксплуатационных дефектов. Они возникают в местах технологических и конструктивных концентраторов напряжений, а также глубоких рисков образующихся в процессе экс-

плуатации плугов. Ширина раскрытия появляющейся усталостной трещины не превышает нескольких микрон.

Наиболее эффективным методом контроля, не лишаящим изделие его эксплуатационных свойств, являются неразрушающие методы контроля основанные на взаимодействии физических полей с контролируемым изделием: пьезоэлектрические, электромагнитные и акустические. Методы контроля по основным физическим волновым параметрам подразделяют на амплитудный, фазовый и спектральный. Большую роль в неразрушающих методах контроля трещин имеет чувствительность, определяемая минимальными размерами трещины, а также их расположение на режущей поверхности лемеха (поверхностные и внутренние). Наиболее эффективными при этом являются методы анализа качества поверхности с использованием поверхностных акустических волн. Поверхностными волнами (волнами Рэлея) называются волны в упругой среде, формирующиеся вдоль свободной (или слабо нагруженной) границы твердого тела и быстро затухающие с глубиной.

В поверхностной волне частицы среды колеблются как вдоль, так и перпендикулярно ее направлению. Поверхностная волна, как и поперечная, формируется только в твердой среде [3].



**Рисунок 1 - Распределение амплитуд колебаний частиц в поверхностной волне**

На рис.1 показано как меняются отношения амплитуды нормального  $U_y$  и тангенциального  $U_x$  смещений к амплитуде  $U_{y0}$ ,  $U_{x0}$  на поверхности с глубиной. Отсюда видно, что рэлеевские волны локализованы в тонком слое.

Для ультразвукового метода контроля, минимальные размеры трещины находятся в диапазоне от 1 до 30мкм по ширине раскрытия трещины, что полностью отвечает эксплуатационным требованиям.

Широкое применение поверхностных акустических волн для оценки качества поверхности требует соответствующих математических моделей позволяющих целенаправленно анализировать поступающие сигналы, что в ре-

зультате приводит к увеличению точности и надежности прогнозирования эффективной работоспособности режущих элементов плуга..

Для рассмотрения генерации поверхностных волн типа рэлеевской, можно ограничиться учетом лишь теплового механизма генерации, так как контактом с другим веществом на границе раздела можно пренебречь [4].

Так как тепловой механизм генерации звука создает только источники продольных волн, то угол падения плоской продольной волны, при котором суперпозиция падающих и отраженных волн образуют рэлеевскую волну определяется из соотношения

$$\cos = \frac{\sqrt{\frac{\omega^2}{c_i^2} - \frac{\omega^2}{v^2}}}{\frac{\omega}{c_i}} = i \sqrt{\frac{c_i^2}{v^2} - 1}$$

следующим образом:  $x_0 = \pi/2 - i \operatorname{arcsch} \sqrt{c_i^2/v^2 - 1}$ , где  $v$  – скорость распространения рэлеевской волны.

При диагностики трещин на режущих кромках лемеха необходимо целенаправленно анализировать наличие, структуру и местонахождение дефектов на режущих кромках почвообрабатывающих машин, учитывая тот факт, что 98% волновой дефектоскопии приходится на сварные швы имеющие специфику отличную от рассматриваемых нами объектов исследования. Рассмотренные математические модели с одной стороны позволяют технически более обоснованно разрабатывать методику диагностики, с другой предъявлять специфические требования к диагностическому оборудованию.

Важнейшей характеристикой системы волновой диагностики является стабильность результатов, основанная на таких важнейших параметрах как, чувствительность, требуемая разрешающая способность и минимальный размер дефекта. Оптимизация же процесса должна быть основана на длине волны и углу ввода ультразвукового луча.

На рисунке представлена полярная диаграмма направленности радиальных и вертикальных смещений при различных наклонах термоакустической антенны к нормали поверхности. В результате траектория движения частиц представляет собой эллипс. Большая ось эллипса при этом перпендикулярна границе.

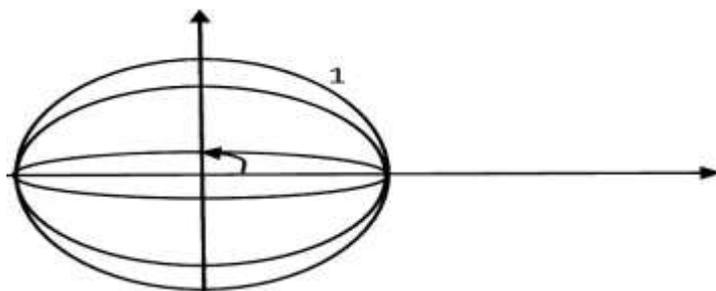


Рисунок 2 - Диаграмма направленности смещений в рэлеевской волне в зависимости от угла наклона термоакустической антенны к нормали поверхности: (1- вертикальное положение антенны)

Выбор угла наклона позволит более корректно прогнозировать ресурсную способности почвообрабатывающего инструмента и совершенствовать его технологию.

Предметно ориентированная волновая диагностика позволит более точно и надежно выполнять диагностику режущих кромок с учетом специфики трещинообразования на кромках лемеха плуга, в отличие от стандартных технологий контроля разработанных, как правило, для дефектоскопии сварочных швов и трубопроводов [5].

### **Библиографический список**

1. Сидоров, С.А. Опыт работы ГНУ ВИМ по созданию высокоресурсных конкурентоспособных рабочих органов сельскохозяйственных машин /С.А. Сидоров, Д.А. Миронов //Труды ГОСНИТИ. - Т. 116. - 2014.- С. 114-119.

2. Сизов, О.А. Экспериментальное исследование сил, действующих на режущие элементы плоского ножа при резании / О.А. Сизов , Р.Р. Беликова, Д.А. Миронов, А.В. Миронова // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: Сб. докл. Междунар. науч.- техн. конф. М.: ВИМ , - Ч.1. - 2015.- С. 194-198.

3. Петухов, Ю.В. Сейсмоакустические и акустико-гравитационные волны в слоистых средах / Ю.В. Петухов, А.В. Разин, А.Л. Собисевич, В. И. Куликов // М.: Изд-во ИФЗ РАН , 2013. - 280 с.

4.Чекин, С.К. Термооптическое возбуждение звуковой волны. / С.К. Чекин // SCI-ARTICLE.RU. – N46. – 2017.

5.Хмелев, В.Н. Ультразвуковые аппараты для научных исследований / В.Н. Хмелев, Ю.М. Кузовников, М.В.Хмелев // «Южно-сибирский научный вестник». – 2017. - С. 5-13.

УДК 53.086

## **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ НАНОТРУБОК И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРОПРОКОМПЛЕКСЕ**

*Храмшина Элеонора Вячеславовна, старший преподаватель кафедры физики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева,*

*Попов Александр Иванович, доцент кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Аннотация: Углеродные нанотрубки, их виды и классификация, физические свойства включая электропроводности нанотрубок и возможности применения в агропромышленном комплексе.*

*Ключевые слова: углеродные нанотрубки, классификация, электропроводность, применение.*

Углеродные нанотрубки представляют собой полые цилиндры диаметром от 0,1 нм до нескольких десятков нм и длиной от 1 мкм до 20 см, состоят из одной или нескольких свёрнутых в трубку графеновых плоскостей (рис.1). Графеновая плоскость – это цилиндрическая плоскость, поверхность которой формируется множеством шестиугольных многоугольников, при этом толщина плоскости не больше одного атома углерода.

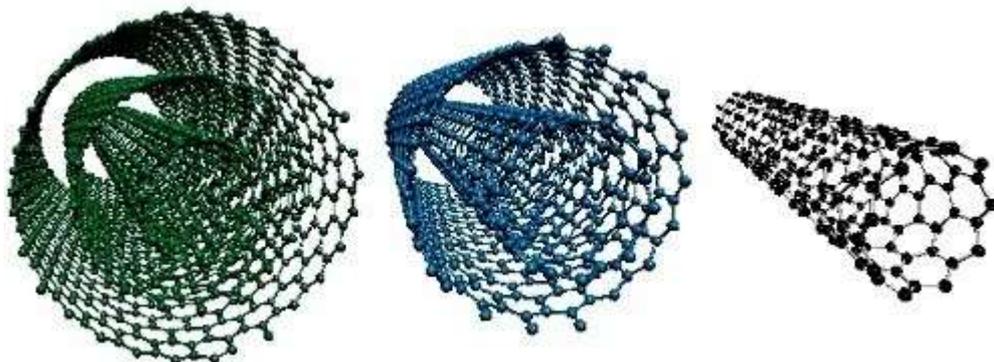


Рисунок 1 - Виды углеродных нанотрубок

Углеродные нанотрубки различаются по строению [1]:

- а) Однослойные нанотрубки в основном имеют диаметр порядка 1 нм. Они имеют меньше дефектов по сравнению с другими трубками.
- б) Многослойные нанотрубки состоят из нескольких слоев графена. Они складываются в форме трубки. Между слоями - расстояние 0,34 нм, как и расстояние между слоями в кристалле графита. Многослойные нанотрубки отличаются от стандартных однослойных более широким разнообразием форм и конфигураций. Различные свойства по-разному проявляются в трубках, в зависимости от направления (поперечного или продольного).

Многослойные нанотрубки разделили на несколько типов: тип «русская матрёшка» - коаксиально вставленные друг в друга цилиндрические трубки; в виде совокупности вложенных друг в друга коаксиальных (шестигранных) призм; в виде скрученного свитка.

Энергия сворачивания углеродных нанотрубок определяется по следующей формуле:

$$E = (E_{\text{тр}} / N_{\text{тр}}) - (E_{\text{Г}} / N_{\text{Г}})$$

Где  $E_{\text{тр}}$  – энергия нанотрубки,  $E_{\text{Г}}$  – энергия графена  $N_{\text{тр}}$  – число атомов в элементарной ячейке нанотрубки,  $N_{\text{Г}}$  – число атомов в элементарной ячейке графена. Энергия, затрачиваемая на формирование нанотрубки обратно пропорциональна ее диаметру.

Также различаются по форме, от которой зависят физические свойства нанотрубок: прямые; зубчатые; зигзагообразные; спиральные. По типу торцов углеродные нанотрубки бывают: открытые; закрытые (заканчиваются полусферой). По электронным свойствам они делятся на: металлические и полупроводниковые. Тип проводимости нанотрубок зависит

от их скрученности. Если через нанотрубки, обладающих проводниковой проводимостью, пропускать электрический ток с плотностью тока порядка  $10^{11}$  А/м<sup>2</sup> в течении двух недель, их электромеханические свойства останутся неизменными, в то время как обычный проводник из меди разрушится.

Нанотрубки обладают физическими свойствами, на основе которых можно создавать принципиально новые приборы, материалы, конструкции с повышенным ресурсом работы, за счет их высокой устойчивости к знакопеременным нагрузкам. Количество циклов скручивания, раскручивания, сжатия и растяжения, доходящих до нескольких десятков тысяч в минуту, не влияют на их прочность, теплопроводность и электропроводность. Сами трубки имеют повышенную теплопроводность и электропроводность. Из-за повышенной теплопроводности они эффективно рассеивают тепло. Проводимость меди в 1000 раз хуже, чем у углеродных нанотрубок, а изгибом нанотрубок можно изменять их сопротивление, более чем в 10 раз. Используя зонную теорию проводимости рассчитали электропроводность нанотрубок при низких температурах. Этот эффект чисто квантовый [2]. Электропроводность нанотрубок не подчиняется закону Ома.

Электропроводность и магнитные свойства углеродных нанотрубок зависят от условий их получения. Меняя условия синтеза, можно изменять величину электропроводности более чем на два порядка.

По магнитным свойствам получаемые многослойные углеродные нанотрубки относятся к магнитно-мягкому материалу с низкой остаточной намагниченностью.

На данный момент заявлено множество способов использования нанотрубок в различных областях хозяйства, но реализовать пока удастся не везде и в малых количествах, из-за дорогой стоимости производства, и сложности получения нанотрубок с четко заданными свойствами. Один грамм однослойных трубок стоит несколько тысяч рублей, а многослойных трубок стоимость несколько ниже. В перспективе, когда удастся решить проблему дорогой себестоимости, использование углеродных нанотрубок в агропромышленном комплексе принесет большую выгоду по всем направлениям.

В строительстве использование бетона с нанотрубками приведёт к повышению прочности и трещиностойкости сельскохозяйственных строений [3]. Добавление нанотрубок в волокна, нити при создании высоконагруженных тросов позволит увеличить срок их службы.

Использование в сельхозмашиностроении приведет к уменьшению веса деталей при одновременном сохранении прочности корпуса и его частей. Повышение долговечности подшипников сельскохозяйственной техники с применением наноматериалов достигается за счет высокой устойчивости к изнашиваемости [4]. Данные технологические методы позволили не только изготавливать новые подшипники, но и восстанавливать старые, они уже прошли производственную проверку и внедрены на ремонтно-технических предприятиях Тверской области.

Ожидается, что электрические кабели, сделанные из нанотрубок или с добавлением нанотрубок, будут иметь электропроводность как минимум на два порядка выше, чем кабели, сделанные из меди.

**Производство нанокompозитов**, проводящих пластмасс. Введение в полимерные вещества даже небольшого количества углеродных нанотрубок приводит к изменению свойств полимеров. [5] У них повышаются механические характеристики, термическая устойчивость, теплопроводность, электропроводность и меняются оптические свойства. Наибольший интерес вызывает применение нанотрубок в прозрачных проводниках в качестве термоустойчивого межфазного материала. С помощью углеродных нанотрубок можно создавать полупроводниковые гетероструктуры типа металл-полупроводник или стык двух разных полупроводников. Усовершенствованы десятки материалов при помощи добавления в них углеродных нанотрубок. У керамических композитов с добавками нанотрубок увеличивается трещиностойкость керамики, появляется защита от электромагнитного излучения, увеличивается электропроводность и теплопроводность. Электропроводные полимеры можно использовать для снятия статического электричества, что необходимо в топливных системах автомобилей и тракторов.

#### **Библиографический список**

1. Булярский, С.В. Углеродные нанотрубки: технология, управление свойствами, применение. - Ульяновск: Стрежень, 2011. - 480 с.
2. Гец, А.В., Крайнов, В.П. Проводимость одностенных углеродных нанотрубок. - ЖЭТФ, 2016, том 150, вып. 6 (12), С. 1246–1251
3. Гончарова, Н.С. Высококачественные бетоны на основе местных сырьевых материалов, модифицированные нанотрубками / Н.С. Гончарова, В.Т. Перцев, В.В. Власов, О.Б. Рудаков // Научный Вестник ВГАСУ, №2(26), июнь 2012. – С. 46-54.
4. Козырева, Л.В. Восстановление и изготовление подшипников сельскохозяйственных машин с использованием нанокompозитов: методические рекомендации / М.Н. Ерохин, Л.В. Козырева. – М.: Издат. центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2011. – 68 с.
5. Новиков, Г. Ф., Рабенко Е. В., Эстрин Я. И., Ольхов Ю. А, Бадамшина Э. Р. Влияние малых добавок углеродных нанотрубок на электропроводность полиуретанового эластомера. - Журнал Физической Химии, 2014, том 88, № 10, С. 1605-1609

## РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ РАСЧЕТОВ МОДЕЛИ РОСТА ПОПУЛЯЦИЙ П.Ф. ФЕРХЮЛЬСТА

*Пронин Борис Васильевич, профессор кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Рассказов А.В, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Пронин Цезарь Борисович, магистр, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)*

*Аннотация:* Рассмотрено уравнение П.Ф. Ферхюльста, описывающее рост популяции, ограниченный ресурсами в изолированной системе при достаточно большом периоде наблюдения. Приведены результаты его компьютерного расчета и анализ графической интерпретации в Mathcad 15.

*Ключевые слова:* логистическая кривая, логистическое уравнение, численность популяций.

В 1845 году П. Ф. Ферхюльст вывел уравнение, описывающее рост популяции, ограниченный ресурсами в изолированной системе при достаточно большом периоде наблюдения. Почему Ферхюльст назвал уравнение логистическим, остается неизвестным.

Динамики численности популяции была представлена следующим уравнением:

$$\frac{dx}{dt} = rx - mx^2 \quad (1)$$

где  $r$  – удельная скорость роста численности,  $x$  – численность популяции,  $m$  – число встреч членов популяции, при котором они могут конкурировать за какой-либо ресурс.

Исходные предположения для вывода уравнения при рассмотрении популяционной динамики выглядят следующим образом: скорость размножения популяции пропорциональна её текущей численности, при прочих равных условиях; второй член уравнения отражает конкуренцию за ресурсы, которая ограничивает рост популяции [1, 2, 3].

Уравнение это отличается от уравнения экспоненциального роста (уравнения Мальтуса) выражением  $mx^2$ , которое как раз и отражает ограниченность ресурсов.

Выбор квадратичной зависимости в (1) можно пояснить следующим образом. Недостаток ресурсов порождает внутривидовую борьбу, интенсивность которой пропорциональна количеству возможных контактов между отдельными особями. В популяции из  $x$  особей количество возможных парных контактов (других учитывать не будем) пропорционально  $x^2$ . Не все контакты заканчиваются летальным исходом. Соответствующий процент задается коэффициентом  $m$ .

Перепишем уравнение (1) в виде:

$$\frac{dx}{dt} = x(r - mx)$$

Выражение в скобках - это удельная скорость роста популяции. Причем чем больше численность популяции  $x$ , тем меньше скорость роста. Если в правой части уравнения вынести за скобки величину  $r$ :

$$\frac{dx}{dt} = rx \left( 1 - \frac{mx}{r} \right)$$

и обозначить  $m/r$  за  $1/K$ , то уравнение (1) можно переписать так:

$$\frac{dx}{dt} = rx \left( 1 - \frac{x}{K} \right). \quad (2)$$

Решением уравнения является функция вида:

$$x(t) = \frac{x_0 K e^{rt}}{K - x_0 + x_0 e^{rt}}, \quad (3)$$

где  $x_0 = x(t = 0)$ .

При малых  $x$  численность  $x$  возрастает, при больших – приближается к определенному пределу  $K$ .

При малых  $x$  значением  $x/K$  можно пренебречь, и тогда рост численности идет по экспоненциальному закону, при возрастании  $x$  и неизменном  $K$  рост численности будет замедляться, и при  $x$  близком к  $K$  рост остановится. Параметр  $K$  носит название "емкости популяции", выражается в единицах численности (или концентрации) и носит системный характер, то есть определяется целым рядом различных обстоятельств, среди них ограничения на количество субстрата для микроорганизмов, доступного объема для популяции клеток ткани, пищевой базы или убежищ для высших животных [4, 5].

Функция (3) графически отображается в виде S – образной кривой. Эта кривая называется *логистической кривой*, а рост численности, соответствующий уравнению (2) – *логистическим*. Исследуя кривую, можно сказать, что максимальная скорость роста достигается, когда численность равна  $K/2$ . В некоторый момент численность стабилизируется и остается постоянной величиной.

В качестве исходных данных для компьютерного моделирования возьмем уравнение (2) и его решение (3).

Расчет выполнен в инженерно-математическом программном обеспечении Mathcad 15.

График функции (3) при разных начальных значениях численности популяции представлен на рисунке 1.

Если начальное значение  $x_0 < K/2$ , кривая роста имеет точку перегиба. Если  $x_0 > K$ , численность со временем убывает.

Несмотря на схематичность положенных в основу ее представлений, логистическая кривая оказалась хорошим приближением для описания кривых роста численности многих популяций. В природе внутривидовая конкуренция не удерживает естественные популяции на строго неизменном уровне, но действует в широком диапазоне начальных значений плотности и приводит их к гораздо более узкому диапазону конечных значений, определяя, таким образом, тенденцию к поддержанию плотности в определенных пределах.

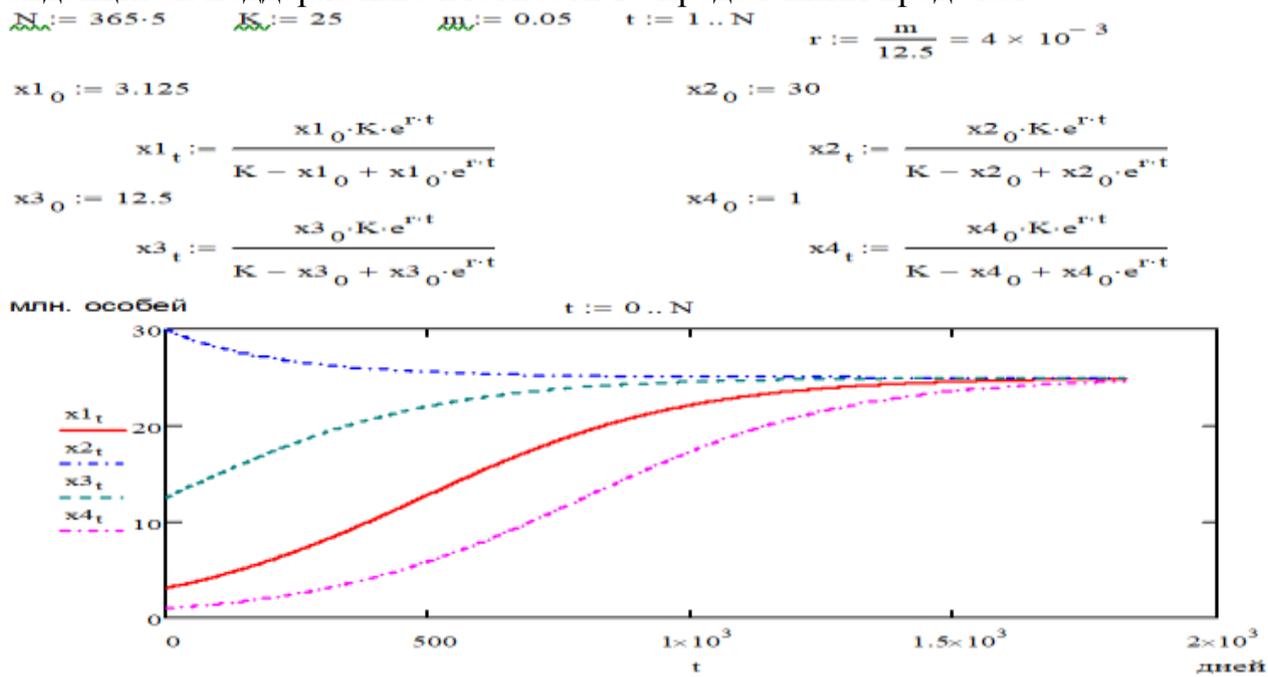


Рисунок 1 – Динамика численности в логистической модели Ферхюльста при различных начальных значениях численности особей

Как видим, учет фактора ограниченности ресурса приводит к стабилизации численности популяции.

### Библиографический список

1. Пронин, Б.В. Биомеханика и термодинамика биосистем // Б.В. Пронин. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2016. – 286 с.
2. Пронин, Ц.Б., Пронин, Б.В. Компьютерное моделирование физических процессов в лабораторном практикуме: Учебное пособие // Ц.Б. Пронин, Б.В. Пронин. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2018. – 91 с.
3. Рубин, А.Б. Биофизика. Том 1, 2 // А.Б. Рубин. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 448+469 с.
4. Самойлов, В.О. Медицинская биофизика // В.О. Самойлов. – СПб.: СпецЛит. – 2004. – 496 с.
5. Пронин, Ц.Б., Пронин, Б.В. Основы биофизики и компьютерное моделирование биофизических процессов: Учебное пособие // Ц.Б. Пронин, Б.В. Пронин. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2018. – 160 с.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ РАСЧЕТОВ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ТОНКИХ СТЕРЖНЯХ

*Левкин Иван Вячеславович ассистент кафедры физики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева*

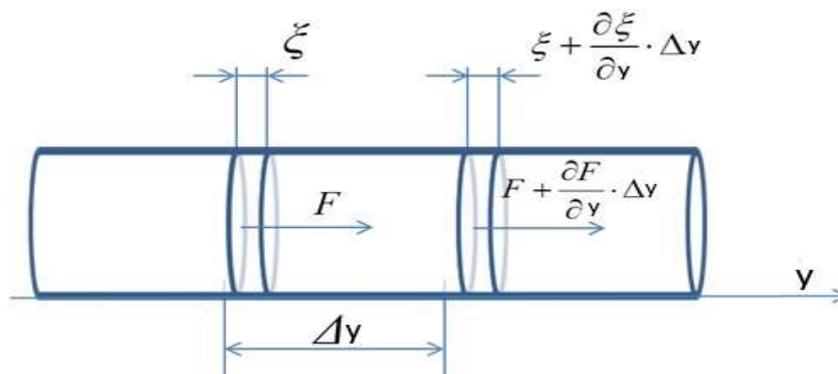
*Туркина Екатерина Александровна ассистент кафедры физики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева*

*Хусаинов Шаукат Габдулхакович, профессор кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Рассмотрены особенности теоретического обоснования расчетов колебаний в тонких стержнях в общем виде, обосновано применение граничных условий для данного вида колебаний в волновом уравнении.

**Ключевые слова:** акустические колебания, волны, тонкие стержни, собственные колебания.

Акустические волны, распространяющиеся в металлических тонких стержнях, существенно отличаются от волн в неограниченной среде. Рассмотрим волны с длиной  $\lambda$  которая велика по сравнению с радиусом  $r$  стержня. Опишем распространение продольной волны вдоль оси тонкого стержня постоянного сечения площадью  $S$ . Стержень считается тонким в том случае, когда радиус стержня  $r$  мал по сравнению с длиной волны  $\lambda$ , т.е.  $r/\lambda \ll 1$ .



**Рисунок 1 – Силы, действующие на элемент стержня при продольных колебаниях**

Направим ось  $y$  вдоль оси стержня (см. рис. 1). Под действием продольной оси  $F$  элементарный отрезок стержня  $\Delta y$ , ограниченный плоскостями  $\Delta y$  и  $(y + \Delta y)$ , растянется или сожмется на величину  $\Delta \varepsilon = \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \Delta y$ , где  $\partial \varepsilon / \partial y$  – относительное удлинение, т.е. деформация элемента стержня. Напряжение  $\sigma$  (т.е. сила, действующая на единицу поперечного сечения стержня) согласно закону Гука равно:

$$\sigma = \frac{F}{S} = E \frac{\partial \varepsilon}{\partial y}. \quad (1)$$

Коэффициент пропорциональности  $E$  носит название **модуля Юнга** и имеет размерность Н/м<sup>2</sup>.

В результате переменной деформации вдоль оси стержня будет распространяться продольная волна. В сечениях  $y$  и  $y + \Delta y$  напряжения будут различными, а их разность запишем в виде:

$$\sigma(y + \Delta y) - \sigma(y) = \frac{1}{S} \frac{\partial F}{\partial y} \Delta x = \frac{\partial \sigma}{\partial y} \Delta y. \quad (2)$$

Эта разность напряжений вызовет движение элемента стержня массой  $m = Sp\Delta y$  вдоль оси  $y$  ( $p$  – плотность материала стержня). Используя соотношения (1) и (2), на основании второго закона Ньютона уравнение движения этого элемента можно записать в виде:

$$Sp\Delta y \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial y^2} \Delta y. \quad (3)$$

Обозначив  $E / p$  через  $c_a^2$ , выражение (3) запишем в следующем виде:

$$\frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial t^2} = c_a^2 \cdot \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial y^2}. \quad (4)$$

Это уравнение носит название **волнового уравнения [1]**. Оно описывает распространение продольных волн в стержне.

Параметр  $c_a$  в выражении (4) имеет смысл скорости распространения волны. В нашем случае  $\tau / \lambda \rightarrow 0$  скорость распространения упругой продольной волны стремится к величине

$$c_a \approx \sqrt{\frac{E}{p}}. \quad (5)$$

### Собственные колебания стержня

В случае гармонического возбуждения колебаний с частотой  $f$  продольная волна в тонком стержне может быть представлена в виде суперпозиций двух бегущих навстречу друг другу волн:

$$\varepsilon(y, t) = A_1 \sin(\omega t - ky + \alpha_1) + A_2 \sin(\omega t - ky + \alpha_2), \quad (6)$$

где  $\omega = 2\pi f$  - циклическая частота, коэффициент  $k = 2\pi/\lambda$  - пространственная частота. Первое слагаемое описывает волну, бегущую в положительном направлении по оси  $y$ , второе – в отрицательном. Скорость их распространения равна:

$$c_a = \omega/k. \quad (7)$$

Соотношения между амплитудами  $A_{1,2}$  и начальными фазами  $\alpha_{1,2}$ , а также возможные частоты колебаний  $\omega$  определяются граничными условиями на концах стержня.

Предположим, что при отражении волны от каждого из концов не происходит потеря энергии – в таком случае будут одинаковы амплитуды волн на каждом из концов:

$$A_1 \approx A_2. \quad (8)$$

В лабораторной работе концы стержня *не закреплены*, напряжение (1) в них должно быть равно нулю. Таким образом координаты концов стержня равны  $\gamma = 0$  и  $\gamma = L$ , запишем эти условия как

$$\left. \frac{\partial \varepsilon}{\partial \gamma} \right|_{\gamma=0} = \left. \frac{\partial \varepsilon}{\partial \gamma} \right|_{\gamma=L} = 0 \quad (9)$$

Соотношения (9) должны выполняться в произвольный момент времени [2].

Взять производную по  $\gamma$  от (6) в точке  $\gamma = 0$ , получим, что для справедливости (9) необходимо:

$$\alpha_1 = \alpha_2. \quad (10)$$

Таким образом, при отражении синусоидальной волны от свободного конца стержня, ее фаза не изменяется.

Теперь в уравнение (6) подставим условия (8) и (10) и формулу суммы синусов:

$$\varepsilon(\gamma, t) = 2A \cos(k\gamma) \sin(\omega t + \alpha). \quad (11)$$

Колебания вида (11) это гармоническая стоячая волна.

Подстановка второго условия (9) в (11) дает уравнение  $\sin(kL) = 0$ , которое определяет набор допустимых значений волновых чисел:

$$k_n L = \pi n, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (12)$$

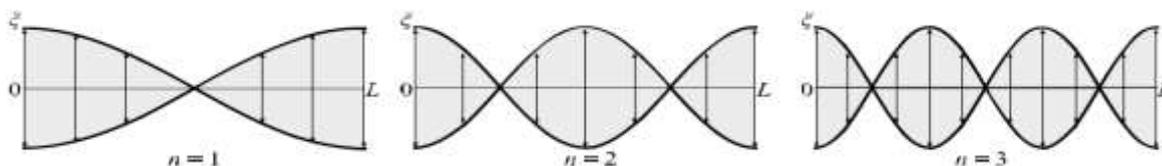
или выражая (12) через длину волны, получим

$$L = n\lambda_n / 2 \quad (13)$$

Таким образом, *на длине стержня должно укладываться целое число полуволн*. Допустимые значения частот:

$$\omega_n = k_n C_{ст} = \pi n C_{ст} / L, \quad \text{или} \quad f_n = n C_{ст} / 2L \quad (14)$$

называют собственными частотами колебаний стержня длиной  $L$ . Зависимость амплитуды смещения  $\xi$  от координаты  $x$  для собственных колебаний стержня с незакрепленными концами при  $n=1, 2, 3$  представлена на рис. 2



**Рисунок 2 – Собственные продольные колебания стержня с незакрепленными концами**

Заметим, что в реальной системе стоячая волна не может быть реализована в чистом виде: всегда существуют потери энергии, связанные, в том числе, с отражением волн на краях стержня ( $A_1 \neq A_2$ ). Поэтому для поддержания колебаний необходимо наличие некоторого стороннего возбудителя.

### **Библиографический список**

1. Кузнецов С.И. Электричество и магнетизм. Электромагнитные колебания и волны: Учеб, пособие. — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — 248 с.
2. Старжинский, В.М. Прикладные методы нелинейных колебаний / В.М. Старжинский. - Москва: СИНТЕГ, 2013. — 859 с.

УДК 53.06

### **МЕТОДЫ ПРЕПОДАВАНИЯ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

*Ковалев Владимир Петрович, доцент кафедры физики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева*

*Туркина Екатерина Александровна, ассистент кафедры физики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева*

***Аннотация:** В статье приводятся методы преподавания курса физики студентам. Описываются проблемы, с которыми сталкиваются учащиеся при усвоении предмета на практических и лабораторных занятиях. Приводятся методы преподавания.*

***Ключевые слова:** практические занятия, лабораторные занятия, проблемы усвоения материала, мотивация, методы преподавания.*

Дисциплина «Физика» является одной из основных базовых дисциплин в учебных планах инженерных направлений подготовки [1, 2, 3]. Целью преподавания является формирование теоретических знаний и практических навыков в области физики, необходимых для решения задач, возникающих в профессиональной деятельности.

Задачами дисциплины является изучение законов окружающего мира в их взаимосвязи; овладение фундаментальными принципами и методами решения научно-технических задач; формирование навыков по применению положений фундаментальной физики к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми обучающемуся придется сталкиваться при создании или использовании новой техники и новых технологий; освоение основных физических теорий, позволяющих описать явления в природе, и пределов применимости этих теорий для решения современных и перспективных профессиональных задач; формирование у обучающихся основ естественнонаучной картины мира; ознакомление обучающихся с историей и логикой развития физики и основных её открытий [4].

На кафедре физики РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева приходят учащиеся, у которых разные направления подготовки, а, следовательно, разные учебные планы. При этом учебные планы предполагают не только разное количество часов по предмету, но и разные сочетания форм занятий: лекции и практические занятия; лекции и лабораторно-практические занятия; лекции, практические и лабораторные занятия.

Первое лабораторно-практическое занятие или лабораторная работа знакомит студентов с техникой безопасности, методами расчёта погрешностей измерений, схемой защиты лабораторных работ, которая включает решение трех задач по теме лабораторной работы из сборника задач по курсу физики [5] и ответ на вопросы по теме лабораторной работы.

В начале практического занятия преподаватель кратко объясняет теорию, которую более расширенно проговорит с учащимися лектор на лекции. Учитывая небольшое количество аудиторных часов, которое как правило отводится на физику, студент также должен самостоятельно проработать довольно большой объем материала.

Первое практическое занятие крайне тяжело начинать непосредственно с разбора задачи. Предварительно необходимо выяснить у учащихся, какие понятия и законы, соответствующие условию задачи, знакомы ребятам, какие не знакомы. Для начала необходимо попросить попробовать решить задачу самим, работая вместе, помогая друг другу, используя любые доступные источники информации, задавая вопросы преподавателю. При этом преподаватель должен отследить наличие решебников, так как при их использовании студент не демонстрирует собственные знания и умения. В век современных информационных технологий сделать это крайне сложно, особенно в универсальных науках, к которым относится физика. При этом следует обговорить, что самостоятельная работа будет высоко оценена. Таким образом, разобрав задачу, студенты поймут тему будущей лекции.

Для выработки умений коллективной работы можно предложить студентам решить задачу сообща, обсуждая варианты решения.

Бывает так, что ввиду экономии бюджета времени, практические занятия в учебных планах отсутствуют, запланированы только лекции и лабораторные занятия.

Это создает дополнительные трудности для преподавателя, так как умение решать задачи - это неотъемлемая часть изучения курса физики.

В таких группах можно решать задачи во время защиты лабораторных работ под контролем преподавателя. Учащиеся могут решить задачу, обсуждая с преподавателем, а затем похожую решить самостоятельно.

Бывает так, что не запланированы лабораторные работы, запланированы только лекции и практические занятия. Тогда можно продемонстрировать на практических занятиях, физические явления, которые ребята изучают на лабораторных занятиях и попросить учащихся, наблюдающих явление, попробовать самим сформулировать и решить задачу, на основе наблюдений.

### Библиографический список

1. Коноплин, Н.А., Морозов, А.В., Попов, А.И., Прищеп, В.Л., Хусаинов, Ш.Г. Роль лабораторного физического эксперимента в формировании профессиональных компетенций бакалавров – агроинженеров / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов, А.И. Попов, В.Л. Прищеп, Ш.Г. Хусаинов // Казанский педагогический журнал. – 2018. – № 4. – С. 95-99.
2. Коноплин, Н.А., Морозов, А.В., Попов, А.И. Анализ физических параметров энергоэффективности агроинженерных систем / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов, А.И. Попов // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 2. – С. 47-53.
3. Коноплин, Н.А., Прищеп, В.Л. История, современное состояние и перспективы реализации различных уровней высшего образования укрупненной группы направлений 20.00.00 "Техносферная безопасность и природообустройство" по заочной форме обучения в РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева / Н.А. Коноплин, В.Л. Прищеп // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. – 2016. – № 9. – С. 25 - 29.
4. Винокурова, И. В. Физика: методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе для обучающихся по направлению Прикладная информатика профиль Прикладная информатика в экономике / АОНО ВО «Институт менеджмента, маркетинга и финансов»; сост. И.В. Винокурова. — Воронеж: АОНО ВО «ИММиФ», 2015. - 135 с.
5. Трофимова, Т. И. Сборник задач по курсу физики / Т. И. Трофимова. – Москва: АБРИС, 2013. – 403 с.

УДК 631.544

### ЯВЛЕНИЯ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В СИСТЕМАХ С ЗАКРЫТЫМ ГРУНТОМ

*Лазаренко Леонид Михайлович* доцент кафедры физики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

*Лазаренко Михаил Леонидович*, выпускник аспирантуры, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

*Левкин Иван Вячеславович*, ассистент кафедры физики ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева

**Аннотация:** Рассматриваются границы применения изоэнтропийного уравнения переноса по Ландау в системах обогрева тепличных конструкций закрытого грунта.

**Ключевые слова:** энтропия, уравнение переноса, турбулентная вязкость.

В изоэнтропийном уравнении Ландау [1] эффекты турбулентного теплопереноса не рассматриваются вообще, поскольку конкретные условия возникновения тензоров турбулентности почти всегда зависят от конструкционных

особенностей трубопроводов, например, шероховатости или гладкой стенки трубы, не говоря уже о твердотельных препятствиях, как, например, в нашем случае – наличие стоек с полками и горшками с семенным материалом.

Тем не менее, в крупномасштабных теплицах системы теплопередачи содержат многометровые трубопроводы с горячим носителем.

В идеальном случае (гладкая стенка) суммарный тензор напряжений может быть представлен как:

$$\sigma_{xy'} + \sigma_{xy''} = \eta \frac{\partial \vec{u}_x}{\partial y} + A \frac{\partial \vec{u}_x}{\partial y} = \text{const } \sigma_0 \quad (1)$$

где  $\sigma_{xy'}$  - тензор вязких напряжений,

$\sigma_{xy''}$  - тензор напряжений, обусловленный турбулентностью.

В выражении (1)  $\sigma_0$  - в конечном счете равна касательному напряжению у стенки;  $A$  - турбулентная вязкость. Физически  $\sigma_0$  равно силе, действующей на единицу площади стенки со стороны текущей жидкости, куда входит и сила трения испытываемая жидкостью со стороны стенки.

Достаточно давно Ландау Л. Д. выдвинул предположение о логарифмическом профиле скоростей при турбулентном движении:

$$U = \frac{v^*}{\chi} (\ln y + c) \quad (2)$$

где  $\chi$  - постоянная Кармана.

При малых  $y \rightarrow 0$  влияние вязкостей преобладает, на бесконечности (условной)  $y \rightarrow \infty$  выражение (2) стремится к бесконечности. Очевидно, что движение в вязком подслое не представляет практического интереса. Его наличие надо учесть при вычислении постоянной интегрирования в выражении (2), исходя из условий  $u \sim v^*$ ,  $y \sim y_0$ , для чего надо положить  $c = - \ln y_0$ , тогда выражение (2) примет вид:

$$u = \frac{v^*}{\chi} \cdot \ln \frac{y \cdot v^*}{\nu}.$$

В ранних работах Рейнольдса турбулентная вязкость, полученная полуэмпирическим путем была записана как

$$A = \rho \chi \cdot y \cdot v^* \quad (3)$$

Аналитическое выражение для функции турбулентной вязкости было получено Прандтлем [1].

Простейшие эксперименты показывают, что турбулентная вязкость  $A$  сильно зависит при удалении от стенки трубы, причем турбулентная вязкость  $A$  значительно превышает молекулярную вязкость.

Согласно Прандлю:

$$A = \rho \cdot l^2 \left[ \frac{\partial \vec{u}_x}{\partial y} \right] \quad (4)$$

где  $\rho$  - плотность среды,

$l$  - характеристический размер - длина турбулентного перемешивания.

Формулы Прандля не противоречит экспериментальному выражению Рейнольдса (3).

Формулы Прандтля и Рейнольдса можно переформатировать, приравняв оба выражения друг другу

$$A = \rho l^2 \left[ \frac{\partial v_x}{\partial y} \right] = \rho \chi \cdot y \cdot v^* \quad (5)$$

где  $l = \chi \cdot y$ ,  $\chi$  – численная константа определяемая из опыта.

Интегрируя выражение (5), получим среднюю скорость  $\bar{u}_x$  в единицах от  $v^*$  – средней скорости турбулентности:

$$\frac{\bar{u}_x}{v^*} = \frac{1}{\chi} \cdot \ln \frac{y \cdot v^*}{\nu} + C \quad (6)$$

Формулу (6) перепишем в более удобной форме, где постоянная интегрирования имеет вид:  $C = \alpha - \frac{1}{\chi} \cdot \ln \alpha - \frac{1}{\chi} \cdot \ln \frac{\nu}{v^*}$ .

Обозначим

$$C_1 = \alpha - \frac{1}{\chi} \cdot \ln \alpha \quad (7)$$

Коэффициенты  $\chi$ ,  $C_1$ ,  $\alpha$  были найдены из многочисленных экспериментов в частности Н. Никурадзе.

В гладких трубах  $\chi = 0,4$ ,  $C_1 = \alpha - \frac{1}{\chi} \cdot \ln \alpha = 5,5$ ;  $\alpha = 11,6$

Ввиду важности формулы (7) приведем графическую зависимость

$$\frac{u}{v^*} = f \left( \lg \frac{y \cdot v^*}{\nu} \right) \quad (8)$$

в очень широком диапазоне чисел Рейнольдса  $4 \cdot 10^3 \div 3,2 \cdot 10^6$  и диаметра труб.

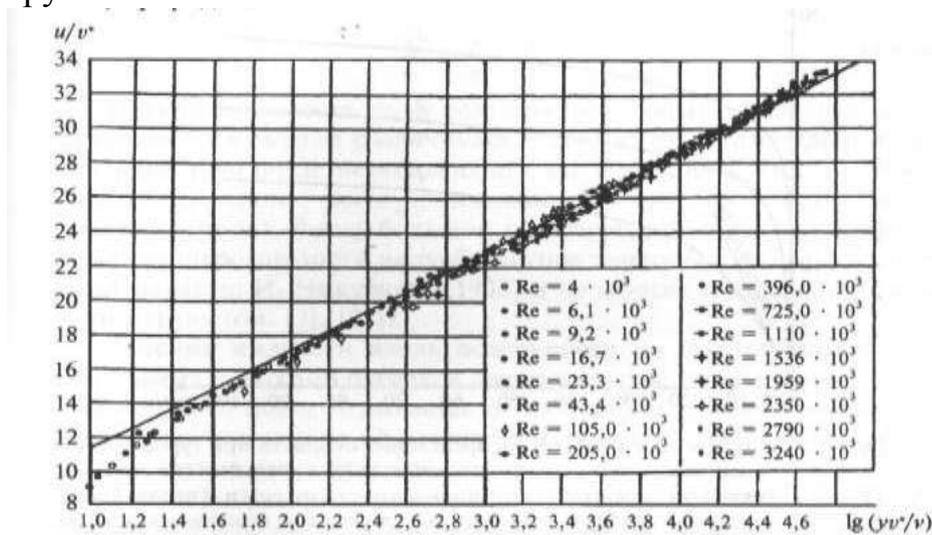


Рисунок 1 – Зависимости параметра  $\frac{u}{v^*}$  от  $\lg \frac{y \cdot v^*}{\nu}$

На графике (рисунок 1)  $U$  – средняя скорость в единицах  $v^*$ ;  $\frac{y \cdot v^*}{\nu}$  – безразмерное расстояние до гладкой стенки.

Многочисленные точки измерения  $u \equiv \bar{u}_x$  очень хорошо ложатся на прямую, приведенную на рисунке 1.

Полученное логарифмическое выражение для условия возникновения турбулентности в трубе круглого сечения, позволяет правильно подбирать (конструировать) электрическую мощность турбонагнетателей на границе возникновения турбулентности (когда мощность прокачки резко возрастет) [2].

Выводы, полученные в данной работе, могут быть рекомендованы к использованию в процессе научной работы магистров, аспирантов и бакалавров, обучающихся по инженерным направлениям подготовки, при проектировании систем закрытого грунта [3, 4].

### **Библиографический список**

1. Райзер, Ю.П. Введение в гидрогазодинамику и теорию ударных волн для физиков. Издательский дом ИНТЕЛЛЕКТ, Долгопрудный 2011 г.
2. Патент 160530, Российская Федерация, МПК АО1G 9/24 / М.Л. Лазаренко, В.Н. Пряхин, В.М. Максимов. Заявитель и патентообладатель ФБГ-БОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.
3. Коноплин, Н.А., Морозов, А.В., Попов, А.И., Прищеп, В.Л., Хусаинов, Ш.Г. Роль лабораторного физического эксперимента в формировании профессиональных компетенций бакалавров – агроинженеров / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов, А.И. Попов, В.Л. Прищеп, Ш.Г. Хусаинов // Казанский педагогический журнал. – 2018. – № 4. – С. 95-99.
4. Коноплин, Н.А., Прищеп, В.Л. История, современное состояние и перспективы реализации различных уровней высшего образования укрупненной группы направлений 20.00.00 "Техносферная безопасность и природообустройство" по заочной форме обучения в РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева / Н.А. Коноплин, В.Л. Прищеп // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. – 2016. – № 9. – С. 25 - 29.

УДК 681.5.08, 681.518.2, 681.518.5

### **ДИЭЛЬКОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Хусаинов Шаукат Габдулхакович, профессор кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Боднарь Олег Борисович, профессор кафедры физики, ФГАОУ ВО РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина*

*Аннотация: представлены результаты апробации метода экспресс-анализа концентрации, типа полярных присадок и методика оценки концентрации эфиров в моторных маслах.*

*Ключевые слова: диэлькометрический метод, смазочные материалы, физико-химические характеристики, время релаксации.*

Жидкие смазочные материалы – дисперсионная система, состоящая из неполярных (базовое масло, модификаторы вязкости) и полярных (дисперсанты, детергенты) диэлектриков. Диэлектрические параметры смазок зависят от проницаемости базового масла, концентрации и дипольного момента присадок [1], [2]:

$$a = \frac{n_s}{\varepsilon_0} \frac{p_0^2}{3kT} = \Delta\varepsilon \left(1 + \left(\frac{\operatorname{tg} \delta \cdot \varepsilon}{\Delta\varepsilon}\right)^2\right), \quad (1)$$

где  $a$  – безразмерный параметр,  $p_0$  – дипольный момент молекулы в отсутствие поля,  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – термодинамическая температура,  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная,  $\omega$  – циклическая частота сигнала,  $\Delta\varepsilon$  – приращение диэлектрической проницаемости по сравнению с базовым маслом,  $n_s$  – концентрация полярных присадок на обкладках конденсатора,  $\operatorname{tg} \delta$  – тангенс угла диэлектрических потерь,  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость системы.

Для новых масел известна величина  $n_s$ , значение параметра  $a$  позволяет рассчитать  $p_0$  и идентифицировать тип присадок. Для масел с пробегом при известном  $p_0$  величина параметра  $a$  определяет выработку ресурса (величину  $n_s$ ) [3]. Данные по расчету для нескольких типов моторных масел при температуре 300 К представлены в таблице 1.

Время релаксации  $\tau$  – время, в течение которого поверхностная плотность связанных зарядов уменьшается в  $e$  (основание натурального логарифма) раз при снятии напряжения с обкладок конденсатора. Время релаксации, как и вязкость, определяется силами межмолекулярного взаимодействия и температурой и может применяться для оценки вязкости смазочных материалов.

Экспериментальное значение времени релаксации при заданной частоте сигнала и температуре [2]:

$$\tau = \frac{\operatorname{tg} \delta \cdot \varepsilon}{\Delta\varepsilon \omega}. \quad (2)$$

Расчет времени релаксации при температуре 300 К для различных типов моторных масел представлен в таблице 1.

Таблица 1

**Диэлектрические параметры моторных масел**

Марка масла	$\omega$ (с <sup>-1</sup> )·10 <sup>3</sup>	$\Delta\varepsilon$	$\operatorname{tg} \delta \cdot 10^{-4}$	$\tau$ (с) · 10 <sup>-4</sup>	$a$
Лукойл 5W-40 минеральное	6.28	0.8	572	0.5	0.87
Тотал кварц 5W-40	5.65	1.1	740	0.45	1.2
M8B	6.91	0.14	190	0.6	0.16
M8B пробег 20000 км	6.91	0.08	134	0.84	0.09
Shell 5W-30	6.91	0.27	272	0.476	0.3
Shell 5W-30 пробег 7000 км	6.91	0.18	144	0.39	0.19

При добавлении эфиров время релаксации  $\tau$  моторных масел в области низких частот возрастает. Зависимость времени релаксации от концентрации эфира может быть представлена в виде градуировочной кривой и применяться для количественной оценки процентного содержания эфиров в моторном масле.

Использование диэлькометрии существенно уменьшает время анализа и снижает его себестоимость по сравнению с химическими и спектральными методами.

### Библиографический список

1. Поплавко, Ю.М. Физика диэлектриков / Ю.М. Поплавко. – Киев: Вища школа, 1980. – 398 с.

2. Анищенко, И.В. Методы и средства контроля эксплуатационных характеристик моторных масел / И.В. Анищенко, О.Б. Боднар, Ш.Г. Хусаинов. – Естественные и технические науки. – М., 2018. – №9. – С. 140 – 144.

3. Анищенко, И.В. Прибор контроля диэлектрических параметров моторных масел / И.В. Анищенко, В.А. Дидин, Ш.Г. Хусаинов. – Естественные и технические науки. – М., 2018. – №10. – С. 199 – 207

УДК 378.147.88:372.853

## РАЗНОУРОВНЕВЫЙ ПОДХОД В СОЧЕТАНИИ НАДПРЕДМЕТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ТРАЕКТОРИЯМИ И КОНВЕРГЕНТНОСТЬЮ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОЧНОМ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ В СЕЛЬХОЗВУЗАХ

*Рассказов Андрей Васильевич, старший преподаватель кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.*

**Аннотация:** Показана необходимость в сочетании на отдельном практическом занятии по дисциплине «Физика» в сельхозвузах надпредметной компетенции (работа в группе) с самосознательной работой (индивидуальная образовательная траектория) студента, Предложена математическая постановка задачи.

**Ключевые слова:** разноуровневый, надпредметные компетенции, малая группа, лабораторная работа, демонстрационный физический эксперимент, модель, разномасштабная фильтрация

Научное восприятие мира есть абстракция. На протяжении тысячелетий человечество обходилось без науки. Воспринимать мир научно совсем не естественно, а условно. По словам нашего соотечественника, философа М.К. Мамардашвили – «Предполагается, что мы можем познавать мир в той мере, в какой способны стихийным воздействиям мира на человека («впечатлениям») поставить в соответствие их эквиваленты – рефлексивно ухваченные образования сознания. Эти эквиваленты могут сообщаться в процессе обучения другим людям (что уже характеризует знание как форму общения)».

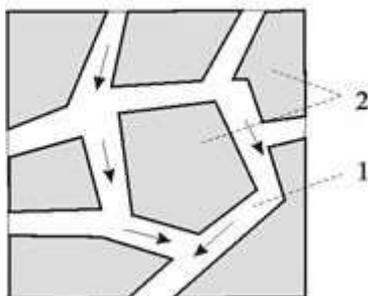
Но процесс познания не сводится только к самосознательной работе обучающегося. Как впервые подметил К. Маркс, в человеческой деятельности есть нечто, что порождает образования сознания, не связанные с тем, как отдельный человек ее осознает и ухватывает через сознание.

Поэтому, исходя из «первых принципов» и из необходимости сочетать профессиональные и надпредметные компетенции (выражаясь языком ФГОС), в частности, умение осуществлять совместную проектную деятельность, важнейшей формой обучения на аудиторных занятиях является работа студентов в малых группах. С учетом небольшого числа часов, отведенных для изучения дисциплины «Физика» бакалаврами сельхозвузов ( в частности, по профилю «Агрономия» 35.03.04) возросла роль физического эксперимента [1].

Наш опыт показывает, что хорошие результаты дает организация аудиторного занятия таким образом, чтобы выполнение лабораторных работ шло в малых группах студентов , а на уровне всей группы проводятся демонстрационные физические эксперименты, иллюстрирующие и разъясняющие наиболее трудные места теории [2,3]. Например, перед допуском студентов к выполнению лабораторных работ «Маятник Обербека», «Маятник Максвелла», «Скатывание тел различной формы с наклонной плоскости», или перед началом защиты этих лабораторных работ, мы демонстрируем опыты со скамьей Жуковского, опыты с велосипедным колесом, центробежной машиной и гироскопом.

На рисунке1 показана информационная модель такой организации занятия, где темные блоки (2) – малые группы студентов, объединенные общей лабораторной работой, светлые полосы (1) – каналы обмена информацией между преподавателем и группами студентов. Обмен информацией студент – группа подобен обмену группа преподаватель, отличаясь масштабом характерного времени обмена (усвоения).

Используя математическую модель Г.И. Барренблатта, предложенную для описания фильтрации флюида в трещиновато-пористой среде, авторы предполагают, набрав достаточно опытных данных по объему входных знаний студентов, набранных самостоятельно и при внеаудиторной работе, по оценке скорости обмена информацией (усвоение информации) на каждом уровне, оценить «остаточные» знания студентов обучавшихся дисциплине «Физика» на традиционных практических занятиях и на занятиях с разноуровневым подходом.



**Рисунок 1 - Разномасштабная фильтрация знаний.**

**Уровень обмена информацией: 1.преподаватель – малая группа, 2. Малая группа – студент.**

### Библиографический список

1. Коноплин, Н.А. Роль лабораторного физического эксперимента в формировании профессиональных компетенций бакалавров-агроинженеров / Н.А. Коноплин, А.В. Морозов, А.И. Попов, В.Л. Прищеп, Ш.Г. Хусаинов // Казанский педагогический журнал.- №4.- 2018.- с.95-98.

2. Левкин, И.В. Некоторые аспекты организации и проведения лабораторных работ по физике для студентов-бакалавров с применением интерактивных технологий / И.В. Левкин, А.В. Рассказов, Ш.Г. Хусаинов // Казанский педагогический журнал.-№5.- 2018.- с.132-135.

3. Левкин, И.В. Применение мультимедийной модели демонстрации физических закономерностей в образовательном процессе / И.В. Левкин, А.В. Рассказов, Ш.Г. Хусаинов // Доклады ТСХА: Сборник статей.- Вып. 291, ч.3.- 2019.- с.389-392.

УДК 614.8.086

### КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ КАК ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ РИСКОВ В РАБОТЕ МЕХАНИЗАТОРОВ

*Широков Юрий Александрович, профессор кафедры охраны труда  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* проведен анализ необходимых мероприятий для реализации в с.х. предприятиях межгосударственного стандарта "Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ" при появлении в сельском хозяйстве новых вызовов вследствие компьютеризации машинно-тракторных агрегатов.

*Ключевые слова:* тракторист-машинист, машинно-тракторный агрегат, компьютеризация, риск, оценка.

В Российской Федерации с 01 июня 2019 года вступил в действие межгосударственный стандарт системы управления охраной труда ГОСТ 12.0.230.5—2018 "Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ". Как отмечено в этом обязательном для всех отраслей документе, реализация производственных процессов и трудовых операций, неразрывно связанная с опасными и вредными производственными факторами и иными опасностями, принципиально не может быть абсолютно безопасной для работающего, поскольку практически всегда существует случайная возможность возникновения ситуации, когда воздействие опасностей на организм работающего становится неотвратимым. Это в полной мере касается и работы трактористов машинистов в постоянно изменяющихся полевых, дорожных и климатических условиях.

Причины производственного травматизма и профзаболеваний трактористов - машинистов сельского хозяйства делятся на пять основных групп: личностные, организационные, экономические, технические, санитарно-

гигиенические. Снижение травматизма и профзаболеваний возможно только при устранении всех перечисленных причин и соблюдении всех требований правил охраны труда и требований по безопасному производству работ [1]. В соответствии с вновь принятым стандартом предприятия сельского хозяйства должны начать создание системы управления охраной труда, базирующейся на риск-ориентированном подходе и требованиях национального законодательства, с исходного анализа условий своего функционирования, включая анализ своей производственной деятельности, применяемых ею производственных и трудовых процессов, порождающих опасности и риски. После проведения исходного анализа условий функционирования организация осуществляет идентификацию опасностей. Документированные результаты идентификации опасностей используются в качестве сходных данных для оценки риска и выработки мер по управлению рисками, профилактики производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, улучшения условий труда и совершенствования системы управления охраной труда предприятия или агрохолдинга.

Требования к процедурам проведения исходного анализа условий функционирования организации. к основным приемам, методам и процедурам идентификации опасностей приведены в ГОСТ 12.0.230.4. В связи с предстоящим увеличением пенсионного возраста механизаторов следует иметь в виду, что после 50-ти лет обычно наблюдается снижение внимания и памяти, а уже к 65-ти годам память снижается не менее чем у 80% людей.

Нарушение внимания и памяти у механизаторов - путь к росту производственного травматизма и несчастных случаев.

Примечательно, что пожилые люди в возрасте 60 лет и старше относятся к группе максимального риска как по вероятности получения несовместимых с жизнью травм, так и по частоте травм, требующих госпитализации.

Уровень смертности вследствие травм среди лиц в возрасте 60 лет и старше составляет 113 случаев на 100 тыс. населения, что более чем в два раза превышает соответствующий показатель для всех остальных групп вместе взятых.

При внедрении совершенной техники следует ожидать появления и совершенно новых, неожиданных угроз для здоровья механизаторов.

Так, довольно часто у механизаторов начала встречаться простуда от кондиционера. Это связано с тем, что очень часто механизатору приходится покидать кабину, в которой температура 16 градусов и выходить в поле для регулировки, очистки рабочих органов, заправки опрыскивателей и т.п.

При возвращении в кабину трактора и происходит резкое переохлаждение организма с последующей болезнью. Течение подобной простуды очень сходное с обычным вирусным простудным заболеванием, но у него есть и свои особенности.

Необходимо обязательно обучить механизаторов правилам пользования кондиционерами и контролировать использование кондиционеров, чтобы не навредить своему здоровью и самочувствию.

При этом значительна вероятность и проявления такого заболевания, как легионеллез.

Причиной данного заболевания являются также кондиционеры, в которых постоянно накапливается водный конденсат в смеси с органической пылью, которой в полевых условиях достаточно много, и в нем могут развиваться бактерии легионеллы.

Выход- контроль за регулярной очисткой воздухопроводов кондиционера, своевременная замена фильтров, применение угольных и бактерицидных фильтров [2].

Кроме того, уже ставшие привычными системы спутникового вождения позволяют работать в ночное время, что стимулирует желание работодателей на максимальное использование техники и сокращение за счет этого периодов пиковых работ, чтобы успеть сохранить влагу при весеннем севе, предотвратить осыпание зерна в период уборки урожая и уложиться в оптимальные сроки при севе озимых. Но при этом возрастают угрозы для механизаторов вследствие сбоя личных биоритмов. А это опять утомляемость и нарушение внимания.

Характер работы механизаторов в комфортных условиях с применением спутникового вождения и компьютеризацией процессов управления машинно-тракторным или уборочным агрегатом приближается к характеру труда работников непромышленной сферы, труд которых характеризуется длительным однообразным напряженным положением, малой двигательной активностью при значительных зрительных нагрузках.

Поэтому можно прогнозировать у механизаторов появление новых видов профессиональных заболеваний, схожих с теми, что уже выявляются у перечисленных выше работников непромышленной сферы.

Это способствует развитию атеросклероза, ожирения, может стать причиной дистрофии миокарда, хронической головной боли, головокружения, бессонницы. А это опять риск роста ошибок и несчастных случаев.

Кроме того, уже ставшие привычными системы спутникового вождения позволяют работать в ночное время, что стимулирует желание работодателей на максимальное использование техники и сокращение за счет этого периодов пиковых работ, чтобы успеть сохранить влагу при весеннем севе, предотвратить осыпание зерна в период уборки урожая и уложиться в оптимальные сроки при севе озимых. Но при этом возрастают угрозы для механизаторов вследствие сбоя личных биоритмов, что приводит к повышенной утомляемости и нарушению внимания.

На основном этапе работ по оценке риска для каждого рабочего места и каждого вида выполняемых работ организация сначала должна выявить все ситуационные риски. Анализу подвергаются штатные, нештатные, опасные и аварийные ситуации, в том числе потенциально возможные.

Затем организация выявляет риски воздействия идентифицированных опасностей на организм работающего при всех возможных вышеназванных ситуациях, а также на различных этапах выполнения рабочих операций.

Если учесть перечисленные выше новые вызовы, то, в соответствии с ГОСТ 12.0.230.5—2018 предприятие АПК должно получить:

а) максимально объективную информацию о состоянии условий труда, имеющихся опасностях и рисках их воздействия на работающих;

б) упорядоченные перечни рисков, ранжированные по степени риска, позволяющие выявить наиболее уязвимые моменты обеспечения безопасности труда, выработать меры по управлению рисками и надежному обеспечению безопасности труда работающих;

в) максимально подробную информацию для принятия обоснованных решений по управлению рисками и позволяющую разработать и внедрить предупредительные и регулирующие меры по защите работающих от рисков в порядке приоритетности, установленном п. 4.10.1.1 ГОСТ 12.0.230.

### **Библиографический список**

1. Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. Актуальные проблемы охраны труда в современном сельском хозяйстве. // В книге: Прикладные, поисковые и фундаментальные социально-экономические исследования: интеграция науки и практики. Абашева О.Ю., Бабина Е.Н., Бондаренко Г.В. и др. Самара, - 2018, - 57-72.

2. Широков Ю.А., Анализ ожидаемых проблем с охраной труда механизаторов при переходе на современную технику. // В сборнике: Сборник статей по итогам II международной научно-практической конференции "ГОРЯЧКИНСКИЕ ЧТЕНИЯ", посвященной 150-летию со дня рождения академика В.П. Горячкина, 2019.- С. 166-170

УДК 614.8.086

## **ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ СОРТИРОВОЧНОГО УЧАСТКА МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Рыжкова Надежда Сергеевна* доцент кафедры охраны труда ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

*Аннотация:* в статье рассмотрены особенности условий труда работников сортировочного участка мусороперерабатывающего завода и предложены методы улучшения условий их труда. А также ситуация с переработкой отходов в нашей стране.

*Ключевые слова:* переработка отходов, условия труда, сортировка отходов, здоровье работников.

По данным Росприроднадзора, российские свалки занимают 4 миллиона гектаров. Это равно площади Нидерландов или Швейцарии. Территория, занятая мусором, увеличивается на 400 тысяч гектаров ежегодно.

Мусор в привычном понимании, который коммунальные службы вывозят на свалки или специальные перерабатывающие заводы, называют твердыми

бытовыми отходами (ТБО) и твердыми коммунальными отходами (ТКО). В России ежегодно образуется около 60 млн тонн таких отходов. Количество бытового мусора тоже растет: за двадцать лет производство ТКО выросло вдвое. В Росприроднадзоре говорят, что это связано с активным использованием упаковочных материалов: полиэтилена, пластика, бумаги. Правда, какую долю в общем объеме мусора занимает упаковка, точно не известно.

Среднестатистический россиянин производит в год около двух кубометров мусора — примерно 400 кг. Это около 1,1 кг в день. Большую часть бытового мусора в России вывозят на свалки. Сейчас в стране насчитывается около 15 тысяч легальных свалок. По данным Министерства природных ресурсов, перерабатывают только 8% отходов. Из них доля различных фракций отходов, подвергающихся переработке, представлена на рисунке 1.

Например, ежегодно на свалки отправляется 9 млн. тонн макулатуры, 2 млн. тонн пластика и 0,5 млн. тонн стекла — все это могло бы перерабатываться.

С 1 января 2019, согласно распоряжению правительства N 1589-р, запрещено захоранивать без предварительной сортировки 42 вида отходов, включая бумажные, стеклянные отходы, шины, а также различную полиэтиленовую тару.

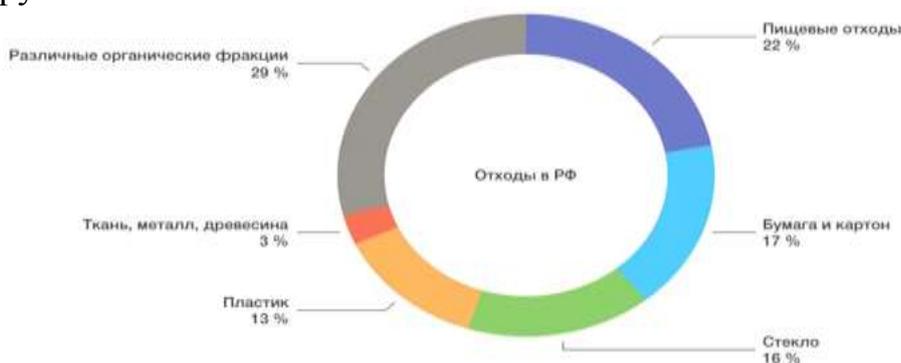


Рисунок 1 - Доля отходов, подвергающихся переработке в России.

Поэтому отходы, которые не были отсортированы гражданами, поступают на специальные сортировочные комплексы. На этих заводах мусор проходит через сложную систему ручных и автоматических сепараторов, выделяющих сырье, подходящее для переработки.

Мусоросортировочные комплексы предназначены для переработки твердого бытового мусора и крупногабаритных отходов. Они включают в себя несколько технологических станций, через которые проходит мусор.

Сама переработка проходит в несколько этапов. Сначала мусоровозы проходят автоматический радиационный контроль и взвешивание. Следом — сортировка отходов. Мусоровозы разгружаются в приемном отделении цеха сортировки, где из отходов отделяют крупные предметы для последующего дробления. После этого все попадает на специальную ленту с установленными разрывателями пакетов. Далее они поступают на подающие конвейеры, где и начинается сортировка. Разделяют мусор на четыре фракции: бумага, пластик, стекло, металл [4].

Этот этап сортировки отходов осуществляется вручную. И происходит следующим образом: отходы движутся по конвейерной ленте, работники выбирают из этой массы определенный вид отходов. Каждый выбирает что-то свое или бумагу, или пластик или металл или стекло. Какие факторы влияют на этот рабочий процесс?

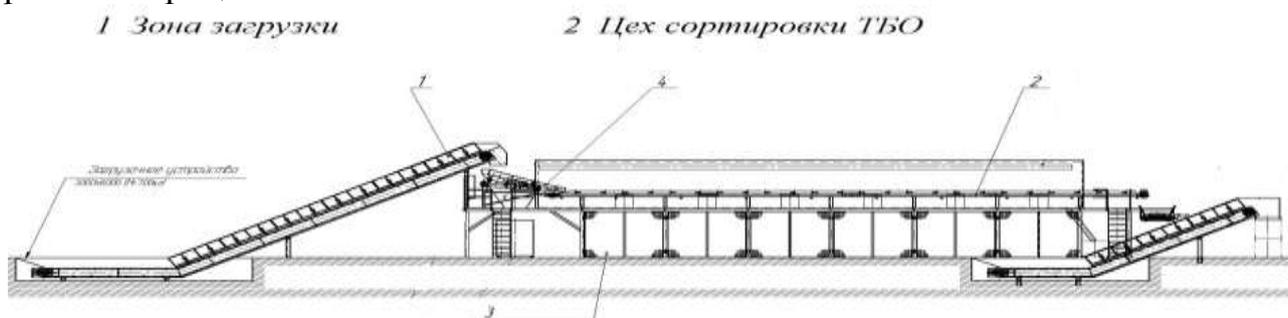


Рисунок 2 - Схема участка сортировки мусора:

1 – транспортер, 2 – конвейер, 3- пакеты с отсортированным сырьем, 4 – поступление отходов на конвейерную ленту.

Основными опасными производственными факторами при выполнении работ могут быть:

- пониженная и повышенная температура воздуха в производственных помещениях и сооружениях;
- движущиеся подвижные части машин и механизмов, производственного оборудования;
- повышенная запыленность воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- физические перегрузки;
- падающие предметы и инструменты;
- образование взрыво- пожароопасных смесей газов от отходов;
- опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- повышенная влажность воздуха;— патогенные микроорганизмы при контакте с отходами (бактерии, вирусы, простейшие).
- неприятный запах [5].

Особенности труда, связанного с работой за конвейером:

- монотонность труда и однообразие, перенапряжение отдельных групп мышц, что приводит к быстрому утомлению;
- простота выполняемых операций приводит к «профессиональной скуке», нежеланию работать, чувству неудовлетворения своим трудом, у работника нет возможности развиваться в профессии;
- сложно всем работникам работать с заданным темпом движения конвейерной ленты, для кого-то слишком медленно, для кого-то слишком быстро;
- необходимость смотреть на движущуюся конвейерную ленту приводит к нарушению работы вестибулярного аппарата, головокружению.

Известно, что отсутствие необходимых мероприятий по улучшению условий труда приводит к развитию профессиональных заболеваний и произ-

водственному травматизму, поэтому проведение данных мер является необходимым [1-3].

Мероприятия и меры по улучшению условий труда:

- обязательно проведение обеззараживания рабочего помещения;
- поддержание необходимых параметров микроклимата: температуры влажности;
- работа принудительной вентиляции для удаления неприятных запахов;
- использование средств индивидуальной защиты (костюм хлопчатобумажный, рукавицы комбинированные, респиратор).

Для улучшения условий труда, связанных с работой за конвейером:

- введение научно обоснованных регламентированных перерывов на активный отдых в соединении с гимнастикой в начале смены и кратковременных физкультурных пауз через 1-2 ч работы;
- периодическая перемена деятельности путем смены выполняемых операций с ежесменным, а в некоторых случаях и внутрисменным чередованием рабочих мест на конвейере;
- изменение скорости движения конвейера в соответствии с характером кривой работоспособности большинства рабочих (например, наращивание скорости в первый час работы, поддержание ее в течение 1,5 - 2 ч и постепенное снижение к концу каждой полусмены);
- физиологическая рационализация рабочего места с целью обеспечения удобной и не вызывающей дополнительного утомления рабочей позы, уменьшения числа рабочих движений и обеспечения безопасности труда с устранением возможности травматизма.

Проведение этих мероприятий снизит негативные моменты, связанные с работой на сортировочном участке мусороперерабатывающего предприятия.

### **Библиографический список**

1. Ивакина Е.Г. Тихненко В.Г. Имамзаде А.И. Анализ условий труда и производственного травматизма по видам экономической деятельности // Международный технико-экономический журнал № 4, 2018. С. 116-123.
2. Квачантирадзе Э.П. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: теория и практика. Микроклимат. Учебное пособие. Москва, 2016.
3. Ковриго О.В. Улучшение качества охраны труда на предприятиях агропромышленного комплекса // Доклады ТСХА. Сборник статей 2019. С. 314-318.
4. Рязанов А.В., Завершинский А.Н., Можаров А.В. Анализ эффективности работы предприятия по сортировке и утилизации твердых бытовых отходов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 3-2 (45). С. 110-111.
5. Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. Актуальные проблемы охраны труда в современном сельском хозяйстве. В книге: Прикладные, поисковые и фундаментальные социально-экономические исследования: интеграция науки и практики. Самара, 2018. С. 57-72.

## **ВРЕДНЫЕ И ОПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ В РАБОТЕ СВАРЩИКА**

*Рыжкова Надежда Сергеевна* доцент кафедры охраны труда ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

**Аннотация:** в статье рассмотрены вредные и опасные производственные факторы в работе сварщика: влияние вредных газов, входящих в состав сварочного аэрозоля, статические и динамические нагрузки, опасности, связанные с вероятностью взрывов и другие. А также профессиональные заболевания сварщиков и предложены методы улучшения условий труда.

**Ключевые слова:** сварочный аэрозоль, статические нагрузки, динамические нагрузки, профессиональные заболевания.

Ни один вид деятельности не может обеспечить абсолютную безопасность для человека, а производственная деятельность тем более. Непосредственной причиной травмирования всегда является воздействие на работника опасного производственного фактора (электрический ток, движущиеся части машин и механизмов, оборудование, работающее под давлением, и т. д.). Возникновение конкретной производственной травмы зависит от условий труда, организации рабочего места, психофизиологических особенностей работника и т. д. [1, 5]

Условия труда при сварке и родственных технологиях сопровождаются комплексом опасных и вредных производственных факторов (табл.).

Наиболее характерным вредным фактором практически для всех способов дуговой, электрошлаковой, контактной и газовой сварки, плазменных технологий и пайки является образование и поступление в воздух рабочей зоны сварочных аэрозолей (СА), содержащих токсические вещества. Длительное воздействие на организм сварщиков этих аэрозолей может привести к возникновению таких профессиональных заболеваний, как пневмококкиоз, хронический бронхит, интоксикация металлами и газами [4]. У сварщиков с патологией бронхолегочной системы высока также распространенность сопутствующих заболеваний центральной нервной системы, желудка и поджелудочной железы, миокарда, а также артериальной гипертонии [2]. Дуговая сварка, за исключением сварки под флюсом, сопровождается оптическим излучением в ультрафиолетовом, видимом и инфракрасном диапазонах, многократно превышающем физиологически переносимую глазом человека величину. Интенсивность оптического излучения сварочной дуги и его спектральные характеристики зависят от мощности дуги, способа сварки, вида сварочных материалов, защитных и плазмообразующих газов. При отсутствии средств индивидуальной защиты возможны поражения органов зрения (электроофтальмия, конъюнктивит, катаракта) и кожных покровов (ожоги и т. п.). Интенсивность инфракрасного (теплого) излучения от свариваемых изделий и сварочной ванны определяется температурой изделий, их габаритами

и конструкцией, а также температурой и размерами сварочной ванны. При отсутствии средств индивидуальной защиты воздействие теплового излучения интенсивностью, превышающей допустимые уровни, может привести к нарушениям терморегуляции, тепловому удару. Контакт с нагретым металлом может вызвать ожоги.

Напряженность электромагнитных полей зависит от конструкции и мощности сварочного оборудования, конфигурации свариваемых изделий. Характер их влияния на организм определяется уровнем и длительностью воздействия. Как правило, для ручной дуговой сварки напряженность магнитного поля незначительна (до 300 А/м), при контактной стыковой сварке изделий больших толщин—достигает более высоких значений, однако не превышает предельно допустимых уровней.

Шум на рабочих местах при дуговой сварке является фактором умеренной интенсивности. Источники шума — сварочная дуга, источники питания, плазмотроны, пневмоприводы. Уровень шума от сварочной дуги определяют стабильностью ее горения. Поэтому при сварке покрытыми электродами и другими сварочными материалами, в составе которых присутствуют элементы—стабилизаторы дуги, уровень шума не превышает допустимые уровни звукового давления. При сварке в углекислом газе, особенно проволокой сплошного сечения, которая не отличается высокой стабильностью горения дуги, уровни звукового давления в зависимости от режима сварки могут быть на 4-25 дБ(А) больше допустимых значений [3]. При использовании плазменных технологий и контактной сварки уровни шума существенно (на 42-55 дБ(А)) превышают допустимые. Кроме того, плазмотроны, применяемые в оборудовании для сварки, резки и металлизации, являются источниками повышенного уровня ультразвука.

Разбрызгивание металла при сварке — также следствие нестабильного горения дуги: при сварке в углекислом газе проволокой сплошного сечения оно достигает 15%, существенно меньше при использовании покрытых электродов и порошковых проволок и отсутствует совсем при сварке под флюсом. Брызги, искры и выбросы расплавленного металла и шлака при отсутствии средств защиты являются причиной ожогов кожных покровов, травмирования органов зрения, а также повышают опасность возникновения пожаров.

Опасным для жизни человека считают напряжение более 42 В переменного и 110 В постоянного токов для помещений сварочных цехов и 12 В для особо опасных условий (сырые помещения, замкнутые металлические объемы и т. п.). Однако эти значения напряжения являются довольно условными, поскольку опасность поражения электрическим током существенно зависит от индивидуальных особенностей организма и окружающих условий. Наличие даже малых количеств алкоголя в крови резко снижает электрическое сопротивление тела человека. Мокрая или потная кожа имеет во много раз большую электропроводность, повышая тем самым опасность поражения током.

Статические и динамические физические нагрузки у сварщиков при ручной и полуавтоматической сварке вызывают напряжение нервной и костно-

мышечной систем организма. Статические нагрузки зависят от массы сварочного инструмента (электрододержателя, шлангового держателя полуавтомата), гибкости шлангов и проводов, длительности непрерывной работы и поддержания рабочей позы (стоя, сидя, полусидя, стоя на коленях, лежа на спине). Наибольшие физические нагрузки ощущаются при сварке в потолочном положении полусидя или стоя, а также при работе в труднодоступных местах лежа на спине.

Динамическое перенапряжение связано с выполнением тяжелых вспомогательных работ: доставка на рабочее место заготовок, сварочных материалов, подъем и переноска приспособлений, поворот свариваемых узлов.

Такие нагрузки приводят к утомляемости сварщиков и ухудшению качества сварных швов [3].

Следует отметить, что кроме указанных в таблице опасных и вредных факторов, при электродуговых процессах отмечается ионизация воздуха рабочей зоны с образованием ионов обеих полярностей. Причиной этого являются электрическая и термическая ионизация в результате электродугового процесса, а также воздействие ультрафиолетового излучения дуги на воздух. Повышенная или пониженная концентрация отрицательно или положительно заряженных ионов в воздухе рабочей зоны также может оказывать неблагоприятное действие на самочувствие и здоровье работающих.

При дуговой сварке в защитных газах, при газовой сварке и резке дополнительно появляются опасные факторы (системы, находящиеся под давлением — баллоны с кислородом, ацетиленом, ацетиленовые генераторы и т. п.), которые могут быть причиной взрывов и пожаров.

Таким образом, для сохранения здоровья сварщиков необходимо существенное улучшение условий их труда.

Это может быть достигнуто внедрением в серийное производство новых высокоэффективных средств местной вентиляции с системами очистки воздуха от сварочных аэрозолей, новых видов средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), зрения, лица и головы, а также спецодежды сварщиков.

Эффективность общеобменной вентиляции по снижению содержания вредных веществ в зоне дыхания рабочих до норм ПДК чрезвычайно мала.

Рациональным путем удаления сварочных аэрозолей является применение вытяжных устройств, устанавливаемых на минимальном расстоянии от сварочной дуги, работающих в сочетании с фильтровентиляционными агрегатами, а также использование горелок со встроенными отсосами.

Опыт зарубежных стран показывает, что наиболее эффективными средствами защиты сварщиков являются различные системы местной вентиляции, а в тех случаях, когда их применение недостаточно эффективно или затруднено, использование средств индивидуальной защиты органов дыхания, в частности шланговых и автономных изолирующих защитных масок сварщика и респираторов.

## Опасные и вредные факторы при сварке и родственных процессах

Способ сварки	Сварочные аэрозоли	Излучение сварочной дуги в оптической области			Магнитные поля	Шум	Ультразвук	Искры, брызги, выбросы расплавленного металла	Повышенная температура оборудования, материалов, воздуха	Опасный уровень напряжения электрической цепи	Физические перегрузки	Психические перегрузки
		••	••	•••								
Ручная дуговая сварка покрытым электродом	••	••	••	•••	•	•	•	••	••	••	•	••
Дуговая сварка порошковой проволокой	••	••	••	•••	•	•	•	••	••	••	••	••
Дуговая сварка под флюсом: Полуавтоматическая	••	-	-	•	•	•	-	-	••	••	••	••
Автоматическая	••	-	-	•	•	•	-	-	••	-	-	-
Дуговая сварка в защитных газах Ручная полуавтоматическая и автоматическая	••	••	••	••	•	•	-	••	••	••	••	••
	••	••	••	••	•	•Δ	-	••	••	-	-	-
Лазерная сварка, резка и металлization:												
Ручная и полуавтоматическая и автоматическая	••	••	••	••	•	••	••	••	••	••	••	•
	••	••	••	••	•	••	••	••	••	-	-	-
Электрошлаковая сварка и переплавка	••	•	•	••	•	•	-	••ΔΔ	••	-	-	-
Газовая сварка и резка	••	•	••	••	-	••	-	••	••	-	••	•

Примечание: • - умеренный фактор, •• - интенсивный фактор, - отсутствие или незначительная интенсивность фактора, Δ - при сварке в углекислом газе шум, создаваемый дугой может превышать допустимые нормы, ΔΔ - наблюдаемый в начале процесса и в случае его нарушения.

### Библиографический список

6. Ивакина Е.Г. Тихненко В.Г. Имамзаде А.И. Анализ условий труда и производственного травматизма по видам экономической деятельности // Международный технико-экономический журнал № 4, 2018. С. 116-123.
7. Трушкова Е.А., Ладная Е.В. Особенности профессиональных заболеваний электросварщиков при выполнении сварочных работ на производстве // Молодой ученый. 2016. №18-1(122). С. 25-27.
8. Финоченко Т.А., Соколова Г.Н., Гребенникова С.О. Идентификация вредных и опасных производственных факторов рабочего мест сварщика // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2018. №2(60). С. 239-246.
9. Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. Актуальные проблемы охраны труда в современном сельском хозяйстве. В книге: Прикладные, поисковые и фундаментальные социально-экономические исследования: интеграция науки и практики. Самара, 2018. С. 57-72.
10. Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. Факторы риска для здоровья работников в закрытых помещениях сельскохозяйственного производства // Доклады ТСХА. Материалы международной научной конференции. 2018. С. 258-262.

УДК 63-057.2

### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАДРОВОГО И ФИНАНСОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОХРАНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В АПК НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

*Широков Юрий Александрович., профессор кафедры охраны труда  
и труда ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Смирнов Георгий Николаевич, зав.кафедрой охраны труда, труда  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* Даны рекомендации по повышению качества подготовки специалистов сельского хозяйства по охране труда, насыщению отрасли специалистами по техносферной безопасности, увеличению финансирования мероприятий по охране и безопасности труда.

*Ключевые слова:* охрана труда, производственный травматизм, кадры, финансирование.

До настоящего времени ситуация с охраной труда во всех отраслях экономики РФ остается очень тяжелой. По числу несчастных случаев на производстве Российские предприятия далеко опередили европейских и азиатских конкурентов и партнеров.

На производстве ежегодно гибнет до 1,5 тысячи человек, почти 5 тысяч человек получают травмы с тяжелыми последствиями. Согласно официальной информации Росстата на конец 2016 года на вредном (опасном) производстве работало более 38% населения от общей численности занятых работников в экономической сфере РФ. Этот показатель вырос на 7,5 пунктов по сравнению с 2015 годом. Темп прироста почти на 8,5 пунктов наблюдался и в сфере занятых на тяжелых работах — в 2016 году этот показатель составил 17,9%. Снижился лишь показатель деятельности, связанный с напряженностью трудового процесса — с 7,4 до 6,1%.

В таблице представлена численность работников, занятых на производстве по отдельным отраслям экономической деятельности за рассматриваемый период.

Таблица

**Доля работающих во вредных (опасных) условиях труда в 2014-2016 гг.** (Источник: Росстат)

Отрасль	Лица, работающие								
	на вредном производстве, %			в тяжелых условиях, %			в напряженных трудовых условиях, %		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
С/х, охота	—	29,6	30,8	—	14,3	15,9	—	6,1	5,7
Добыча полезных ископаемых	57,1	56,5	55,6	29,8	30,9	33,1	14,6	11,2	7,5
Строительство	35,6	37,4	37,9	18,8	20,1	21,5	7,8	7,3	7,3
Обрабатывающие производства	41,1	42,2	42,2	14,6	16,3	18,3	5,0	4,0	3,2
Транспорт	33,9	41,0	39,3	12,8	16,6	17,5	13,9	15,7	14,9
Сфера э/э, воды, газа	39,2	37,6	35,0	13,1	14,1	14,3	7,8	6,1	4,5
Всего	—	35,8	38,5	—	16,5	17,9	—	7,4	6,1

Сельское хозяйство входит в тройку «лидеров» по тяжелым несчастным случаям, в т.ч. со смертельным исходом (примерно в 1,7 раза больше, чем в среднем по стране, а женщины в животноводстве гибнут в 2,5 раза чаще, чем в других отраслях экономики).

Анализ структуры причин несчастных случаев показывает, что на первом месте — неудовлетворительная организация производства работ. Значительное число несчастных случаев связано с нарушениями работниками трудового рас-

порядка, недостатками в организации и проведении подготовки работников по охране труда (Рис.1).

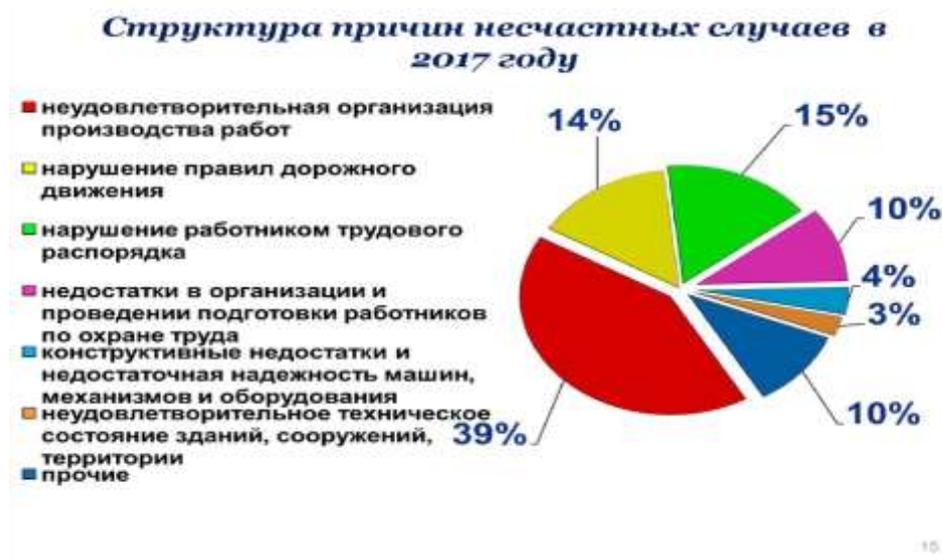


Рисунок 1 - Структура причин несчастных случаев в 2017г.( источник - Роструд).

Чтобы повысить уровень работ по охране труда, на сельскохозяйственных предприятиях прежде всего необходимо наладить: трехступенчатую систему контроля за охраной и безопасностью труда. То, что стало нормой на многих промышленных предприятиях, пока плохо приживается в сельскохозяйственном производстве.

При этом на первой ступени **важен оперативный контроль со стороны специалистов** за исправностью машин и оборудования, обеспечением работников индивидуальными защитными средствами и применением этих средств; инструкций и положений по технике безопасности; проведение дней охраны труда и общественных смотров по технике безопасности на всех производственных участках аграрного предприятия. Однако анализ, проведенный специалистами Орловского аграрного университета, показал, что уровень знаний и умений в области охраны и безопасности труда у специалистов (агрономов, зоотехников, механиков) и руководителей сельскохозяйственных предприятий, которые и обязаны обеспечить охрану и безопасность труда на вверенных им участках работы, очень низок [1].

Дефицит знаний по охране труда часто выявляются только при наступлении последствий аварий, несчастных случаев на производстве, т.е. когда уже поздно. Выпускник аграрного ВУЗа должен быть хорошо подготовлен к решению разнообразных задач охраны труда на производстве, владеть современными методами организации безопасных условий труда

В большинстве аграрных ВУЗов, готовящих механиков, энергетиков, агрономов, зоотехников, экономистов и т.д., вопреки требований ГОСТ 12.0.004-2015 ССБТ "Организация обучения безопасности труда» введенного с 01. 03. 2017 г. и ФГОС, дисциплина «Охрана труда» не преподается или частично включена в дисциплину БЖД.

В результате этого выпускники бакалавриата, приступая к профессиональной деятельности, оказываются не готовыми решать вопросы охраны и безопасности труда на рабочих местах и *не полностью представляют свои обязанности и ответственность*.

Поэтому необходимо повысить качество подготовки руководителей и специалистов сельскохозяйственных профилей в области охраны труда. Они должны четко понимать свои обязанности и ответственность за жизнь и здоровье работников своих подразделений и предприятий.

На предприятиях сельского хозяйства ничтожно мало и специалистов служб охраны труда, подготовленных эффективно решать вопросы организации охраны и безопасности труда. Должность инженера по охране труда занимают люди самой различной специализации и уровня подготовки: с высшим образованием работает немногим более 12%, остальные имеют в основном среднее специальное образование, по преимуществу агрономического, зооветеринарного, технического профиля, а также специалисты с педагогическим образованием. Каждый пятый, занимающий должность инженера по охране труда, имеет гуманитарное образование.

Статистика показывает, что если там, где работает квалифицированный специалист по охране труда, уровень травматизма принять за 1, то в случае занятия должности специалиста по охране труда инженером-механиком этот показатель растет на 20 %, а при использовании специалистов других профессий возрастает почти в 3 раза. Т.е. только за счет повышения эффективности работы служб охраны труда можно сберечь жизнь и здоровье тысяч работников [1].

Низкая квалификация в области охраны и безопасности труда специалистов сельского хозяйства и служб охраны труда приводит к ослаблению работы по созданию эффективной системы управления охраной труда, планированию необходимых мероприятий по улучшению условий труда. Это показывают и расходы на проведение соответствующих мероприятий. Суммы средств, истраченных на мероприятия по охране труда за 2018 год, следующие:

животноводство – 3860367 тыс. рублей (6809 руб. на 1 работающего).

строительство инженерных сооружений – 5318187 тыс. рублей (12163 руб. на 1 работающего);

строительство зданий – 4509233 тыс. рублей (9955 руб. на 1 работающего).

Сравним эти показатели с показателями расходов на ОТ на 1 работающего в других отраслях:

производство табачных изделий – израсходовано 45649,5 руб. на одного работающего, случаев гибели работников на 100 000 работающих – 0;

добыча природного газа и газового конденсата - израсходовано 42411 руб., случаев гибели работников на 100 000 работающих – 3.

По данным Московского регионального отделения Фонда социального страхования РФ (Рис.2) увеличение объема финансирования непосредственно влияет на сокращение производственного травматизма. И происходит это бла-

годаря возможности в полном объеме выполнять все необходимые мероприятия по охране и безопасности труда.



Рисунок 2 - Статистические данные по производственному травматизму и финансированию мероприятий по охране труда (источник - МРО ФСС РФ)

Л.А. Васильева и Д.А Таракканов на основе анализа состояния травматизма и затрат на охрану труда в сельскохозяйственных предприятиях Нижегородской области установили, что число пострадавших от несчастных случаев (Y) зависит от уровня затрат на охрану труда в с.х предприятиях (X) следующим образом [2]:

$$Y = 2,36 - 0.5333X.$$

По итогам проведенного корреляционного анализа можно отметить, что между уровнем травматизма и расходами на мероприятия по охране труда на сельскохозяйственных организациях Нижегородской области существует достаточно тесная связь, и увеличение расходов на мероприятия по охране труда в расчете на 1 работника на 1 % повлечет за собой сокращение уровня травматизма на 0,53 чел. на 1 000 работников сельскохозяйственной отрасли.

Для эффективного снижения производственного травматизма в сельском хозяйстве необходимо повысить уровень организации работ по охране и безопасности труда, для чего:

1. Обеспечить подготовку достаточного числа специалистов по профилю "техносферная безопасность", которые смогут организовать высокий уровень защиты работников от возможных профессиональных рисков в процессе выполнения трудовых обязанностей; жесткий контроль за соблюдением руково-

дителями и специалистами аграрных предприятий требований трудового законодательства, исключающих производственные травмы и профессиональные заболевания.

2. Повысить качество подготовки специалистов сельского хозяйства в области охраны труда Выпускник аграрного ВУЗа должен быть хорошо подготовлен к решению разнообразных задач охраны труда на производстве, владеть современными методами организации безопасных условий труда.

3. Улучшить финансовое обеспечение мероприятий по охране и безопасности труда, доведя его до уровня других отраслей экономики (не менее 40 тысяч рублей на человека).

4. Обеспечить рациональное использование выделяемых на охрану труда средств.

### **Библиографический список**

1. Широков Ю.А., Смирнов Г.Н. Актуальные проблемы охраны труда в современном сельском хозяйстве. // Прикладные, поисковые и фундаментальные социально-экономические исследования: интеграция науки и практики. Абашева О.Ю., Бабина Е.Н., Бондаренко Г.В. и др.- Самара, - 2018.- с.57-72.

2. Васильева Л.А., Корреляционный анализ травматизма и расходов на мероприятия по охране труда. // Карельский научный журнал. - 2015, №2, - с. 101-103.

УДК: (631.589.2:631.524.85):(331.45:63)

## **АЭРОГИДРОПОНИКА – НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ И НОВЫЕ ВОПРОСЫ В ОХРАНЕ ТРУДА**

*Квачантирадзе Этери Павловна, доцент кафедры охраны труда, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** Предлагается в аэрогидропонике питательный раствор дополнить экологическим толерантом «экотолом», что позволит избежать ожог корневой системы при одновременном введении питательных элементов. Это снизит трудоемкость, повысит экономию производства, обеспечит замкнутость цикла. Рекомендованы дополнительные исследования при СОУТ.*

***Ключевые слова:** аэрогидропоника, экотол, высокая экономия производства, СОУТ.*

Посадить семена и получить высокий урожай в гидропонике возможно при правильном соотношении притока солнечной энергии, тепла, минерального питания и воды. Настоящая работа – это сравнение технологии выращивания растений с позиции экономии подачи воды и минерального питания, а также анализ нового метода аэрогидропоники и выявления вопросов по охране труда при использовании этого метода выращивания.

**Открытый грунт.** Известно, что при выращивании растений в открытом грунте максимальная урожайность достигается при соотношении воды к воздуху в почвенных капиллярах 70/30. Существуют следующие методы полива: напускной, дождевание и капельный. Непускной метод не эффективен из-за высокого расхода воды и сложности поддержания в почве требуемого соотношения вода/воздух.

**Закрытый грунт.** Используемые методы полива: дождевание, капельный, дренажный (аэрозольный), внутрпочвенный.

Недостаток дождевания тот же, что и при выращивании в открытом грунте. Полив дождеванием создает благоприятные условия для развития патогенных микроорганизмов, причем в условиях закрытого грунта их проявление более выражено (в условиях закрытого грунта более устойчивы благоприятные микроклиматические условия - влажность, температура, питание).

**Аэрозольное орошение.** Недостатком метода является узкая направленность его использования: полив растений, любящих повышенную влажность в воздушной среде, например, тропических растений.

Достоинства: равномерное распределение воды на большой площади при внушительном сокращении её расхода. Этот факт позволяет метод использовать при дезинфекции растений (в открытых условиях в безветренную погоду) и помещений.

Внутрпочвенный полив автоматической системой. Подача воды идёт вместе с микропузырьками воздуха и минеральным питанием прямо в почву к корням растений. Этот метод экономного расходования воды обеспечивает постоянный уровень благоприятной влажности почвы для растений и при этом не допускает развития гнилостных бактерий. Система подземного орошения считается самой эффективной для растений, требующих высокой влажности почвы при низкой влажности приземного воздуха.

Недостатки метода: дорогостоящая автоматическая система (в сравнении с другими системами полива), к тому же, трудоемкая при монтаже. Недостаточное увлажнение поверхности почвы требует дополнительной системы поверхностного полива для растений, требующих высокую влажность воздуха.

Капельный метод полива. Подача необходимого количества воды в прикорневую систему по трубочной системе адресно к каждому растению исключает потерю воды. Метод в три раза сокращает расход воды по сравнению с дождеванием и в два раза снижает дозу удобрений – при совмещении подачи удобрений с водой. Отсутствие излишней влажности способствует естественной работе почвенных микроорганизмов и снижает вероятность развития сорняков и возникновения грибковых заболеваний у растений. Аппаратура системы недорогая.

Недостаток метода - короткий срок службы системы.

Выбор способа полива зависит от экофизиологических требований растений.

**Гидропоника** – это отказ от выращивания растений на почвенном грунте и замещение его питательным раствором. При выращивании растений методом

гидропоники большая часть корней находится в питательном растворе, насыщенном кислородом. Однако, обычно обогащение раствора кислородом происходит естественной диффузией при контакте воздуха с поверхностью воды, что не обогащает воду достаточным количеством кислорода.

Единственный недостаток метода гидропоники - слабое насыщение питательного раствора кислородом. Концентрация кислорода в воде не увеличивается даже при нагнетании его в толщу питательного раствора насосами под давлением, т.к. растворимость кислорода в воде зависит от её температуры и, согласно закону растворимости газов в воде, с повышением температуры растворимость кислорода уменьшается.

Между тем, только при оптимальной подаче кислорода повышается поглощательная способность корневой системы и увеличивается потребление минеральных элементов (азота, фосфора, калия и других макро- и микроэлементов), и, как следствие, увеличивается интенсивность роста и продуктивность растений. Растения, выращенные на растворах, обогащённых кислородом, богаты протеином и сухим веществом. Кислород благоприятно сказывается и на состоянии питательного раствора - подавляет активность патогенных микроорганизмов.

Для большинства растений при выращивании методом гидропоники можно создать идеальные условия с точки зрения питания, освещенности, температуры и влажности. Эти вопросы подробно были рассмотрены в статье[1], но тогда остается одно слабое звено в процессе продуктивности растений – содержание углекислого газа в воздушном пространстве, от которого зависит интенсивность фотосинтеза

Аэрогидропоника (аэропоника). Метод, исключая недостатки гидропоники - выращивание растений в воздушной среде, основанный на принципе "кислородного и углеродного насыщения". Корни растений полностью находятся в воздушной среде, а вода, насыщенная питательными элементами импульсно (из пульверизатора) подается к корням растений. При этом рассчитаны необходимое число впрысков и периоды между ними – это период вдоха кислорода и углекислого газа корневой системой.

По сравнению с растениями, выращенными в условиях гидропоники в условиях аэропоники:

- расход воды на 35% ниже;
- расход минерального питания на 25% ниже;
- ускорение роста и увеличение накопления биомассы на 20 % выше - благодаря 100-процентному обеспечению корней растений кислородом и углекислым газом.

По сравнению с грунтовыми посадками урожайность в пересчете на 1 га. выше, т.к. выращивание идет с использованием многоэтажных стеллажей, а урожаи получают круглогодично - несколько раз в год.

Недостатки метода аэропоники. Любые методы при отказе от выращивания растений на почвенном субстрате подразумевают систематический кон-

троль и поддержание постоянного состава питательного раствора. В производственных условиях это осуществляется автоматизированно.

К основным минусам аэрогидропонной технологии можно отнести следующее:

- дорогостоящая автоматизированная система контроля за химическим составом питательного раствора и подачей раствора к растениям;
- "карантинное" содержания выращиваемых на аэропонике растений, так как любые вирусы и бактерии на открытых корнях могут убить растения и уничтожить будущий урожай;
- отсутствие стопроцентной гарантии на надежность аэропонной системы. Причины гибели растений могут быть не связаны с самой системой (например — перебои в подаче электроэнергии);

В настоящее время масштабно на производственном уровне методы аэрогидропонии не используются в нашей стране, хотя были хорошо изучены во второй половине XX века и так называемые «недостатки» были устранены.

Работы были проведены в лаборатории доктора биологических наук Геннадия Васильевича Лебедева в Институте физиологии растений им. К. А. Тимирязева РАН. Были разработаны экологические толеранты (сокращенно «экотолы»), которые при добавлении в питательный раствор повышали устойчивость растений не только к любым вирусам и бактериям, но и к повышенным концентрациям питательного раствора [2,3]. Разработана возможность дать растению сразу всю дозу питательных элементов, необходимую для роста, не вызывая ожога корней или других отрицательных явлений, и при этом получить продукцию высококачественную и экологически чистую.

Таким образом введение в питательный раствор «экотола» при аэрогидропонном выращивании растений дает возможность устранить два недостатка из трех:

- отказаться от дорогостоящих установок, регулирующих режим питания;
- отказаться от "карантинного" содержания растений, выращиваемых на аэрогидропонике.

Третий недостаток - отсутствие стопроцентной гарантии на надежность аэропонической системы – это решаемые вопросы инженерного характера:

- связаны с системой гидропонии (бесперебойная очистка от механического загрязнения (оторванные кусочки корня и т.п.);
- не связаны с самой системой (бесперебойное обеспечение энергией).

Коротко разберемся с вопросом, что такое «экотол»?

Биотехнологический путь получения «экотола» основан на естественных процессах, протекающих в почве: процессах полной деструкции растительных остатков, включая лигнин, осуществляемых мико- и микрофлорой в аэробных условиях. Одновременно с деструкцией растительных остатков идет обогащение раствора продуктами биосинтеза мико- микрофлоры. Экотол богат содержанием гуминовых кислот. Широкий спектр разнообразных химических и биохимических веществ обеспечивает экотолу полифункциональность.

Переработка остатков растений в «экотол» после сбора урожая, обеспечит создание замкнутого цикла производства, а реализация использованного экотола на полив растительных массивов - область создания экологически чистого производства с максимально продуманной системой экономии подачи воды и минерального питания.

Вопросы охраны труда на производствах тепличного хозяйства при выращивании растений аэрогидропонным методом

Принцип оценки влияния рабочего места с аэрогидропонной системой выращивания растений основан на различии отношения к минеральному питанию у растений и человека.

По способу питания растения - автотрофы, а животный мир - гетеротрофы. Автотрофы синтезируют органические вещества из неорганических веществ (углекислого газа, минеральных веществ, воды, с использованием солнечной энергии). Животные используют уже готовые чужеродные органические вещества для синтеза собственной органики. Минеральные элементы в органических соединениях - благо для животного мира (человека), но при попадании этого минерала в организм животных в чистом виде может вызвать токсический эффект. Отрицательный эффект минерального яда усиливается с повышением влажности и температуры воздуха [4;5].

В условиях аэрогидропоники в наибольшей степени в рабочее пространство будет поступать некоторое количество минеральных веществ. Поэтому, с учетом химического состава используемых питательных растворов, необходимо проводить по этим элементам специальную оценку условий труда.

### **Выводы**

Аэрогидропоника - наиболее экономный из существующих методов выращивания растений по расходу воды и минеральному питанию.

Введение в питательный раствор «эктола» понизит себестоимость продукции и трудоёмкость, благодаря отказу системы автоматизированного контроля за химическим составом и подачей минерального удобрения.

Переработка растительных остатков в «экотол» позволит создать безотходное производство, а использование отработанного раствора в качестве удобрений растительных массивов обеспечит экологическую чистоту производства и дополнительный доход от продажи остатков питательного раствора.

В тепличных хозяйствах с аэрогидропонным обеспечением необходимо проводить специальную оценку условий труда состава воздуха, с учетом химического состава используемых питательных растворов.

### Библиографический список

1. Квачантирадзе Э.П. Гидропоника и вопросы охраны труда на заводах зеленых растений /Э.П.Квачантирадзе// В сборнике: ДОКЛАДЫ ТСХА, Сборник статей, Калуга: Калужский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева", 2019. - С. 342 – 347.
2. Лебедев, Г.В. Производство и применение / Г.В. Лебедев, Е.Д. Сабина, Н.Г. Лебедева, З.И. Бубенчикова и др. - М.: ВИМИ, 2004. - 116 с.
3. Карташова, Е.Р. Сохранение свойств экотола и способностей его воздействия на растения во временном аспекте / Е.Р. Карташова, А.В. Олескин, Т.П. Юрина, С.Д. Терешкина, Н.В. Фитискина // VI Московский международный конгресс «Биотехнология: состояние и перспективы развития». Материалы. - М.: Экспо-биотехнология, РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011. - Ч. 2. -С. 37-38.
4. Квачантирадзе, Этери Павловна. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности. Токсикология [Текст] : учебно-методическое пособие / Э. П. Квачантирадзе. - Москва : УМЦ "Триада", 2014,-66 с.
5. Квачантирадзе Э.П. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: теория и практика. Микроклимат: учебно-методическое пособие / Э. П. Квачантирадзе. - Москва : УМЦ "Триада", 2016,- 143с.

УДК 331.46.

### МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА, ПО ПРИЧИНЕ ВДЫХАНИЯ ПАРОВ ВРЕДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ, ГАЗОВ, ПЫЛИ, ТУМАНА, ДЫМА

*Ковриго Оксана Викторовна, старший преподаватель кафедры охрана труда, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация: рассмотрены способы снижения травматизма по причине вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма.*

*Ключевые слова: травматизм, мероприятия по снижению, безопасность, охрана труда, пары вредных жидкостей.*

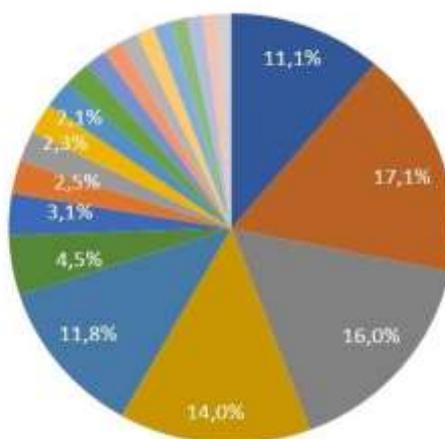
Многие технологические процессы на предприятиях металлургической, химической, нефтехимической промышленности, в ряде цехов машиностроительных заводов, на многих других производствах сопровождаются поступлением вредных газов, паров и тумана в окружающую среду [2].

Газовые загрязнения, как и аэрозольные, попадая в атмосферный воздух, значительно ухудшают его качество, а в ряде случаев делают его непригодным для дыхания. Ингаляционный путь поступления является наиболее опасным, так как огромная всасывающая поверхность легочных альвеол, усиленно омы-

ваемых кровью, обуславливает очень быстрое и почти беспрепятственное проникновение ядов к важнейшим жизненным центрам.

На основе статистического метода анализа, основанного на изучении причин травматизма по оперативным данным СМИ о наиболее резонансных инцидентах на производстве, регистрирующего уже совершившихся несчастных случаев был произведен анализ и распределение наиболее резонансных случаев по причинам травмирования (%).

По статистическим результатам в сентябре 2019 года наибольший, 17,1 процент по причинам травмирования получила опасность от вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма (рис.) [1]. Возможные несчастные случаи, по данной причине могут быть как легкие, так со смертельным исходом.



**Рисунок - Распределение наиболее резонансных несчастных случаев по причинам травмирования (%)**

(по данным открытых СМИ, по состоянию на сентябрь 2019 года)

11,1% - прочие; 17,1% - опасность от вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма; 16,0% - опасность недостатка кислорода в подземных сооружениях; 14,0% - опасность падения с высоты, в том числе из-за отсутствия ограждения, из-за обрыва троса, в котлован, в шахту, при подъеме или спуске при нештатной ситуации; 11,8% - опасность раздавливания, в том числе из-за наезда транспортного средства, из-за падения пиломатериалов, из-за падения; 4,5% - опасность травмирования в результате дорожно-транспортного происшествия; 3,1% - опасность наезда транспорта на человека.

Для снижения травматизма от опасности вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма необходимо выполнять мероприятия направленные на защиту, сохранение жизни и здоровья персонала предприятий.

Защита человека должна осуществляться мероприятиями, которые в ряде случаев следует применять комплексно:

1. Проведение инструктажа, с разъяснением работающему персоналу о наличии в рабочей зоне опасных для человека паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана и дыма, техники безопасности во время работы, по окончании работ, а также действиям в аварийных ситуациях. Устанавливаются предупредительные таблички на оборудовании вблизи опасных зон;

2. Автоматизация и механизация процессов, сопровождающихся выделением вредных веществ [3];

3. Совершенствование технологических процессов и их рационализация (замена токсических веществ нетоксичными, отказ от применения пылящих материалов, переход с твердого топлива на газообразное и пр.) [4];

4. Совершенствование конструкций оборудования, при котором исключаются или резко уменьшаются вредные выделения в окружающую среду, что возможно, например, при герметизации. Защита от вредных газо-, паро- и пылевыведений предусматривает устройство местной вытяжной вентиляции для отсоса ядовитых веществ непосредственно от мест их образования;

5. Установка защитных ограждений с блокировками, закрывающими опасные зоны;

6. Установка средств улавливания, удаления из рабочей зоны опасных веществ (паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана и дыма), а также устройств очистки воздуха, удаленного из рабочей зоны;

В зависимости от источника тяги вентиляция бывает природной, механической и смешанной. По способу воздухообмена различают приточную, вытяжную и приточно-вытяжную вентиляции. По месту действия: общеобменную и местную. При внезапном поступлении большого количества вредных веществ используют аварийную вентиляцию. Количество воздуха для вентиляции помещений рассчитывают таким образом, чтобы концентрация вредных веществ в воздухе не превышала ПДК, мг/м<sup>3</sup>.

Для очистки воздуха от твердых и жидких примесей используют пыле- и туманно улавливатели. Основным показателем их работы является эффективность очистки воздуха, т.е. содержание вредных веществ в воздухе до и после очистки.

Очистка воздуха от пыли может быть грубой (выделение частиц размером более 50мкм), средней (10-50мкм) и тонкой (менее 10мкм). Для грубой и средней очистки используют пылеулавливатели, действие которых основано на использовании сил тяжести и инерции. Для тонкой очистки используют фильтры различной конструкции [5].

Очистка воздуха от вредных газов и паров осуществляется с использованием ряда физико-химических методов (абсорбция, адсорбция, хемосорбция, каталитического догорания и др.).

7. Использование средств индивидуальной защиты. Индивидуальная защита. При работе с ядовитыми и загрязненными веществами пользуются спецодеждой: комбинезонами, халатами, фартуками и пр. от щелочей и кислот – резиновая обувь и перчатки. Для защиты кожи рук, лица, шеи применяют защитные пасты: антиоксидантные, малоустойчивые, водоустойчивые. На глаза – очки с герметичной оправой, маски. Дыхательные органы защищают фильтрующие и изолирующие противогазы и респираторы.

Особые требования предъявляют также к устройству помещений, в которых ведутся работы с вредными и пылящими веществами. Так, полы, стены,

потолки должны быть гадкими, легко моющимися. В цехах с большими выделениями пыли производят регулярную мокрую или вакуумную уборку.

### **Библиографический список**

1. Мониторинг травматизма: сентябрь – 2019. [www.trudcontrol.ru](http://www.trudcontrol.ru) Информационный портал.

2. Кузьмина О.В., Исакова А.К., Снижение уровня травматизма в исследуемой организации//Молодой ученый. – 2016.-№26. – С.55-58

3. Хафизов А.М., Малышева О.С., Крышко К.А., Сидоров Д.А., Ветров Н.С., Гумеров Д.А., Совершенствование системы промышленной безопасности для снижения количества несчастных случаев и травматизма на предприятиях нефтегазовой отрасли. Журнал «Фундаментальные исследования». – 2016. - №11-1.

4. Щетинин С.А. Анализ частоты и последствий травматизма в России. Журнал «Современные проблемы науки и образования». – 2015.- №2-1.

5. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003

УДК 502.15/504.61

### **МОНИТОРИНГ ВОДОСБОРОВ Р. ЯУЗА И Р. ЛИХОБОРКА В СВЯЗИ С НАЧАЛОМ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПО СВХ НА УЧАСТКЕ ОТ М. БОТАНИЧЕСКИЙ САД ДО М. ВЛАДЫКИНО**

*Лагутина Наталия Владимировна, заведующая кафедрой «Общей и инженерной экологии», доцент, кандидат технических наук.*

*Неупокоев Леонид Павлович, заведующий лабораторией кафедры «Общей и инженерной экологии», кандидат технических наук.*

*Новиков Александр Васильевич, старший преподаватель кафедры «Общей и инженерной экологии».*

*Сумарукова Ольга Викторовна, старший преподаватель кафедры «Общей и инженерной экологии».*

*Аннотация:* Регулярное обследование водосбора реки Яуза с 2012 по 2017 год позволило провести сравнительный анализ и проанализировать причины изменения экологической ситуации.

*Ключевые слова:* река Яуза, река Лихоборка, Северо-восточная хорда, МЦК, шумовое загрязнение, потенциально опасные объекты.

**Северо-Восточная хорда** пройдет от платной дороги Москва - Санкт-Петербург до Рязанского проспекта. Она должна соединить по периферии, минуя центр Москвы, городские районы на севере, северо-востоке и востоке. Предполагается, что хордовая магистраль пройдет от Бусиновской развязки до Фестивальной улицы, Дмитровского, Ярославского шоссе. Далее пересечет Открытое, Щелковское, Измайловское шоссе и выйдет на строящийся участок от

Измайловского шоссе до шоссе Энтузиастов. От шоссе Энтузиастов хорда пойдет до развязки МКАД с магистралью Вешняки - Люберцы, далее до границ с областью для соединения с федеральной автомобильной дорогой Москва - Ногинск – Казань [1].

Строительство ведется по участкам [2].

**Завершено строительство:**

1-й участок: шоссе Энтузиастов - МКАД (Четвертое транспортное кольцо – район Вешняки);

**2-й участок: шоссе Энтузиастов - Измайловское шоссе;**

3-й участок: Измайловское шоссе - Щелковское шоссе;

**4-й участок: Щелковское шоссе – Открытое шоссе;**

**7-й участок: Фестивальная улица – Дмитровское шоссе;**

**8-й участок: Фестивальная улица – Бусиновская развязка и транспортная развязка на пересечении с Фестивальной улицей.**

**Ведется строительство:**

5-й участок: Открытое шоссе - Ярославское шоссе;

6-й участок: Ярославское шоссе - Дмитровское шоссе.

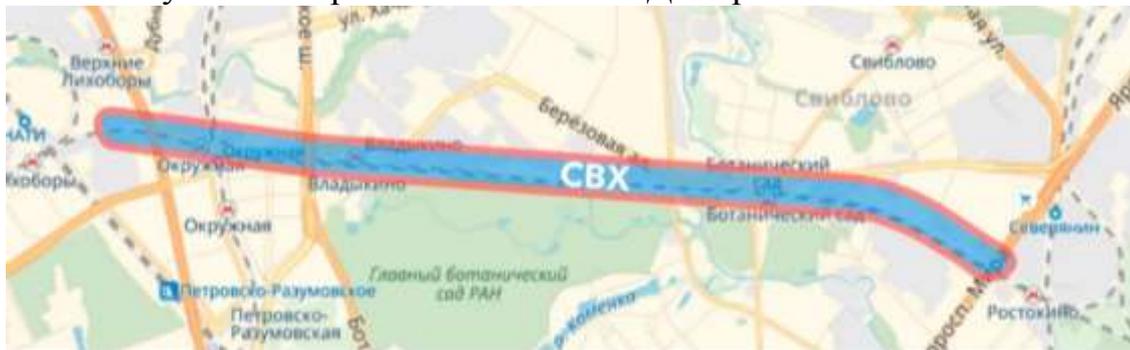


Рисунок 1 - 6-й участок СВХ

В рамках проекта построят [2]:

1. Строительство транспортных сооружений в районе станций метро «Владыкино» и «Ботанический сад» - 3 эстакады основного хода; 2 эстакады съезда; 3 моста через реку Лихоборку; здесь построят 17,9 км дорог. Все работы планируется закончить в 2022 году. Также реконструируют мост через реку Яуз и подземный переход у станции метро «Ботанический сад».

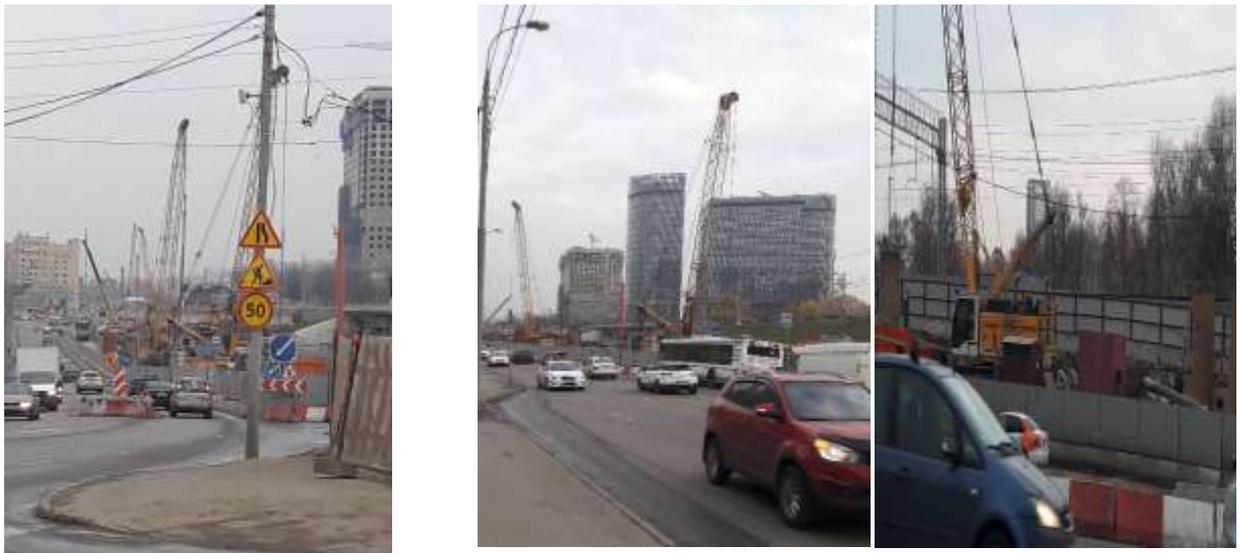
2. Строительство участка от Сигнального до 3-го Нижнелихоборского проезда. Проектом предусмотрена реконструкция - 3-го Нижнелихоборского проезда; ул. Станционная; проектируемого проезда 1564А; ул. Ботаническая; ул. Гостиничная, Гостиничного проезда; Суколовского путепровода через Московское центральное кольцо; кругового пересечения на Сигнальном проезде.

В октябре 2019 года жители районов Отрадное и Свиблово впервые увидели информационные щиты со схемой 6-го участка СВХ, на которых смогли детально разглядеть трассу участка.



**Рисунок 2 - Информационный щит со схемой 6-го участка СВХ**

После окончания строительства МЦК прошло 3 года и сегодня мы опять наблюдаем интенсивное строительство на участке метро Ботанический сад – метро Владыкино. А эти территории являются водосборами рек Яуза и Лихоборка.



**Рисунок 3 - Район метро Ботанический сад**



Рисунок 5 – На берегах р. Лихоборки

Со стороны метро Владыкино, вдоль границы Ботанического сада началась **реконструкция** ул. Станционная и подготовка к строительству Сусколовского путепровода через Московское центральное кольцо.



Рисунок 6 – Район метро Владыкино

В 2017 году наблюдалось существенное улучшение состояния водосбора реки Яуза – уменьшилось число потенциально опасных объектов. И это был результат завершения строительства Московской кольцевой дороги (МЦК), реконструкции рекреационных и парковых зон в районах Медведково и Ростокино, к чемпионату мира по футболу привели все набережные в городе в нормальное состояние, закрыли автозаправки не выдержавшие конкуренции и т.д., но уже тогда начиналось строительство достаточно крупных жилых кварталов на северо-востоке города и не просто строительство, а строительство практически в водоохраной зоне реки [3].

Сегодня это строительство приобрело гандиозные размеры. ГК «Пионер» строит Жилой комплекс бизнес-класса LIFE-Ботанический сад и LIFE-Ботанический сад – 2. ЖК Ботанический сад – 2 состоит из 6 корпусов, 2-ва из которых строятся в непосредственной близости от уреза воды реки Яуза. Только 3-и имеют подземные паркинги. Каждый корпус высотой в 23 этажа. Жилой комплекс «Легендарный квартал» реализуется компанией «Д-инвест» и всероссийским обществом «Динамо» - 5 18 этажных корпусов. Группа компаний «ПИК» уже построила 3 жилых блока высотностью от 11 до 20 этажей, еще 3 построят к концу 2021 года. Все компании как достоинство указывают местоположение в экологически чистом районе и прекрасно развитую транспортную

инфраструктуру, при этом никто не говорит о возрастающей антропогенной нагрузке на все зеленые зоны района и не задается вопросом, а хватит ли запроектированных машиномест.

На этапе строительства и эксплуатации СВХ мы скорее всего столкнемся с увеличением концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Уже сейчас наблюдается хроническая пробка в часы пик на Березовой аллее, Лазоревом проезде и Сельскохозяйственной улице. Причина – сужение проезжей части дороги и отсутствие объездных путей. Однако установить факт загрязнения возможно только выполнив замеры. Воспользоваться информацией Мосэкомониторинга по замерам загрязнений атмосферы не удастся т.к. станций контроля в СВАО только две и те находятся далеко от обследуемого объекта. После введения в эксплуатацию увеличится транспортный поток, что тоже сможет неблагоприятно сказаться на качестве атмосферного воздуха.

Второй неблагоприятный фактор – это увеличение уровня шума (при строительстве СВХ), которое вызвано строительной техникой как при строительстве жилых кварталов, так и самой СВХ. Увеличение уровня шума при эксплуатации СВХ будет обусловлено воздействием возрастающего потока автомобильного транспорта. На уже введенных в эксплуатацию участках Севере-Восточной хорды уровень шума местами достигает 80 - 98 дБ, а транспортный шум на примагистральных территориях наблюдается более 12 часов в сутки. Шумовое загрязнение отрицательно сказывается на здоровье населения и ухудшает комфортность его проживания.

А при полном заселении новых жилых кварталов мы неизбежно получим увеличение нагрузки на все «зеленые зоны» района.

#### **Библиографический список**

1. <https://stroi.mos.ru/road/stroitel-stvo-khord>
2. <https://stroi.mos.ru/road/road/18>
3. Лагутина Н.В., Новиков А.В., Сумарукова О.В. Мониторинг водосбора реки Яуза. Что изменилось с 2012 года к 2017 году // Доклады ТСХА: сборник материалов МНПК, посвященной 175-летию К.А. Тимирязева; РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; Москва, 6-8 декабря 2018 года. - Выпуск 291. - Ч. III. - М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2019. - С. 396-399.

## **МЕТОДЫ УПРАВЛЯЕМОЙ АЛЬГОЛИЗАЦИИ ВОДОЕМОВ, ОСНОВАННЫЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЖИВЫХ ПЛАНКТОННЫХ ШТАММОВ МИКРОВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛЫ**

*Король Татьяна Степановна, к.б.н., доцент кафедры общей и инженерной экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Мартынов Дмитрий Юрьевич, к.т.н., доцент кафедры общей и инженерной экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Лагутина Наталия Владимировна, к.т.н., доцент кафедры общей и инженерной экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** *В статье рассмотрены методы управляемой биоремидиации водоемов и результаты эксперимента по альголизации искусственного водоёма (Нижнего Фермского пруда).*

**Ключевые слова:** *биоремидиация водоемов, микроводоросли, штамм *Chlorella vulgaris* BIN, сине-зеленые водоросли.*

Российская Федерация богата водными объектами природного и искусственного происхождения. Они используются человеком в самых различных целях. Но одно их объединяет: качество воды в замкнутых водоемах с каждым годом ухудшается, и не последнюю роль в этом играют цианобактерии, или сине-зелёные водоросли [1]. Биомасса и численность цианобактерий зависит от множества внешних факторов, к которым относятся, водообмен, прогрев толщи воды, мелководья, депонирование биогенных веществ и органических соединений при техногенном их поступлении. В последнее время данные факторы обуславливают обильное развитие фитопланктона в целом и отдельных представителей сине-зеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды, в частности. В силу своей эвритопности сине-зелёные водоросли имеют широкую экологическую валентность, что позволяет им активно развиваться даже в условиях мощного техногенного воздействия. В частности, цианобактерии в ходе эволюции выработали эффективные механизмы адаптации к неблагоприятным факторам внешней среды. Их способность к быстрому размножению связана, прежде всего, с устойчивостью к экстремальным температурам и содержанию солей. Возбудителями «цветения» являются представители различных систематических групп водорослей, но самые благоприятные условия в слабопроточной воде создаются для чрезвычайно активной вегетации синезеленых водорослей из родов *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Oscillatoria* и *Microcystis*. Массовое увеличение численности синезеленых водорослей приводит даже к образованию в водоемах трехмерных структурированных биопленок - так называемых «матов», а в системах водоснабжения - к формированию устойчивых биообрастаний. Разлагающиеся синезеленые водоросли вызывают негативные явления и в самом водоеме: снижение содержания кислорода, появление цианотоксинов - например,

анатоксина, индола, скатола, микроцистина в воде, которое может приводить к гибели всех аэробных организмов, в том числе рыбы (рис. 1).



**Рисунок 1 – Замор рыбы в результате развития синезеленых водорослей *Микроцистис***

Учеными Тимирязевской академии совместно с ООО «Альгототек» (г.Тверь) разработана технология управляемой биоремедиации рыбохозяйственных водоемов методом альголизации, на основе живых планктонных штаммов микроводоросли штамма *Chlorella vulgaris* BIN. Важным и полезным результатом применения данной технологии является комплексное восстановление экосистемы рыбохозяйственного водоема и эффективное подавление роста синезеленых водорослей (способствующих цветению воды). Сама хлорелла и выделяемые ею в процессе жизнедеятельности вещества являются хорошим кормом для зоопланктона (рачков, дафний и других полезных микроорганизмов), что создает оптимальные условия для роста популяции рыб, питающихся зоопланктоном. Рост численности микроводорослей хлореллы при этом также регулируется естественным путем, без негативных последствий для экосистемы водоема. Использование технологии управляемой биоремедиации позволяет увеличить биомассу и выживаемость выращиваемой рыбы, а также позволяет уменьшить количество патогенных микроорганизмов находящихся в воде, негативно влияющих на рост и развитие рыбы. Структурообразующую роль в водорослевых сообществах рыбохозяйственных водоемов играют представители отдела *Chlorophyta* - зеленые водоросли (в том числе Хлорелла), а также представители отделов *Bacillariophyta*, *Euglenophyta* и *Dinophyta*, к ассоциативным компонентам симбиоза отнесены представители отделов *Xanthophyta* и *Cyanophyta*, и даже отсутствие последних не меняет общую схему структуры фитопланктонного сообщества. Альголизация признается перспективным направлением улучшения экологического состояния водоемов и лежит в основе использования симбиотического подхода в экологической практике. При использовании метода коррекции альгоценоза наступает освобождение водоёма не только от вегетативных форм синезеленых водорослей, но от их спор, а планктонные штаммы хлореллы «приживаются» водной среде, и являясь естественной конкурентной средой для синезеленых водорослей [1, 2, 3].

Начиная с января 2019 года совместно с предприятием ООО «Альготек» реализуется комплекс работ по биологической очистке и экологической реабилитации водоемов.

литации Нижнего Фермского пруда, расположенного на территории РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Комплекс работ включал, ежесезонную заливку 150 литров суспензии микроводоросли хлореллы штамма *Chlorella vulgaris* BIN (с концентрацией 50 млн. клеток на миллилитр суспензии) на выбранных участках пруда. В качестве контрольного водного объекта использовался идентичный по местоположению, площади и источникам водоснабжения Средний Фермский пруд. Одновременно с внесением хлореллы производился забор проб воды из пруда. Постоянный мониторинг качества воды позволил уточнить методику управляемой биоремедиации рыбохозяйственных водоемов.

После развития и распределения планктонного штамма *Chlorella vulgaris* BIN в качестве доминирующего вида водоросли на поверхности водоема была проведена исследовательская работа связанная с изучением абиотических и биотических факторов, влияющих на рост и развитие хлореллы и рыбы в водоеме. В этой связи в период с 15 июня по 15 августа 2019 года проводился отбор проб воды из Нижнего Фермского пруда, которые затем анализировались на цифровом микроскопе Bresser LCD MICRO 5MP, обладающем 500 кратным увеличением и электронным зуммированием до 2000 крат. Для расчета количества клеток хлореллы в пробах использовалась двухсеточная камера Горяева, в которой идентификация и количественный учет клеток хлореллы проходил при настройках разрешения микроскопа в 125, 500 и 2000 крат. После учета и вычета микронных фоновых органических и неорганических загрязнений было определено общее содержание клеток хлореллы у поверхности Нижнего Фермского пруда, 400-600 тыс. клеток на мл., что является хорошим результатом и показывает возможности сохранения жизнеспособности штамма *Chlorella vulgaris* BIN в течении летнего сезона, а с другой стороны возможности естественного регулирования и поддержания численности хлореллы в пруде с учетом влияния внешних биологических сообществ (в том числе с учетом поедания хлореллы мальками, коловратками, инфузориями, амебами и другими гидробионтами).

Таблица 1

**Состав макрозообентоса Нижнего Фермского пруда**

Виды	6.05.2019	2018	10.05.2017
Моллюски			
1)	+	-	+
2)	-	-	+
Ракообразные	+	-	+
Насекомые		+	
Водомерки	-	+	+
Личинки комара	+	+	+
Хирономиды	+	+	+
Клещи	+	+	-

В мае 2019 года также была проведена проверка экологического состояния Нижнего Фермского пруда по составу макрозообентоса. После внесения

хлореллы при сравнении с показателями 2018 и 2017 года не наблюдалось отрицательного воздействия на сообщества макрозообентоса, оно оставалось стабильным (табл. 1).

Рядом с Нижним Фермским прудом расположено учебное поле Тимирязевской академии, эта близость способствует эвтрофикации поверхности пруда. Внесение хлореллы препятствует эвтрофикации поверхности пруда и положительно влияет на стабильность сообщества его гидробионтов.

Для оценки возможности режимов саморегулирования численности Хлореллы внутри пруда в условиях благоприятных для роста и размножения микроводорослей, штамма *Chlorella vulgaris* BIN, 25 литров воды из Нижнего Фермского пруда были размещены в аквариуме, в котором, в автоматическом режиме на основе аппаратно-программного комплекса Arduino поддерживалась оптимальная для роста микроводорослей штамма *Chlorella vulgaris* BIN температура в диапазоне от 27 °С до 30°С. Внутри аквариума в автоматизированном режиме (с промежутками 16 часов включенный свет и 8 часов выключенный свет) поддерживалась яркое искусственное освещение (моделировавшее яркий дневной свет) с помощью фитолампы Smart Led Grow Light мощностью 160Вт. Для ускоренного роста микроводорослей в аквариум дважды с промежутком в четыре дня подавалась калиевая селитра ( $KNO_3$ ). В течение 5 дней наблюдался устойчивый рост микроводорослей штамма *Chlorella vulgaris* BIN в оптимальных условиях, с концентрации 600 тыс. кл./мл до концентрации 8000 тыс. кл./мл. При этом также наблюдался ускоренный рост микросообщества консументов первого порядка (коловраток, инфузорий, амёб и других микроорганизмов) поедающих популяцию водорослей. В течении последующих двух дней наблюдалось резкое падение численности микроводорослей штамма *Chlorella vulgaris* BIN до концентрации 600 тыс. кл./мл (близкой к численности данного штамма водорослей в поверхностном слое пруда), при которой изменение численности стабилизировалось и далее сильно не изменялось.

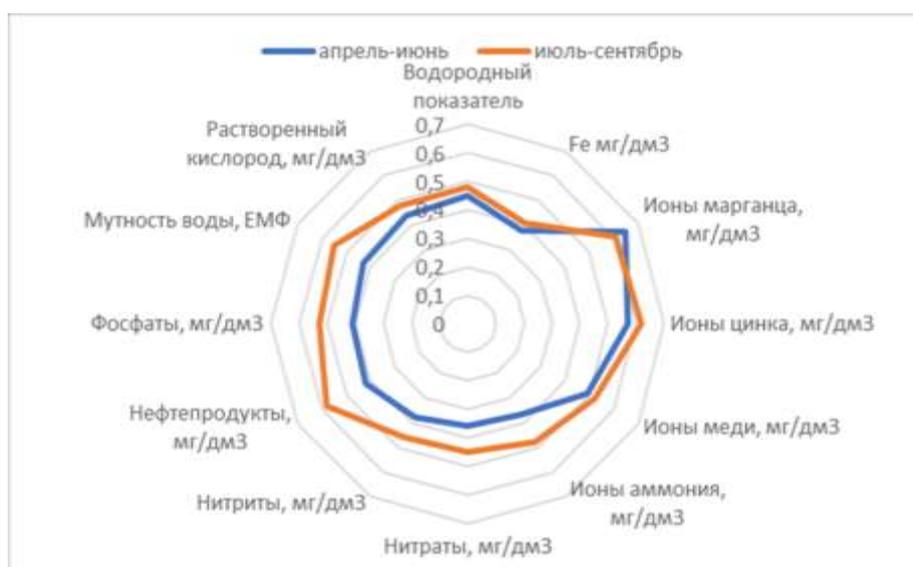


Рисунок 2 – Результат альголизации Нижнефермского пруда (лето 2019г.)

В период до 28 июня 2019, при взятии проб анализировался уровень растворенного в воде кислорода на Среднем и Нижнем Фермских прудах. В альголизированном Нижнем Фермском пруду содержание растворенного в воде кислорода значительно выше (8,4 мг/дм<sup>3</sup>), чем в Среднем (7,1 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание кислорода в обоих прудах соответствует нормам для водоемов рыбохозяйственного назначения. По классификации чистоты водоемов по уровню растворенного кислорода Нижний Фермский пруд можно классифицировать как чистый, а Средний Фермский, как умеренно загрязненный (рис. 2).

В заключении, в качестве преимуществ метода управляемой альголизации водоемов (основанного на использовании планктонных штаммов хлореллы) можно выделить:

- Предотвращение замора рыбы (вызываемого синезелеными водорослями), и ускорение прироста биомассы рыбы на 5 - 25%
- Понижение концентраций вредных веществ в водах рыбохозяйственного водохранилища (по измеренным значениям) до нормативных, существенно ниже ПДК, указанных в приказе Министерства сельского хозяйства Российской от 13 декабря 2016 года № 552 и в приказе Министерства сельского хозяйства Российской от 12 октября 2018 г. № 454.
- Уменьшение числа патогенных микроорганизмов в водоеме на 6-40%.
- Преимущество по сравнению с иными биологическими и механическими методами очистки рыбохозяйственных водоемов – по стоимости выполнения работ в 2-5 раз, по продолжительности проведения работ в 1,5-5 раз.
- Сокращение, требуемого при очистке водоема, альголизанта на 15 – 30%.

#### **Библиографический список**

1. ООО «Альготек» [сайт] : URL: <https://algotec.ru/>
2. Мартынов Д.Ю., Новиченко А.И., Лагутина Н.В., Использование передовых аппаратурных комплексов при культивировании и переработке микроводорослей // М: в сборнике статей: ДОКЛАДЫ ТСХА. Вып. 291. ч. III. Материалы международной научной конференции, 2019 – С. 409-412.
3. Король Т.С., Мартынов Д.Ю., Новиченко А.И., Новиков А.В., Сумарукова О.В., Лапидовский М.В., Исследование возможности использования микроводоросли *Chlorella vulgaris* в технологических процессах обеззараживания и доочистки сточных вод / М: журнал: Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2017/4, 2017. – С. 24-30.

## **ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ ИЗ СУСПЕНЗИЙ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН КОРМОВЫХ КУЛЬТУР**

*Мартынов Дмитрий Юрьевич, к.т.н., доцент кафедры общей и инженерной экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Барсукова Мария Васильевна, ст. преподаватель кафедры общей и инженерной, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Новиченко Антон Игоревич, к.т.н., доцент кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** В статье рассмотрены методы выращивания биостимулирующих кормовых добавок на основе биологических суспензий микроводорослей хлореллы при гидропонном выращивании зеленой кормовой биомассы и при проращивании семян в закрытых грунтах тепличных хозяйств.

**Ключевые слова:** зеленый гидропонный корм, кормовые добавки, хлорелла, микроводоросли, суспензия, проращивание семян.

На территории Российской Федерации, следуя мировым тенденциям фермерские хозяйства постепенно переходят на автоматизированное выращивание биостимулирующих пищевых продуктов и кормовых добавок для животных, из пророщенного зерна злаковых трав (рис. 1) [1, 2].



**Рисунок 1 – Вегетационная камера (с матами из пророщенного зерна)**

Большинство современных пищевых продуктов и кормовых премиксов имеют низкую биологическую доступность, и плохо усваиваются организмом. Зато пророщенное зерно в таких случаях является оптимальным и недорогим источником эффективных биологических микро- и макроэлементов, и витаминов, повышающим здоровье людей и продуктивность животных. При проращивании зерно превращается в диетический корм, который содержит в себе в большом количестве клетчатку, каротин, витамины С, Е, В, так же, такой вид

зерна превосходит обычное, непророщенное, по содержанию протеина, незаменимым аминокислотам, микроэлементам, витаминам Е и группы В. Проращивание зерна до величины ростков и корешков до 1.5-2.0 см обеспечивает увеличение содержания витаминов в 146 раз. Так же при проращивании зерна существенно увеличивается усваиваемость питательных веществ, поскольку в процессе проращивания активизированные ферменты зерна превращают сложные питательные вещества в простые соединения. Так, сухое зерно содержит в себе сложные жиры и крахмал, который организм по сути дела должен расщепить самостоятельно. Но когда зерно прорастает, внутри происходят именно те процессы, которые способствуют расщеплению сложных веществ на более простые, которые легче усваиваются организмом. Рацион, содержащий много легкоусвояемых и физиологически активных соединений, за счёт введения пророщенного зерна, благотворно влияет на все функции и оздоровление организма. Включение зеленого гидропонного корма из пророщенных семян (обычно злаковых культур, таких как пшеница, ячмень, овес и другие) имитирующего свежую траву с весенних пастбищ, естественного натурального корма для разных видов животных, позволяет резко увеличить продуктивность, выживаемость, прирост живой массы и коэффициент усваиваемости корма до 95% (по сравнению с плохо перевариваемыми концентрированными кормами, обладающими коэффициентом усваиваемости 25%-35%). Используемый для гидропонного проращивания семян штамм микроводоросли *Chlorella vulgaris* BIN содержит, 45-60% белков, 5-10% липидов, 10-35% углеводов, до 10% минеральных веществ. Важно отметить, что по качеству продуцируемого белка суспензия хлореллы превосходит все известные кормовые добавки и пищевые продукты, и включает все необходимые аминокислоты, в том числе незаменимые. По содержанию витаминов суспензия хлореллы, также многократно превосходит все растительные корма и культуры сельскохозяйственного производства. В результате исследований удалось выявить симбиоз семян и суспензии хлореллы, благотворно влияющий на рост и развитие прорастающих семян пшеницы отборной. Отмечено 50-80% ускорение роста семян, и почти 7% увеличение их веса по сравнению с контрольной средой, прорастающей в воде по окончании 5 суток исследований. Весьма значимый эффект также наблюдается при использовании суспензии хлореллы в качестве удобрения для проращивания кормовых семян, прорастающих в закрытом грунте. Так количество проросших в грунте семян увеличивается на 20-40%, биомасса проросших семян увеличивается на 30-50%, при сравнении с другими биостимуляторами роста растений. Органические соединения, микроэлементы и витаминами вырабатываемые суспензией хлореллы осаждаются на корневой системе прорастающих семян, стимулируя их рост и насыщая их полезными элементами. Помимо прочего хлорелла содержит природный антибиотик хлорелин, угнетающий патогенную микрофлору прорастающих семян [3].

Апробация новых методов и технологий производства биостимулирующих кормовых добавок на основе биологических суспензий микроводорослей, в том числе при получении пророщенного зеленого гидропонного корма (из про-

рощенных семян) и при проращивании семян в закрытых грунтах тепличных хозяйств для разных видов сельскохозяйственных животных и птиц, прошла в лабораториях: центра развития животноводства; факультета агрономии и биотехнологии; института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова. Исследования выполнялись при взаимодействии и сотрудничестве с учеными представляющими группу компаний «ЭЛНАН» и с учеными представляющими компанию ООО «Альготек».

В первом опыте использовалось пшеница отборная для проращивания. Изготовитель: ООО «Образ жизни». Изготовлено по ТУ 01.11.00-002-38744635-2016 (дата изготовления 15 июля 2019 года). При проведении исследования также использовалась суспензия хлореллы с концентрацией клеток штамма *Chlorella vulgaris* BIN - 7,5 (миллионов клеток/мл.) и водопроводная питьевая вода. подготовленные пробы семян пшеницы были засыпаны в лотки с номерами 1, 2, 3 и 4.

Исследование было разделено на три этапа:

I этап – отбор и завешивание семян, замачивание, барботирование и промывка семян с измерением изменения текущих характеристик (время проведения 3 часа).

II этап – замачивание семян в воде и суспензии хлореллы в течении 2-х суток, без освещения, с измерением измерения весовых характеристик семян, и заменой жидкости каждые 8 часов.

III этап – дозированное орошение семян каждые 8 часов водой и суспензией хлореллы в течении 2-х суток, в присутствии освещения, с измерением измерения весовых характеристик семян, и заменой жидкости каждые 8 часов.

Результаты связанные с изменением веса семян представлены далее (табл. 1).

*Таблица 1*

**Изменение веса при замачивании, барботировании, промывке, проклеивании и развитии первичных корешков семян**

Время выполнения опыта	Лотки №2 и №3 с водой, вес семян (усред.), г	Процент увеличения веса семян	Лотки №2 и №3 с суспензией хлореллы, вес семян (усред.), г	Процент увеличения веса семян
<b>Изменение веса семян при их замачивании, барботировании и промывке</b>				
0 часов	6±0,01	0%	6±0,01	0%
1 час	7,016±0,01	16,93%	7,016±0,01	16,93%
3 часа	7,691±0,01	28,18%	7,691±0,01	28,18%
<b>Изменение веса при проклеивании и развитии первичных корешков семян</b>				
окончание II этапа	8,895±0,01	48,25%	9,0575±0,01	50,96%
окончание III этапа	10,512±0,01	75,20%	10,925±0,01	82,08%



Рисунок 2 – Конечная стадия эксперимента перед измерением веса

Эксперимент по проращиванию семян луговых трав в грунте с помощью суспензии микроводоросли штамма *Chlorella vulgaris* BIN проходил в одинаковых условиях для всех видов растений, в котором также использовался грунт универсальный фирмы ООО "Фаско+". Грунт размещался в конические пластиковые горшки. Все горшки были размещены на горизонтальном столе. В производственном помещении при температуре 20°C, моделировались тепличные условия. В качестве осветителя использовалась лампа ДНАТ мощностью 400 ватт, расположенная на высоте 1,5 метра над горизонтальным столом. При проведении опыта были использованы семена Донника желтого, урожая 2018 года, Люцерны, урожая 2017 года, Люцерны кубанской урожая 2018 года. Семена кормовых растений были посажены в горшки. Полив семян осуществлялся ежедневно в объеме 100 мл. жидкости на горшок. Горшки пленкой не накрывались, с целью достижения условий близким к росту семян в теплице. В качестве жидкостей были выбраны: вода отстоянная в течении недели (контроль); раствор «Идеал» смешанный с отстойной водой в пропорции 1:10; суспензия микроводоросли штамма *Chlorella vulgaris* BIN (7,5 млн. кл./мл.). Результаты опытов фиксировались в таблицах по дням с 3 по 10 (рис. 2).

На 10 день эксперимента все ростки были аккуратно извлечены из горшков вместе с корнями. Вес ростков был измерен на весах Pocket Scale (серии МН-100), с погрешностью измерений 0,01грамм (табл. 2).

Таблица 2

#### Эксперимент с измерением веса ростков

Наименование семян	Растворы	Вес ростков, г	Вес относительно контроля
Донник желтый	Вода(контроль)	0,071	100%
Донник желтый	„Идеал"	0,06	84,51%
Донник желтый	Хлорелла живая	0,072	101,41%
Люцерна	Вода(контроль)	0,035	100%
Люцерна	„Идеал"	0,036	102,86%
Люцерна	Хлорелла живая	0,064	182,86%
Люцерна кубанская	Вода(контроль)	0,012	100%
Люцерна кубанская	„Идеал"	0,007	58,33%
Люцерна кубанская	Хлорелла живая	0,023	191,67%

## **Вес ростков (на 10 день)**

По показателям увеличения веса ростков (на 182-191%), высоты прорастания и числа проросших в закрытом грунте ростков можно сделать вывод о том, что в тепличных условиях, особенно в зимнее время при применении суспензии хлореллы для выращивания витаминных кормовых добавок могут быть быстро выращены ростки люцерны.

### **Библиографический список**

1. Яковчик Н.С., Мордань Г.Г., Зеленый гидропонный корм – круглый год. М.: журнал: Наше сельское хозяйство. №4, 2017. – С. 2-8.
2. Мартынов Д.Ю., Новиченко А.И., Мартынов В.Ю., Кучинова И.В., Пузенко Е.Е. Повышение энергоэффективности технологического оснащения производственных процессов в отраслях перерабатывающей промышленности / М: журнал: Естественные и технические науки. №5, 2016. – С. 12-19.
3. Король Т.С., Мартынов Д.Ю., Новиченко А.И., Новиков А.В., Сумарукова О.В., Лапидовский М.В., Исследование возможности использования микроводоросли *Chlorella vulgaris* в технологических процессах обеззараживания и доочистки сточных вод / М: журнал: Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2017/4, 2017. – С. 24-30.

УДК 626.80

## **ЗАДАЧИ ПО РЕСТАВРАЦИИ КАПУСТИНСКОГО ПРУДА В РАЙОНЕ СВИБЛОВО г. МОСКВЫ**

*Фёдоров Сергей Анатольевич, старший преподаватель кафедры комплексного использования водных ресурсов ИМВХС имени А.Н. Костякова ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Иштубаева Виктория Германовна, менеджер по экологии проектов строительства ООО «ГарантСтрой»*

*Аннотация: проведён анализ причин ухудшения экологического состояния Капустинского пруда, предлагаются мероприятия для их исправления.*

*Ключевые слова: Капустинский пруд, экологическое состояние, благоустройство пруда.*

Многие городские водоемы находятся в неудовлетворительном экологическом и техническом состоянии, что отрицательно влияет как на окружающую среду, так и на эстетическую привлекательность ландшафта. Проблема реабилитации рек и водоемов актуальна в многомиллионном мегаполисе, который остро нуждается в комфортной среде обитания. Камнем преткновения здесь является и Капустинский пруд (рис.1), вокруг судьбы которого не единожды разгорались предвыборные страсти [1].



**Рисунок 1 - Панорама Капустинского пруда**

(фото взято из [2]), справа виден заросший деревьями остров для гнездования птиц. Пруд обжит колонией уток, насчитывающей сотни особей.

Капустинский пруд с каждым годом мелеет (уровень воды в пруду упал на 60 см.), зарастает водорослями, его дно замусорено. Вода летом цветёт, загрязнена, поэтому экологическое состояние водоёма нуждается в улучшении. Тем не менее, пруд производит приятное впечатление белыми кувшинками. Недавно, в 2011 году, в протоке за островом появилось розово-голубое пятно нимфеи. Насколько известно [3], это единственное место в Москве, где нимфея прижилась, поэтому Капустинский пруд нуждается в особой охране!

Первоначально площадь водосбора составляла  $\Omega_{в.сб} = 47,2$  га, площадь пруда с заболоченной частью (площадь копани),  $\Omega_{пр.} = 2,3$  га (5%). На площадь суши, с которой в пруд поступала вода, приходилось:  $\Omega_{с} = \Omega_{в.сб} - \Omega_{пр.} = 47,2 - 2,3 = 44,9$  га (95% территории водосбора). То есть, в пруду воды собиралось в ( $\Omega_{в.сб.} / \Omega_{пр.} =$ ) 20 раз больше, чем его зеркало принимало непосредственно в форме дождя и снега.

На рисунке 2 показан поперечный гидрогеологический разрез пруда по наиболее глубокой его части перед островом (взгляд с юга на север). Сначала фильтрационный поток вдоль депрессионной кривой при имевшихся вековых запасах грунтовых вод питал холодные ключи и бурун в середине пруда, которые за десятки лет, прошедшие со времени строительства пруда, промыли себе дорогу в противофильтрационном экране (см. слой суглинка на рис.2). Этап обмеления Капустинского пруда наступил в 1976...78 гг. в связи с постройкой в 200 м от его южного берега метро-тоннеля с дренажем, который стал сбрасывать вековые запасы уровня грунтовых вод (УГВ). Ныне, как показывает сухой зумпф (прямок для сбора дренажных вод) в метро-тоннеле, подпитывания пруда с большого водосбора не имеется, вековые запасы УГВ сработаны. Вместо буруна на дне образовался водоворот, куда уходит вода из пруда. Жители помнят, что ближе к середине пруда, ещё до отсыпки острова, в конце 1960-х годов, случалось, в водовороте тонули люди. Даже в последнее благоустройство (~2000 год) противофильтрационный экран, по словам старожилов, не ремонтировали — в бочажинах стояла вода.

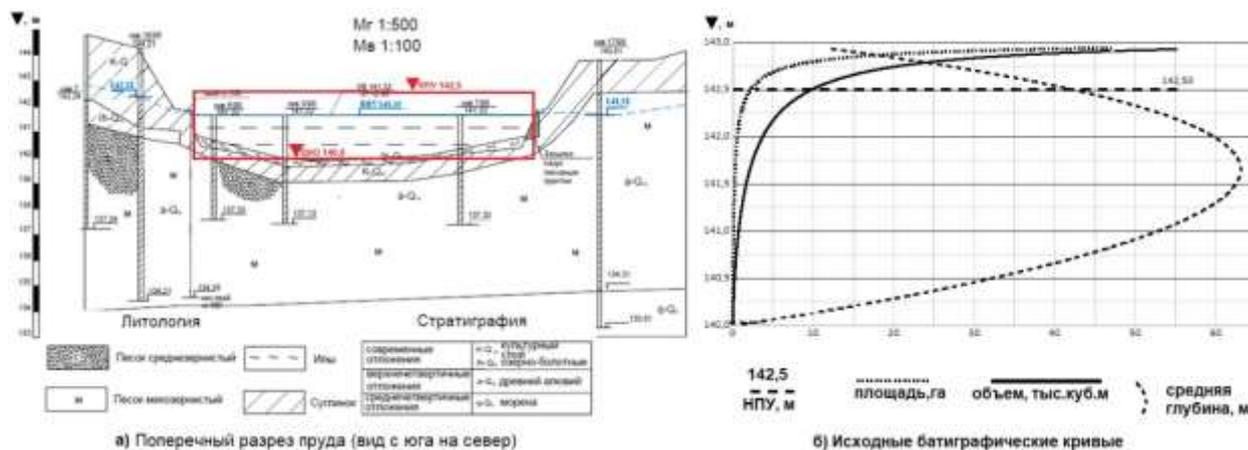


Рисунок 2 - а) Гидрогеологический разрез обмелевшего после строительства метро Капустинского пруда (данные по УГВ 1998 г. [4]; показаны: голубая линия - депрессионная кривая; красный прямоугольник - эквивалентная проектная ёмкость пруда  $V_{нпу} = 60$  тыс.м<sup>3</sup>);

- б) построенные по карте [5] с горизонталями исходные батиграфические кривые ложбины, в которой расположен пруд.

Проектировщики предлагают весьма дорогостоящее решение проблемы обмеления с помощью долива пруда питьевой водой в ночное время. Дефицит водных ресурсов предлагается восполнять из городского водопровода (тариф 9,17 руб/м<sup>3</sup> – в 2004г., а с 1.06.2019 г. – 33,75 руб/м<sup>3</sup>, не считая НДС, затрат на электроснабжение и др. – естественно, за счёт налогоплательщиков), на что предусмотрена соответствующая расходная статья бюджета района Свиблово. Наблюдения же показывают, что как правило, долив пруда производится только осенью ко Дню города: во-первых, к празднику; во-вторых, чтобы прикрыть асбоцементную горизонтальную трубу долива, и она не оказалась торчащей над- или вмороженной в лёд зимой.

Согласно топографической карте [5] и гидрогеологическому разрезу [4], дно копани находилось на отметке  $\nabla_{\text{дна}} = 140,0$  м, что после благоустройства обеспечивало максимальную глубину водоёма:

$$h_{\text{max}} = \nabla_{\text{НПУ}} - \nabla_{\text{дна}} = 142,5 - 140,0 = 2,5 \text{ м.} \quad (1),$$

где  $h_{\text{max}}$  - максимальная глубина;  $\nabla$ - отметки уровней воды в пруду;  $\nabla_{\text{НПУ}}$ - нормальный проектный уровень при ёмкости  $V_{нпу} = 60$  тыс.м<sup>3</sup>.

На рисунке 2 б) обращает на себя внимание кривая средней глубины, найденная расчётом как отношение ёмкости ложбины к её площади:

$$\bar{h} (\nabla) = V/\Omega \quad (2),$$

где  $\bar{h}$  – средняя глубина;  $V$ – ёмкость,  $\Omega$  – площадь ложбины.

Анализ зависимости (2) показывает, что геометрические параметры ложбины способствуют росту средней глубины до  $\bar{h}_{\text{max}} = 63$  см при отметке уровня  $\nabla 141,65$  м. Затем прирост площади ложбины обгоняет рост объёма. При  $V_{нпу} = 10$  тыс.м<sup>3</sup>,  $\Omega_{нпу} = \Omega_{\text{пр.}} - \Omega_0 \approx 2,3$  га = 23 тыс.м<sup>2</sup> (с учётом площади острова  $\Omega_0 = 0,11$ га, отсыпанного при благоустройстве). Таким образом, при уровне  $\nabla_{\text{НПУ}} = 142,5$  м средняя глубина снижается до:

$$\bar{h} = 10 \text{ тыс.м}^3 / 23 \text{ тыс.м}^2 = 0,43 \text{ м} \ll [\bar{h}_{\text{сан}} = 2 \dots 3 \text{ м}] \quad (3).$$

Несмотря на то, что пруд-копань расширил естественную ложбину (рис.2а), без ряжевых вертикальных стенок (которых до сих пор нет) создать требуемую санитарную среднюю глубину пруда [ $h_{\text{сан}} = 2 \dots 3 \text{ м}$ ] невозможно! Тем не менее, на берегу пруда установлен стенд, с нереальными при таком ложе параметрами водоёма:  $V_{\text{нпу}} = 60 \text{ тыс. м}^3$ ,  $\Omega_{\text{нпу}} = 2,4 \text{ га}$ ,  $h = 2,5 \text{ (!?) м} \in [h_{\text{сан}}]$  (но это же не средняя,  $h = 0,43 \text{ м} \ll h_{\text{max}} = 2,5 \text{ м}$  - максимальная глубина пруда!)

Что же делать сейчас?

Если учесть, что пруд обмелел после сокращения водосборной площади ( $\Omega_{\text{в.сб}}$ ) с 47,2 до 2,3 гектаров, то для его наполнения нужно попытаться опять увеличить площадь водосбора:

Во-первых, за счёт создания береговой водоохранной зоны (ВОЗ — здесь увеличить водосбор более, чем до  $\Omega_{\text{в.сб.}} = 2,7 \text{ га}$  не получится, так как близрасположенная территория застроена. Но убрать автодорогу и отодвинуть ливневую канализацию к стенам домов, по крайней мере, на 14 м, засеяв освободившееся место травой — можно). Для этого необходимо убедить городские власти, что Капустинский пруд должен быть особо охраняемой территорией, с положенной в этом случае по закону 50-метровой ВОЗ. Власть придерживающих можно попробовать убедить, подняв историю становления водоёма на месте Мшаного болота в составе усадеб Отрадное-Свиблово, а также помня о появлении здесь уникального для Москвы ареала нимфеи [3].

Во-вторых, убрать ливневую канализацию со стороны сквера. Площадь питания увеличится. Каждый отвоёванный гектар водосбора, в среднем, добавит 2 тыс.м<sup>3</sup>/год притока, уходящего сейчас в ливневую канализацию.

### **Заключение**

Рассмотрено состояние Капустинского пруда и намечены пути его экологической реабилитации:

1. Капустинский пруд с каждым годом все более мелеет, засоряется, зарастает водорослями. Вода в нём загрязняется утиными фекалиями ( $\text{NH}_4^+$ ), а летом цветёт. Поэтому экологическое состояние водоёма нуждается в улучшении.

2. Пруд обмелел из-за сокращения водосборной площади с 47,2 до 2,3 гектаров. До 2,7 гектаров площадь водосбора можно увеличить за счёт расширения береговой полосы, и добавить по 2 тыс.м<sup>3</sup>/год поверхностного притока в пруд за счёт каждого отвоёванного гектара Капустинского сквера.

3. Усадьбы Отрадное-Свиблово уже признаны объектами, нуждающимся в охране государства. Капустинский пруд, как их историческую часть, тоже следует причислить к зонам уникального природного и культурного наследия.

4. Предлагается увеличить прибрежную глубину до 1,5...1,7 м с помощью ряжевой стенки со стороны сквера, устроив уткам плавные сходы в воду.

5. Водоёму требуется восстановление противочленистого экрана, в том числе, укладка по дну водонепроницаемой плёнки.

6. Долив водоёма из водопроводной сети в летнее время можно минимизировать. Как вариант, предлагается рассмотреть строительство фонтана, который будет аэрировать воду и обяжет службу эксплуатации доливать пруд.

### Библиографический список

1. «Ежовая газета» // Информационный материал партии «Яблоко». – Май-июнь 2013г. [Электронный ресурс]: [www.facebook.com/groups/ezhovaya.gazeta/](http://www.facebook.com/groups/ezhovaya.gazeta/) (дата обращения: 10.11.2019)
2. Проект физкультурно-оздоровительного комплекса с административными помещениями и автостоянками «Нансен» по адресу: проезд Нансена, вл.7. [Электронный ресурс]: <http://www.novostroim.ru/base/1360436325.html> (дата обращения 10.11.2019).
3. Белова И., Зеленова Т. «Пруды в Свиблове очистят от мусора и ила» // Газета «Звёздный бульвар», №35(646), 5 сентября 2019 г., с.7. [Электронный ресурс]: <https://zbulvar.ru/prudy-v-sviblove-ochistyat-ot-musora-i-ila/> (дата обращения: 10.11.2019).
4. Заключение по инженерно-геологическим условиям капремонта пруда у кинотеатра «Марс» (Заказ 98-809). Проект. – М., 2009.
5. Карта Москвы Мосгеотреста [Электронный ресурс]: <http://www.retromap.ru/mapster.php#panes=1&right=051952&zoom=15&lat=55.835807&lng=37.555260> (дата обращения 10.11.2019).

УДК 556

## НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ТОЧНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗАТОПЛЕНИЯ НА МАЛЫХ ВОДОТОКАХ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ

*Науменко Николай Олегович, младший научный сотрудник лаборатории безопасности гидротехнических сооружений отдела гидротехники и гидравлики, ФГБНУ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова*

*Аннотация:* На основе рассмотренных условий точного определения границ затопления на малых водотоках, предложен комплекс мероприятий для мониторинга бассейнов рек и снижения негативного воздействия на экосистемы в период весеннего половодья.

*Ключевые слова:* затопление, малые водотоки, половодье, мониторинг, негативное воздействие, программное обеспечение.

Затопление территорий в весенний период, несмотря на зачастую естественные природные процессы, несет в себе крайне негативные последствия окружающей среде. Вымывание пестицидов, гербицидов, инсектицидов с сельскохозяйственных угодий [1], а так же продукты жизнедеятельности человека с населенных пунктов ведет либо к сокращению численности фауны в водном объекте, либо к полному ее уничтожению. Вследствие этого необходимо если и не предотвратить затопление, то хотя бы иметь возможность его точно предсказать для минимизации дальнейших последствий.

Объектом исследования является участок реки Куганак Стерлитамакского района Республики Башкортостан. В период половодья с периодичностью в 2-3

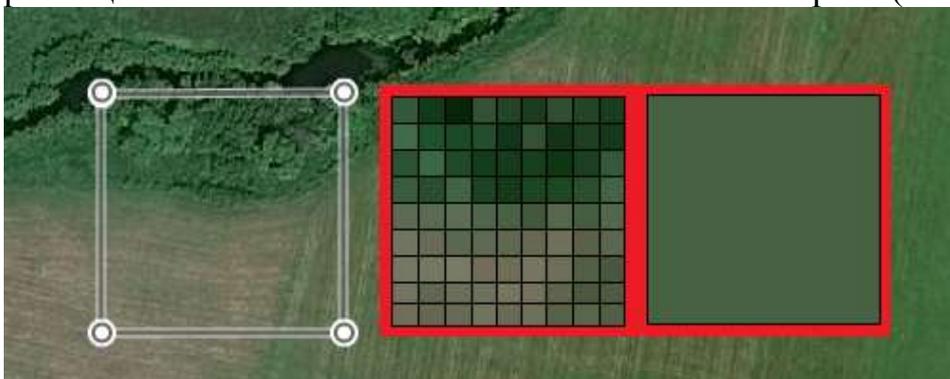
года река выходит из берегов более чем на 300 метров, затапливая тем самым несколько дачных поселений и сел.

Неоднократно предпринимались попытки расчета зон затопления в половодье с помощью программы Mike 21, однако во всех случаях расчет не выявлял возможных факторов выхода реки из берегов.

Исследование в данной работе показало ряд причин, при которых данное программное обеспечение нельзя использовать для определения границ зоны затопления на малых реках без наличия базы данных с актуальными показателями.

Основными причинами являются:

1) Использование космических снимков для проведения расчетов. Средний размер пикселя данных дистанционного зондирования Земли из космоса составляет 90х90 метров реальной территории [2]. На рисунке (рис. 1) показана разница съемки с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) и спутника.



**Рисунок 1 – Цветовая погрешность в зависимости от площадного охвата в одном пикселе**

Качество съемки БПЛА с охватом в одном пикселе площади 10х10 метров, позволяет выявить естественное препятствие вдоль русла реки. В случае же с космическим снимком, данное препятствие отсутствует, это говорит о том, что при увеличении расходов в реке, вода не встретив сопротивления, продолжит движение. Угроза затопления по данным космического снимка отсутствует.

2) Значительная топографическая погрешность при произведении расчетов (рис. 2).

Сглаживание незначительных по размеру участков, не позволяет точно произвести прогноз зоны затопления [3]. На рисунке (рис. 2) показана практически ровная поверхность, однако фактическая разница между отметками поверхности поля и русла превышает 5 метров.

3) В России вследствие отсутствия актуальных данных, используются осредненные данные по влажности почвы на исследуемых территориях. Движение воды по увлажненной и сухой поверхности в свою очередь существенно отличается. При оценке границ затопления для крупных рек, данным фактором можно пренебречь, но для малых рек этого допускать нельзя. Малые реки в результате выхода из берегов образуют мелководные участки затопления, поэтому влажность почвы в данном случае является актуальным показателем.



**Рисунок 2 – Пример топографической погрешности**

Многолетние наблюдения за рекой Куганак позволили выявить закономерности, при которых можно с максимальной вероятностью определить возможность затопления территории в период весеннего половодья. К примеру, от наличия или отсутствия атмосферных осадков в виде дождя в осенний период зависит, будет или нет, затоплена прилегающая к водотоку территория. Практика показала, что при наличии обильных осадков осенью, весной территория затапливается.

Программное обеспечение Mike 21 активно используется в странах Европы, где зарекомендовала себя как одна из лучших в области прогнозирования зон затопления. С этим нельзя не согласиться. Причиной тому, что программа не выявила факта выхода реки Куганак из берегов, являются неактуальные данные или вовсе их отсутствие.

### **Библиографический список**

1. Романова Л.Г. Критерии оценки компонентов агроландшафта, обеспечивающих экологическую устойчивость орошаемой территории / Л.Г. Романова, В.А. Шадских, В.Е. Кижяева, А.Г. Лапшова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1 (57). – С.180-185.

2. Соколова, Ю.П. Прогнозирование опасных гидрологических явлений с помощью ГИС технологий / Ю.П. Соколова, А.В. Звягинцева // Информация и безопасность: Региональный научно-технический журнал. Воронеж, 2011, вып.4. С. 545-552.

3. Науменко Н.О. Проблемы развития сельскохозяйственных мелиораций и водохозяйственного комплекса на базе цифровых технологий (Том II) "Перспектива разработки программного обеспечения для оценки прохождения паводков и волн прорыва в виде 3D модели", Юбилейный сборник 2019г., том 2, стр. 21-23

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АББЕ ДЛЯ ПОИСКА СКРЫТОЙ ЗАКОНОМЕРНОСТИ

*Евграфов Алексей Викторович, доцент кафедры Общей и инженерной экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Пуховский Анатолий Владимирович, профессор кафедры Общей и инженерной экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Цель исследования – представить метод Аббе как инструмент поиска закономерностей в многолетних рядах наблюдений за метеорологическими и гидрологическими характеристиками. Дано метрологическое описание метода Аббе. Указано на то, что с ростом объёмов выборок распределение статистики хорошо приближается нормальным законом, а также на то, что имеет место устойчивость распределения статистики критерия Аббе к отклонениям от нормального закона. Представлен обзор работ с использование данного метода. Проведены пробные оценки степени изменения климата на водосборах лесной зоны Российской Федерации.

**Ключевые слова:** метод Аббе, оценка стационарности, изменения климата.

Очень трудно найти в тёмной комнате  
чёрную кошку, особенно, если её там нет!  
Конфуций

Происходящие в природе процессы обычно являются динамическими процессами. Числовые значения физических величин, описывающих такие процессы на языке точных наук, меняются с течением времени. Ввиду чрезвычайной сложности (многофакторности и многостадийности) большинства из естественных процессов, на первый взгляд кажется, что итог их – случаен, и что никаких значительных смещений центров распределений нет.

Традиционные для классической гидрологии методы расчётов исходят из предположения о стационарности климата, ландшафтов и природопользования на водосборе.

С другой стороны, помятуя основополагающий принцип экологической науки «всё связано со всем», возведённый в ранг аксиомы, в связи с глобальными изменениями факторов, вызывающих некие эффекты в окружающей среде, можно ожидать проявления нестационарности и в соответствующих процессах.

Наиболее вероятным фактором, смещающим центр распределения, является сейчас антропогенная деятельность. Человек, по выражению Вернадского, стал геологической силой. Антропогенные изменения на водосборах делают неоднородными многолетние ряды гидрометрических наблюдений; выбросы газов в атмосферу изменяют климат.

Для оценки этих изменений принято делить многолетний ряд на, например, два временных отрезка, и делать вывод, сравнивая значения статистических параметров по сериям.

Конечно, в случае резкой смены условий на водосборе (например, при вводе в эксплуатацию гидроузла) или тотальной необратимой смены условий землепользования (при вырубке леса и последующей распашке или застройке) такой подход оправдан. Ведь можно чётко определить дату изменения условий природопользования.

Однако, искусственное деление периода наблюдения, например, на тридцатилетки, которое имеет место при оценке климатических сдвигов, нам представляется необоснованным. Среди статистических методов есть несколько методов, на наш взгляд, гораздо лучше подходящих для условий плавного развития процесса.

Хочется обратить внимание на метод Аббе, используемый в теоретической и практической метрологии [1] для поиска скрытой закономерности при выявлении переменной систематической погрешности.

Согласно МИ 2091-90 «ГСИ. Измерения физических величин. Общие требования», группа результатов измерений содержит постоянно возрастающую или постоянно убывающую систематическую погрешность, если выполняется неравенство (1):

$$\frac{S_d^2}{S^2} < v_\tau(q, n), \quad (1)$$

где  $S_d$  – среднее квадратическое отклонение группы результатов измерений, вычисленное по формуле (2):

$$S_d = \sqrt{\frac{1}{2(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} (X_{i+1} - X_i)^2}, \quad (2)$$

а  $S$  – среднее квадратическое отклонение группы результатов измерений, вычисленное по формуле (3):

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (3)$$

где  $n$  – число измерений в группе;  $X_i$  –  $i$ -й результат измерений;  $v_\square(q, n)$  – квантиль распределения, соответствующий уровню значимости  $q$  и числу измерений  $n$  в группе (при  $n$  до 60 включительно критические значения даются в справочной таблице, а при больших – аппроксимируются уравнениями).

С ростом объёмов выборок распределение статистики хорошо приближается нормальным законом [2]. Имеет место устойчивость распределения статистики критерия Аббе к отклонениям от нормального закона [2]. Эти особенности метода позволяют, на наш взгляд, распространять сферу его действия не только на анализ погрешностей, но и на анализ трендов в окружающей среде, параметры которой далеко не всегда подчиняются нормальному закону.

База научных исследований, опирающихся на данный метод, невелика. В работе [3] представлены оценки изменения элементов климата в районах вечной мерзлоты на территории севера западной Сибири.

Основные характеристики рядов, оценённых критерием Аббе при  $q = 5\%$  [4]

Параметр	Место измерения (метеостанция)	Период лет	Число лет	Расчётное значение Аббе	Критическое значение Аббе	Вывод о систематическом смещении
Среднегодовая температура, °С	Переславль-Залесский	1960...2017	58	0,637	0,79	да
	Владимир	1950...2017	64	0,774	0,80	да
	Рыбинск	1949...2017	69	0,608	0,81	да
	Москва (ВДНХ)	1948...2017	70	0,553	0,81	да
Годовая сумма осадков, мм	Переславль-Залесский	1961...2015	55	0,728	0,78	да
	Рыбинск	1966...2017	52	0,922	0,77	нет
Годовая продолжительность солнечного сияния, ч	Рыбинск	1978...2015	38	0,838	0,74	нет
	Москва (ВДНХ)	1955...1990	36	0,968	0,73	нет
	Кострома	1961...2018	58	0,893	0,79	нет
Среднегодовая скорость ветра, м/с	Владимир	1967...2013	47	0,278	0,76	да

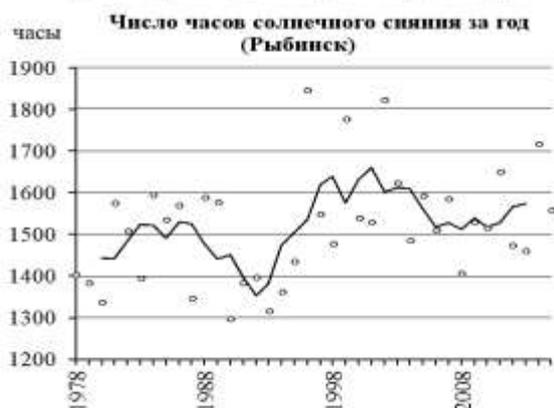
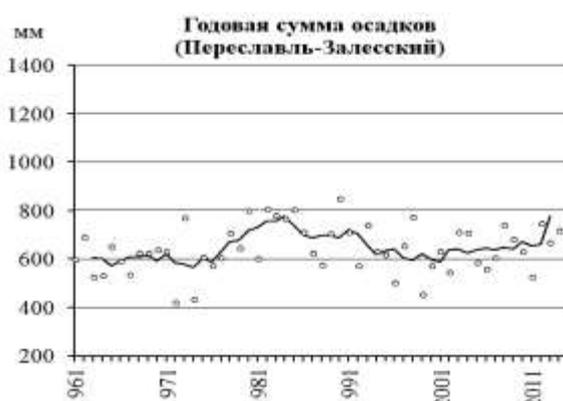


Рисунок 1– Многолетний ход значений метеопараметров [4]:

жирная линия – скользящее осреднение по пяти точкам

В работе [4] критерий Аббе был применён для оценки хода тех метеопараметров, которые вносят наибольший вклад в формирование стока. Расчёты проведены по данным наблюдений метеостанций Центральной России (табл.1, рис.1).

## **Выводы**

1. Среди оцененных параметров наибольшую нестационарность проявляет температура, наименьшую – солнечная радиация; скорость ветра имеет тенденцию снижения.
2. Для оценки гидрологических и метеорологических трендов метод Аббе должен использоваться более широко.

## **Библиографический список**

1. Пуховский А.В., Евграфов А.В. Метрология, стандартизация и сертификация : практикум для лабораторно-практических занятий. – М. : РГАУ-МСХА, 2015. – 92 с.
2. Лемешко С.Б. Критерий независимости Аббе при нарушении предположений нормальности // Измерительная техника. – 2006. – № 10. – С.9-14.
3. Решетько М.В., Моисеева Ю.А. Климатические особенности и статистические оценки изменения элементов климата в районах вечной мерзлоты на территории севера западной Сибири // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 4. –С.108-118.
4. Евграфов А.В. Оценка стационарности рядов метеоданных при динамическом моделировании стока // А.В. Евграфов, И.М. Евграфова // Природообустройство. – 2019. – Вып. 4. – С.78-82.

УДК 631.45.2:631.6

## **ОЦЕНКА ТРЕБОВАНИЙ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ К ГИДРОТЕРМИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ**

*Шабанов В.В., профессор кафедры мелиорации и рекультивации земель института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, д.т.н.*

*Маркин В.Н., доцент кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, к.т.н.*

*Солошенко А.Д., аспирант института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, магистр, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова*

**Аннотация:** *Сделан краткий обзор требований дождевого червя к влажности и температуре почвы, Дождевой червь используется в качестве индикатора экологического состояния почв. Учет его требований в растение-*

*водстве, наряду с требованиями выращиваемых растений, позволит экологизировать процесс выращивания растений.*

**Ключевые слова:** *почвенная биота, сельскохозяйственные растения требования к влажности и температуре почвы*

Растение и почва образуют взаимозависимую и взаимно определяемую систему (биоценоз). Конкретная система формируется под влиянием определенных природно-климатических факторов, что определяет видовой состав и параметры растительности, тип почв, их плодородие (состав почвенной биоты) [1]. Условия, в которых эволюционно сформировался и находится конкретный биоценоз, оптимальны для почвенной биоты и растительности. Почвенная биота и естественная растительность соответствуют абиотическим параметрам и характеристикам природных почв [2].

Сельскохозяйственные растения представлены, в основном, интродуцированными из других условий, организмами. Их требования отличаются от условий среды, например, повышенными требованиями к влажности почв при выращивании в аридных условиях и пониженными в гумидных. Отчасти это связано с желанием получать высокие урожаи, что требует значительных усилий по изменению природных условий. Последнее может привести к ухудшению условий существования почвенной биоты, а значит и самих почв. Дисбаланс требований почвенной биоты и сельскохозяйственных растений, в настоящее время решается в пользу получения высоких урожаев, для этого, наиболее полно удовлетворяются требования растений. При этом изменяются: видовой состав почвенной биоты [3], свойства почв и почвообразовательные процессы, и, вместо исторически сформированной почвы, формируется антропогенная. Мелиорация земель позволяет активно регулировать важные с точки зрения почвообразования, влажность и температуру почвы. Для сохранения естественных процессов почвообразования и повышения почвенного плодородия необходимо учитывать требования, не только растений, но и почвенной биоты, добиваясь определенного, экологически допустимого, компромисса. Особенно это актуально при реализации мелиоративных мероприятий.

Учет требований почвенной биоты может быть реализован с помощью индикаторных организмов. Считается, что таким индикатором могут служить дождевые черви [4]. Почва для дождевого червя основная среда обитания, поэтому на нем отражаются все изменения которые происходят в почве, через изменения его численности и биомассы. Дождевые черви вносят огромный вклад в повышение качества и плодородия почв. Черви подготавливают «биологическую спелость» почвы, в которой создаются оптимальные условия для роста растений и активности почвенной биоты [5]. При этом дождевые черви очень уязвимы при нерациональном сельскохозяйственном производстве. Выращивание сельскохозяйственных растений с применением «интенсивных» агротехнических и агрохимических технологий (глубокая отвальная вспашка, ядохимикаты и пр.) в значительной мере отрицательно влияют на рост и развитие

дождевого червя. В условиях рационального земледелия (биологическое, точное, ландшафтное) основными факторами, влияющими на жизнедеятельность червей будут влажность почвы и ее температура [4, 6]. Эти факторы можно регулировать посредством комплексных мелиоративных мероприятий, но для этого следует получить требования растений и почвенной биоты к влажности и температуре почвы, сопоставить их и выяснить насколько требования почвенной биоты совпадают с требованиями сельскохозяйственных растений. В случае совпадения режимов регулирования, можно получать высокие урожаи не снижая природное плодородие почв. При несовпадении требований культурных растений с требованиями почвенной биоты, нужно оптимизировать режимы регулирования таким образом, чтобы получить возможный максимум суммарной продуктивности по двум параметрам (почвенная биота и культурное растение).

Влияние влажности почвы

Таблица 1

**Изменение интенсивности почвенных микробиологических процессов в зависимости от температуры ( $t, ^\circ\text{C}$ ) и коэффициента увлажнения ( $K = \text{Ос}/\text{Е}$ , где Ос – годовое количество осадков, Е – суммарное испарение) территории (по М.М. Кононову)**

$t, ^\circ\text{C}$	$K = \text{Ос}/\text{Е}$	Интенсивность
$\geq 30$	$\geq 1,5$	Слабая
20...30	1,0...1,5	Очень интенсивная
10...20	0,6...1,0	Интенсивная
5...10	0,3...0,6	Слабая
$< 5$	$< 0,3$	Очень слабая

Кроме того, у различных групп микроорганизмов требования к тепловому и водному режимам тоже могут отличаться.

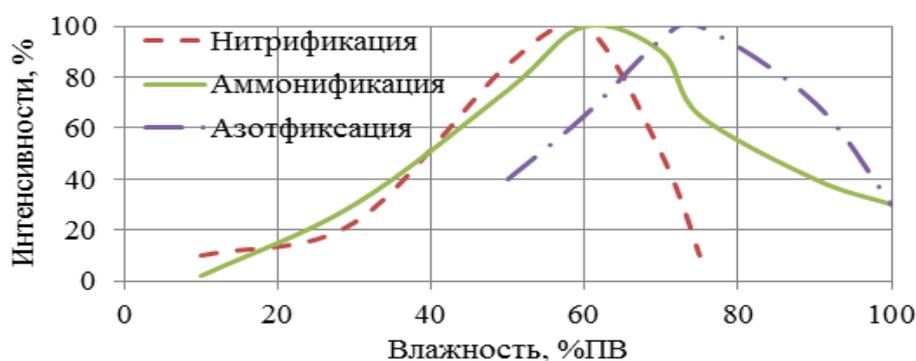


Рисунок 1 - Зависимость интенсивности биологических процессов от влажности почвы, % (по Д. Гривсу и М. Картеру)

Интенсивные почвенные микробиологические процессы активно протекают при влажности почвы 60% ПВ, при которой обеспечивается оптимальное соотношение влаги и воздуха в почве (рис.1) [3]. Влаголюбивые растения более требовательны к влаге, чем почвенная микро биота. Оптимальная влажность для них находится в пределах 70...80% ПВ. При таком увлажнении количество воздуха в почвенных порах снижается, что стимулирует анаэробные микробио-

логические процессы изменяющие условия естественного почвообразования (табл.1).

Дождевой червь на 75-90% массы тела состоит из воды. Чтобы предотвратить ее потери необходимы достаточно влажные почвы. Наибольшее количество дождевых червей, разных видов, отмечено при весовой влажности почв 12... 30% [7]. Влажность на уровне 23% отмечена как оптимальная для выращивания дождевых червей. Аналогичный диапазон объемной влажности, соответствующий 75...80% объема почвы отмечен как оптимальный для активности червей [8, 9] (рис.2).

### **Влияние температуры почвы**

Для большинства почвенных микроорганизмов оптимальная температура находится в пределах 10...35.6°C. В пределах 10...28°C повышается скорость дыхания почвенной микробиоты. При низких температурах почвы активность биоты снижается, а при температуре заморозания большинство видов микробиологическую деятельность прекращают.

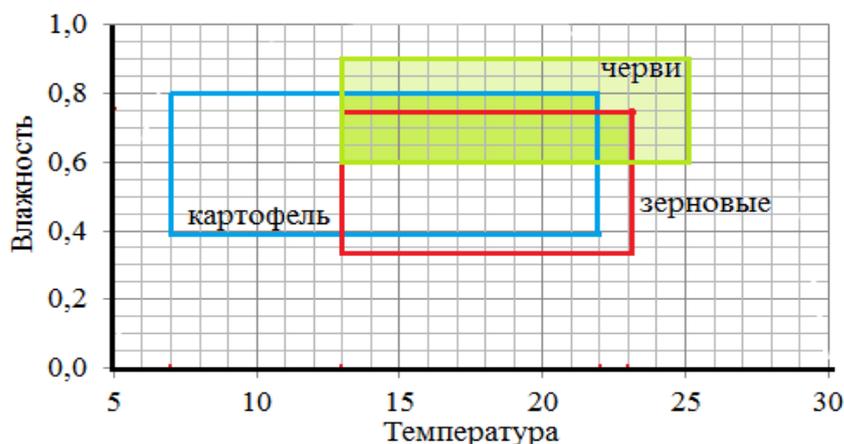
Для почвенных макро организмов, повышенная скорость метаболизма отмечается в диапазоне 10...24°C. При температурах 58°C многие почвенные макро организмы погибают [10].

Дождевые черви, как хладнокровные существа, очень чувствительны к изменениям температуры. Черви замерзают при температуре ниже 0°C. Минимальная температура для роста и развития червей отмечена на уровне около 10°C. Однако отмечается, что регенерация активно протекает при 4°C и заметно снижается, в 1,5, раза при температуре 23°C и, более чем в 2 раза, при температуре 32°C [11]. При температурах ниже 21°C активность дождевых червей существенно снижается и возрастает их уязвимость. При температурах 15,6°C вылупляются в 4 раза больше коконов чем при температуре 6°C [12]. Оптимальный диапазон температур находится в пределах 15...20°C (рис. 3). Увеличение температуры до 30°C приводит к снижению массы тела дождевых червей.

### **Требования сельскохозяйственных растений к водно-термическим условиям**

Сельскохозяйственные растения, в зависимости от расположения региона происхождения, имеют различные требования к содержанию влаги в почве и температурным условиям. Среди них отмечают влаголюбивые (например, овощные, кормовые) и мало засухоустойчивые растения (например, пшеница, рожь). В отношении к температурам, растения бывают теплолюбивые (например, бахчевые) и холодостойкие (например, картофель, редис). Их требования могут достаточно хорошо соответствовать требованиям почвенной биоты или значительно отличаться. В зависимости от этого изменяется величина дисбаланса природных и антропогенных почвообразовательных процессов, а значит степень антропогенного воздействия.

На рисунке 2 сопоставлены требования растений и требования дождевого червя к водно-термическим условиям почвы. Степень совпадения экологических ниш, при ориентации на получение высокого урожая ( $S > 0,6$ ), составляет, для зерновых 38%, а для картофеля 25%. При ориентации на создание благоприятных условий для почвенной биоты, степень совпадения для червей на зерновом поле составляет 42%, а на картофельном 50%.



**Рисунок 2 - Потенциальные водно-термические ниши сельскохозяйственных растений и дождевого червя на уровне биологической продуктивности 60% (температура °C, влажность в долях полной влагоемкости почвы)**

Все это означает, что диапазоны регулирования существенно уменьшаются и точность регулирования должна быть более высокой. Это можно реализовать используя системы точного мелиоративного регулирования гидротермического режима [13].

### **Выводы**

Почвенная биота, являясь индикатором формирования почв и их плодородия, позволяет оценить экологичность сельскохозяйственного освоения земель. Для этого, в систему управления «почва - растение» необходимо ввести новый объект – почвенную биоту. Компромиссный учет требований растений и почвенной биоты позволит на фоне получения высоких урожаев сохранить и даже повысить почвенное плодородие. Для индикации широко используются дождевые черви. Совпадение требований сельскохозяйственных растений и почвенной биоты, в различных вариантах, составляет от 25 до 50%. Это означает, что мелиоративное регулирование для получения высокого урожая и сохранения высокого плодородия должно быть точным.

### Библиографический список

1. Возникновение и развитие почв. Факторы почвообразования [Электронный ресурс] - <https://helpiks.org> (дата обращения 06.10.2019)
2. Маркин В.Н. Способы определения требований растений к содержанию N, P, K в почве/В.Н. Маркин // Доклады ВАСХНИЛ. – № 4 – М. 1987. – С. 42-45
3. Факторы среды, определяющие развитие микробного ценоза почвы - [Электронный ресурс] – Агроинформация. – [Режим доступа] <https://agroinf.com/mikrobiologiya> - (дата обращения 8=08.10.2019)
4. Влияние мелиораций на комплексность почвенного покрова – [Электронный ресурс] – Studwood – [Режим доступа] <https://studwood.ru> – (дата обращения 08.10.2019)
5. Tiwari, R.K. Enzymes of Earthworm as Indicators of Pesticide Pollution in Soil/ R.K. Tiwari, Shikha Singh, R.S. Pandey, Bechan Sharma // *Advances in Enzyme Research*. 4(04). – 2016. – p. 113-124
6. Кирюшин, Б. Д. Роль дождевых червей в качестве индикатора почвенного плодородия при разной интенсивности землепользования/ Б. Д. Кирюшин, Ф. Эльмер, С. Крюк, М. Ешко // *Известия ТСХА*. – Вып. 4. – 1999 – С.20-33
7. Singh, N.B. Optimum moisture requirement during vermicomposting/ N.B. Singh, A. K. Khare, D. S. Bhargava, S. Bhattacharya // *Applied ecology and environmental research* 2(1): Penkala Bt., Budapest, Hungary 2004. P.53–62.
8. Olson H.W. The earthworms of Ohio // *Ohio Biological Survey Bulletin*, 17: 1928. P.47-90.
9. Viljoen, S.A. Moisture and growth, maturation and cocoon production of *E. eugeniae*. *Revue-d Ecologie-et.* / S.A. Viljoen, A.J. Reinecke // *De-Biologie-du-Sol.*, 26(3): 1989. P. 291-303.
10. How Does Temperature Effect Earthworms?. *ReviewEssays.com*. Retrieved 12, 2010 [Электронный ресурс] <https://www.reviewessays.com/essay/How-Does-Temperature-Effect-Earthworms/22461.html> (дата обращения 20.10.2019)
11. Muyima, N. Moisture requirement for *D. veneta* – A candidate for Vermicomposting/ N. Muyima, A.J. Reinecke, S.A. Viljoen // *Soil Biol. Biochem.* –26(8) – 1994. –P. 973-76.
12. Brownmang, Onwuka. Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth/ Brownmang Onwuka, Brown Mang // *Advances in Plants & Agriculture Research*. –V. 8 –Is. 1 – 2018. –P.34-37
13. Шабанов В.В., Голованов А.И. Некоторые аспекты точной мелиорации. *Природообустройство*. 2019. №1 – с.92-96

## СИСТЕМА КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

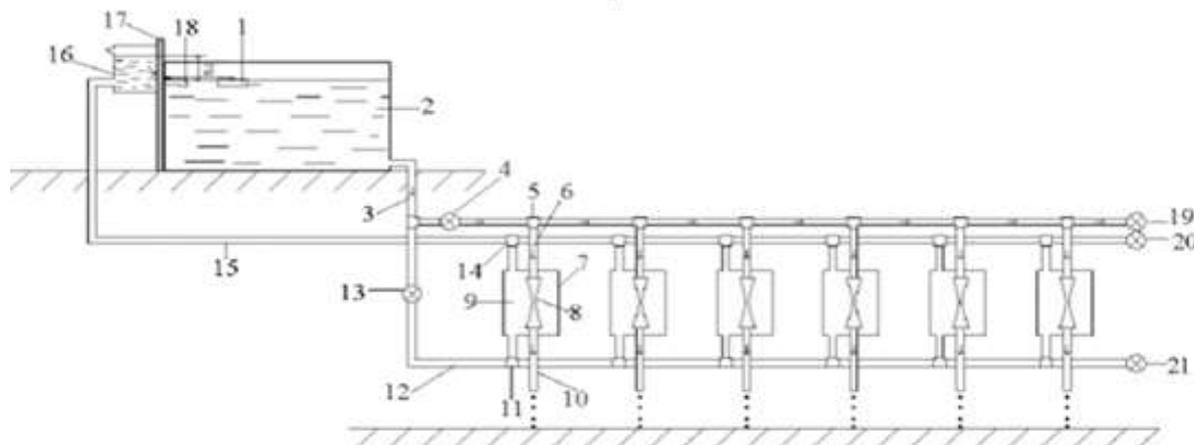
*Сметанин Владимир Иванович, заведующий кафедрой организации и технологии строительства объектов природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Магомедов Мурад Салмандибирович аспирант кафедры мелиорации и рекультивации земель, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Разработана система капельного орошения, способная расширить арсенал технических средств, для капельного орошения сельскохозяйственных культур, простая в изготовлении, обслуживании и надежная в процессе эксплуатации. не требующая специальной подготовки оросительной воды.

**Ключевые слова:** узел забора воды, магистральный трубопровод разводящий трубопровод, капельные линии, напорная линия

Нами изготовлен экспериментальный образец капельницы для системы капельного орошения (рис. 1) [1]. Проведена экспериментальная проверка ее работоспособности в системе капельного орошения.



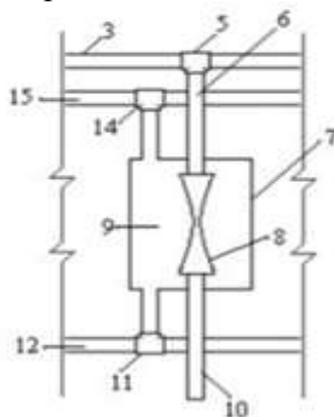
**Рисунок 1 - Система капельного орошения:**

1 - узел поддержания уровня воды в оросительном резервуаре; 2 - оросительный резервуар; 3 - магистральный трубопровод; 4 - запорный элемент в головной части системы; 5 - тройники (соединительная арматура); 6 - поливные трубопроводы; 7 - капельницы; 8 - упруго-пластичные вставки; 9 - камеры противодействия; 10 - оросители; 11 - тройники на заливочном трубопроводе; 12 - заливочный трубопровод; 13 - запорный элемент в точке присоединения к магистральному оросительному трубопроводу; 14 - тройники, в точках соединения с напорным трубопроводом; 15 - напорный трубопровод; 16 - напорный бак; 17 - кулиса; 18 - трубопровод, подводящий оросительную воду от водоисточника в оросительный резервуар; 19, 20 и 21 - запорные элементы в концевой части оросительного, напорного и заливочного трубопроводов соответственно

На рис.2 приведена схема подключения капельниц в системе капельного орошения.

Система капельного орошения (рисунок 1) включает узел поддержания уровня оросительной воды 1 в оросительном резервуаре 2, соединенный с ма-

гистральным трубопроводом 3 с запорным элементом 4 в головной части, к которому через тройники 5, присоединены поливные трубопроводы 6 с капельницами 7, имеющими в проточной части упруго-пластичные вставки 8 переходящие в оросители 9, камеры противодействия 10, соединенные через тройники 11 с заливочным трубопроводом 12 с запорным элементом 13 в точке присоединения его к магистральному оросительному трубопроводу 3 и через тройники 14 с напорным трубопроводом 15, соединенный с напорным бачком 16, кулису 17, обеспечивающую вертикальное перемещение и фиксацию напорного бачка 15, трубопровод 18, подводящий оросительную воду от водоисточника в оросительный резервуар 2, запорные элементы в концевой части оросительного, напорного и заливочного трубопроводов соответственно 19, 20 и 21.



**Рисунок 2 - Схема подключения капельниц в системе капельного орошения:**

3 - магистральный трубопровод; 5 – тройники (соединительная арматура); 6- поливные трубопроводы; 7 – капельница; 8- упруго-пластичные вставки; 9 – камеры противодействия; 10 - оросители; 11 - тройники на заливочном трубопроводе; 12 - заливочный трубопровод; 14 – тройники, в точках соединения с напорным трубопроводом; 15 - напорный трубопровод

В оросительный резервуар, при необходимости, можно добавлять в виде маточных растворов легко растворимые минеральные удобрения и растворимые в воде средства защиты растений

В качестве водоисточника может служить открытый водоем, система центрального водоснабжения или скважина с дебетом воды, достаточным для обслуживания всей системы капельного орошения.

Корпус капельниц 7 выполнен из упругого материала внутри которых размещен упруго-пластичный проточный элемент 8, соединенный с поливным трубопроводом 6, и оросителем 9, а камера противодействия 10 вверху соединена с напорным трубопроводом 15, в низу - с заливочным трубопроводом 12 (рисунок 2).

Расстояние между капельницами 7 по длине магистрального оросительного трубопровода 3 устанавливают с учетом плотности посадки растений.

Система капельного орошения работает следующим образом.

После завершения монтажных работ из трубопровода 18 через узел поддержания уровня оросительной воды 1 в оросительном резервуаре 2 при перекрытом запорном элементе 4 заполняют его оросительной водой до проектного

уровня, обеспечивающего поливной режим. После заполнения оросительного резервуара 2 открывают запорный элемент 13, вода поступает по заливному трубопроводу 12 и через тройник 11 в камеру противодействия 10, через тройник 14 вода поступает в напорный трубопровод 15 и далее в напорный бачок 16. После выравнивания уровней воды в напорном бачке 16 и оросительном резервуаре 2 и удаления воздушных пузырьков из напорного трубопровода 15 с помощью запорного элемента 19, запорный элемент 13 перекрывают. Затем с помощью кулисы 17 напорный бачок 16 поднимают вверх до образования перепада уровней воды в напорном бачке и оросительном резервуаре 2, равный величине  $Z$ , при котором будет обеспечен требуемый режим каплеобразования.

После этого положение напорного бачка 16 фиксируют на кулисе 17 прижимными винтами, напор в напорном трубопроводе 15 передается в камеры противодействия 10 капельниц 7 и формируется давление на эластичный проточный элемент 8, при котором происходит его сжатие в сторону уменьшения внутреннего сечения его проточной части, при котором наступает процесс каплеобразования. Далее, открывая запорный элемент 4, оросительная вода из оросительного резервуара 2 поступает в магистральный оросительный трубопровод 3, через тройники 5 в поливные трубопроводы 6 затем в деформированные эластичные проточные элементы 8 и в виде капель в оросители 9.

В форс мажорных ситуациях (засор в эластичных элементах 8 капельниц 7) уровень воды в напорном бачке 16 понижают путем опускания его по кулисе 17 до положения, при котором уровни воды в напорном бачке 16 и в оросительном резервуаре 2 будут выровнены. В связи с этим напор воды в камерах противодействия 9 упадет и снизится давление на упруго-пластичные элементы 8. Под действием сил упругости и внутреннего давления на стенки упруго-пластичного элемента 8 и засор, создаваемого напором оросительной воды, поступающей из оросительного резервуара 2 по магистральному оросительному трубопроводу 3, поливному 6 к месту заиливания упруго-пластичные элементы восстанавливают свою первоначальную форму, обеспечивающую вынос продуктов заиливания через ороситель 9 на почву. После завершения промывного режима напорный бак 16 возвращают в исходное положение, закрепляют его с помощью кулисы в проектное положение и система продолжает работу в штатном режиме.

Резюме.

Предлагаемая система капельного [орошения](#) — метод полива, при котором вода подаётся непосредственно в прикорневую зону выращиваемых растений малыми порциями с помощью дозаторов-капельниц. Позволяет получать значительную экономию воды и других ресурсов ([удобрений](#), трудовых затрат, энергии и трубопроводов), а также даёт другие преимущества (более ранний урожай, предотвращение эрозии почвы, уменьшение вероятности распространения болезней и сорняков).

### Библиографический список

1. Патент RU №2219760 Российская Федерация, [A01G25/02](#) система капельного орошения / Карпунин В.В., Салдаев А.М., Абезин В.Г., Карпунин В.В., Лагутин А.Н., патентообладатель Государственное научное учреждение Поволжский научно- исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий, подача заявки:2002-06-24, публикация патента: 27.12.2003.
2. Патент RU № 2231951 Российская Федерация [A01G25/02](#) Система капельного орошения / патентообладатели: Салдаев А.М. (RU), Бородычев В.В. (RU), Дементьев А.В. (RU) (подача заявки: 2001-10-31, публикация патента:10.07.2004
3. Патент RU № 2322047 [A01G25/02](#) Система капельного орошения / Кизяев Б.М. (RU), Салдаев А.М. (RU), Майер А.В. (RU), и др., патентообладатель: Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова Российской академии сельскохозяйственных наук (RU), подача заявки: 2006-08-30 , публикация патента: 20.04.2008.

УДК 631.6.02

### МЕХАНИЗМ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ

*Лапушкин Максим Юрьевич, инженер, ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»*

*Аннотация:* Эффективным методом рекультивации земель, загрязненных органическими соединениями является фиторемедиация. Фиторемедиация представляет собой природоподобную технологию для очистки почв. В статье приводится обзор механизма фиторемедиации органических загрязнителей.

*Ключевые слова:* растение, почва, ксенобиотик, рекультивация

Фиторемедиация представляет собой технологию использования растений для рекультивации загрязненных почв *in situ*. Эта технология применима для рекультивации земель, загрязненных различными органическими соединениями, тяжелыми металлами. Одним из основных условий и ограничений применения фиторемедиации является глубина проникновения корней растений в толщу загрязненной почвы. Достоинствами фиторемедиации является низкая стоимость работ по рекультивации земель и возможность мониторинга процесса очистки загрязненной территории.

За последние несколько лет наукой достигнуто понимание в отношении поглощения и метаболизма органических загрязняющих веществ растениями из почвы, особенно хлорорганических соединений и некоторых пестицидов. В этой статье представлено описание сорбции и поглощения хлорорганических соединений растениями.

Растения продемонстрировали способность противостоять высоким концентрациям органических ксенобиотических химических веществ [1], а в неко-

торых случаях они могут быстро поглощать и преобразовывать химические вещества в менее токсичные метаболиты [2]. Кроме того, они стимулируют деградацию органических загрязнителей в ризосфере за счет выделения корневых экссудатов и ферментов. Если загрязненный участок обладает высокой фитотоксичностью, то возможно внести питательные вещества, чтобы создать необходимые условия для развития растений.

Органические вещества могут сорбироваться в корнях и поглощаться, перемещаться, метаболизироваться или переноситься (улетучиваться) растениями. Органические загрязнители вступают в контакт с корнями, они могут сорбироваться или связываться корневой структурой и клеточными стенками. Гемиллюлоза в клеточной стенке и липидный слой растительных мембран могут эффективно связывать гидрофобные органические вещества. Такая сорбция может быть описана с использованием стандартных изотерм сорбции. На рисунке 1 показан пример изотермы сорбции через 48 часов для 1,4-дихлорбензола корнями тополя, выращенном как в лаборатории, так и в полевых условиях [3].

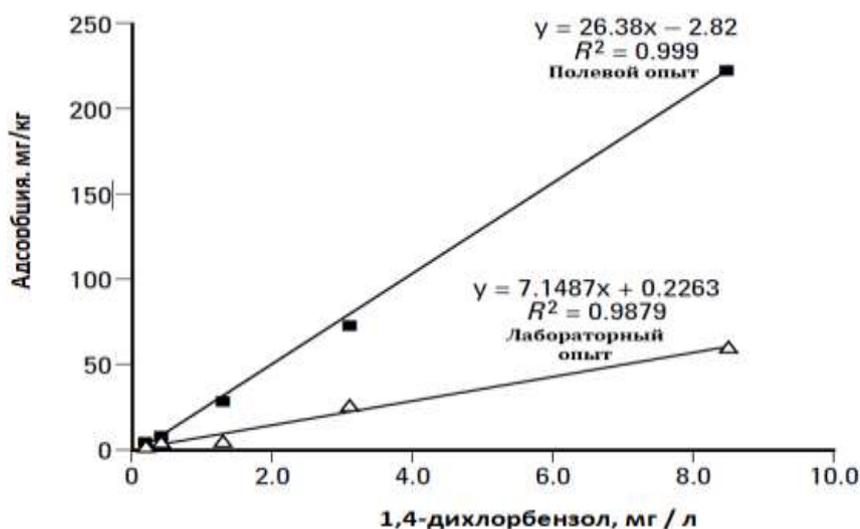


Рисунок 1 - Изотерма сорбции 1,4-дихлорбензола корнями тополя

Для описания процесса поглощения органических загрязнителей из почвы был введен фактор корневой концентрации (RCF) [3] как отношение органического вещества, сорбированного на корне (мг/кг) из почвы к количеству сорбированного вещества из гидропонного раствора (мг/л). Таким образом, наклон изотерм линейной сорбции на рисунке 1 являются показателями RCF. Авторы исследования [3] измерили RCF фенилмочевины на корнях ячменя и определили, что гидрофобные органические вещества были наиболее сильно сорбированы. Гидрофобность была связана с коэффициентом распределения октанол-вода  $\log K_{ow}$  [4].  $\log RCF$  скоррелировали с  $\log K_{ow}$  с помощью уравнения регрессии. Чем больше гидрофобность химического вещества, тем больше его склонность к поглощению из водной фазы.

Некоторые загрязнители быстро трансформируются на поверхности корня внеклеточными ферментами или мембраносвязанными ферментами. Функциональные группы аминов (-NH<sub>2</sub>) и гидроксильные (-OH) трансформируются ферментативно. Эти соединения и их метаболиты (особенно анилин) необратимо связываются с корнями и химически трансформируются. Они не десорбируются, потому что они связаны и трансформированы тканью корня.

Другие примеры включают восстановление и превращение нитроароматических взрывчатых соединений, таких как 2,4,6-тринитротолуол. Нитроароматические соединения могут прочно связываться с корнями и трансформироваться.

Поглощение органических веществ растениями является эффективным механизмом удаления органических загрязнителей из почвы [5]. Гидрофобные химические вещества очень прочно связаны с поверхностью корней и почв, а химические вещества, которые достаточно растворимы в воде, недостаточно сорбируются корнями и активно транспортируются через растительные мембраны.

Процессы фиторемедиации были подробно изучены в последние несколько лет благодаря более глубокому пониманию механизмов поглощения растений и различных типов ферментативного метаболизма. Константы сорбции и поглощения для различных веществ, могут помочь моделировать скорость поглощения различных химических веществ растениями, что позволяет более точно прогнозировать сроки обработки, необходимые для технологии фиторемедиации.

#### **Библиографический список**

1. Schnoor JL, Licht LA, McCutcheon SC, Wolfe NL, Carrier LH. Phytoremediation of organic and nutrient contaminants. *Environ Sci Technol* 29:318A–323A (1995).
2. Briggs GG, Bromilow RH, Evans AA. Relationships between lipophilicity and root uptake and translocation of non-ionised chemicals by barley. *Pestic Sci* 13:495–504 (1982).
3. Lang S. The Sorption of Substituted Benzenes to Hybrid Poplar Trees [MS Thesis]. Iowa City, IA:University of Iowa, 1998.
4. ГОСТ 32291-2013 Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение коэффициента распределения н-октанол/вода методом медленного перемешивания.
5. Квеситадзе, Г.И. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях // Г.И. Квеситадзе и др. – М.:Наука, 2005. 199 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОТАРАНА В ГИДРОСИЛОВЫХ УСТАНОВКАХ

*Титаева Алина Юрьевна, студентка 2 курса магистратуры института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н.Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева.*

*Бегляров Давид Суренович, д.т.н., профессор кафедры сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** В статье рассмотрены вопросы использования гидротарана в гидросиловых установках. Приведен расчет гидротарана. Определены основные параметры влияющие на его работу.

**Ключевые слова:** гидротаран, гидроудар, напор, подача воды.

Гидравлический таран – водоподъемное устройство, в котором, не требуется энергии из вне, для подачи воды с использованием повышение в ней давления, при периодически создаваемых гидравлических ударах.

(Гидравлический удар — скачок давления в какой-либо системе, заполненной жидкостью, вызванный крайне быстрым изменением скорости потока этой жидкости за очень малый промежуток времени).

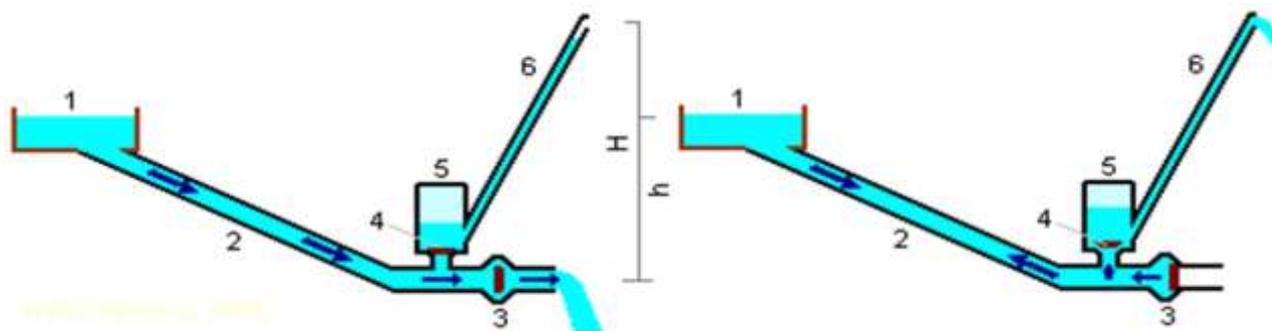


Рисунок 1 – Схема гидравлического тарана:

Слева фаза разгона потока, справа — фаза нагнетания (момент гидравлического удара). 1 — питающий резервуар (верхний уровень естественного потока); 2 — нагнетательная (ускорительная) труба; 3 — отбойный (ударный) клапан; 4 — напорный (нагнетательный) клапан; 5 — воздушный колпак; 6 — напорная (отводящая) труба.

$H$  — высота подъема воды относительно уровня слива;  $h$  — уровень питающего резервуара относительно уровня слива;  $H$  — высота подъема воды.

Вода от источника (1) самотеком подается по длинному напорному трубопроводу (2), идущему с небольшим понижением. Под действием нарастающего динамического напора воды закрывается отбойный клапан (3), расположенный на нижнем конце трубопровода, и вследствие инерции движущейся воды и её несжимаемости давление резко повышается. Кратковременного повышения давления достаточно для подъема небольшой части воды через напор-

ный клапан (4) на высоту более 50 м. Затем отбойный клапан открывается, и все повторяется сначала [1].

Гидравлический таран действует только за счет импульса движущегося столба воды, без какого-либо двигателя. Применяется в сельском хозяйстве, для водоснабжения небольших строек и т.д.

### РАСЧЁТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТАРАНА

Главный параметр гидротарана — это объём (или масса) воды, закачиваемой за один такт (гидроудар). Формула Чистопольского:

$$m_H = m_T \cdot (v_0 + v_K) / c = \rho \cdot S \cdot L_0 \cdot (v_0 + v_K) / c \quad (1)$$

где  $m_H$  — масса жидкости, нагнетённой за 1 такт;

$m_T$  — общая масса жидкости в нагнетательной трубе;

$v_0$  — скорость жидкости в нагнетательной трубе в момент начала гидроудара;

$v_K$  — скорость жидкости в нагнетательной трубе в момент окончания закачки,

$c$  — скорость распространения ударной волны в трубе;



(2)

где  $E$  — модуль упругости стены,  $\beta$  — сжимаемость жидкости,

$d$  — толщина стен трубы, а  $D$  — её диаметр

$\rho$  — удельная плотность жидкости;

$S$  — площадь сечения нагнетательной трубы;

$L_0$  — общая длина нагнетательной трубы.

Поскольку жидкости несжимаемы, то точно такая же формула связывает и нагнетаемый за один такт объём  $V_H$  с общим объёмом нагнетательной трубы  $V_T$ :

$$V_H = V_T \cdot (v_0 + v_K) / c = S \cdot L_0 \cdot (v_0 + v_K) / c \quad (3)$$

Чтобы узнать, какая доля жидкости из нагнетательной трубы будет закачана в воздушный колпак за один такт (гидроудар),

$$k = m_H / m_T = V_H / V_T = (v_0 + v_K) / c$$

где  $k$  — доля жидкости, нагнетённой за один такт (массовая или объёмная);

КПД гидротаранного насоса зависит от отношения  $H/h$ , где  $h$  - высота падающей в резервуар воды, а  $H$  - требуемая высота поднятия.



(4)

где  $V_1$  - Единица объёма воды вытекающий из источника за единицу времени, а поднимаются в резервуар водопровода  $V_2$  единиц [2].

Можно отметить, что изменение скорости на 1 м/с (например, при остановке потока, текущего первоначально со скоростью 1 м/с) приводит к росту давления на 100 м водяного столба (или на 10 атмосфер).

Скорость потока воды в трубопроводе составляет от 1,5 до 3 м/с, откуда становятся понятными особые требования к прочности стенок трубопровода, который обычно выполняется из стальных цельнотянутых труб

Рекомендуемый (оптимальный) расход воды через трубу того или иного диаметра зависит от питающего напора (табл. 1).

Поскольку питающий трубопровод является частью колебательной системы, в которой происходит гидравлический удар, то, во-первых, на этом трубопроводе нельзя устанавливать запорно-регулирующую арматуру, и, во-вторых, стенки трубы должны выдерживать давление гидравлического удара

*Таблица 1*

**Рекомендуемый (оптимальный) расход воды через трубу**

Диаметр трубы, мм	Питающий напор, Н, м					
	1...2	2...5	5...10	10...20	20...30	30...40
63	1	1	2	3	4	5
75	2	2	3	5	6	7
100	3	4	6	8	10	12
150	8	10	15	20	25	30
200	15	20	30	40	50	60
250	25	35	50	60	70	80

Глубина бассейна должна позволить установить питающую трубу так, чтобы расстояние от нижней кромки трубы до дна превышало 300...400 мм, а глубина погружения трубы как минимум была равна двукратному диаметру питающей трубы (но не менее 200 мм), так как необходимо исключить возможность образования воронки всасывания, что сопровождается попаданием воздуха в питающий трубопровод.

При работе тарана допустимое колебание уровня воды в бассейне за один «качающий» цикл принимается в пределах 10...20 мм. Так что площадь бассейна не должна быть слишком маленькой.

Питающий трубопровод – неотъемлемая составная часть таранной установки. Насколько правильно выполнен расчет трубопровода, зависит надежность работы тарана особенно при значении питающего гидравлического напора  $H > 10$  м. При чем здесь важны не только размеры (диаметр, длина) трубопровода, но также материал, из которого он сделан, способ прокладки трубопровода на местности, качество монтажных работ.

### Библиографический список

1. Рогозин Г.В. Натурные исследования насосной установки типа «Гидротаран», использующей кинетическую энергию потока/Вестник КРСУ, т. 11, № 9. Бишкек: КРСУ, 2011. С. 129–133.
2. Иванов В.И., Сазанов И.И., Схиртладзе А.Г., Трифонова Г.О. Гидравлика. В 2 т. Т 1: Гидравлические машины и приводы: Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Академия, 2012.
3. Али М.С. Исследования переходных процессов в напорных коммуникациях насосных станций с осевыми насосами при пуске агрегатов/ М.С. Али, Д.С. Бегляров// [Природообустройство](#). 2015. № 3. С. 74.
4. Али М.С. Особенности работы центробежных насосов с использованием преобразователя частоты вращения/ М.С. Али, К.С. Сабра// [Природообустройство](#). 2013. № 5. С. 64-67.
5. Али М.С. Математическое моделирование процессов в напорных системах при автоматическом регулировании работы насосных станций/ М.С. Али, К.П. Вишневецкий// Мелиорация и водное хозяйство. 1990. № 2. С. 12.

УДК 621.762

### РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЫБОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В СОСТАВЕ ВОДОЗАБОРОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

*Костина Екатерина Сергеевна, студентка 2 курса магистратуры института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н.Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева.*

*Бегляров Давид Суренович, д.т.н., профессор кафедры сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Рыбозащитные сооружения (РЗС) и устройства (РЗУ) предусматривают, с целью предупреждения, попадания, травмирования и гибели молоди рыб в сооружениях насосных станций при заборе воды из источников, имеющих рыбохозяйственное значение. В статье рассмотрены наиболее эффективные рыбозащитные сооружения, препятствующие попаданию в водозаборы различных видов рыб

**Ключевые слова:** рыбозащитные сооружения, насосные станции, водозаборные устройства.

Попадание в водозабор большого количества рыбы и особенно мальков наносит большой вред природным рыбным ресурсам. Кроме того, попавшая в водозабор рыба погибает и загнивает, что создаёт недопустимую санитарно-гигиеническую обстановку на сооружениях, обеспечивающих подачу воды на хозяйственно-питьевые нужды. Поэтому на всех водозаборных сооружениях

должны быть предусмотрены мероприятия, обеспечивающие надёжную рыбозащиту.[2]

Рыбозащита водозаборов должна рассматриваться по двум направлениям:[3.5]

- *первое направление* предусматривает выбор правильного месторасположения водозаборов и связано с особенностями распределения молоди рыб, её миграции, сезонным и суточным ритмом попадания в данном конкретном водоёме. Определяется район с минимальной концентрацией рыб для устройства водозабора;

- *второе направление* связано с защитой рыб, попавших в зону действия водозабора, и основано на знании приёмов управления поведением рыб, их реакцией на отдельные раздражители, использующиеся для отпугивания или направления движения молоди, а также на знании скоростей движения рыб.

При проектировании водозаборов используются следующие принципы рыбозащиты:

- *экологическим* – использование закономерностей, связанных с образом жизни рыб (распределением, миграциями и особенностями их попадания в водозабор);

- *поведенческим* – использование реакции рыб на те или иные раздражители (свет, звук, электрическое поле и др.);

- *физическими* – использование ряда физических явлений при условии обеспечения жизнеспособности рыб (задержание механическими преградами, использование разности плотности воды и рыб и др.).

Наиболее широкое применение получили рыбозащитные устройства, основанные на поведенческом и физическом принципах защиты – сетчатые конструкции и фильтры с различными наполнителями. Полностью исключает попадание рыбы водозабор инфильтрационного типа.[4]

Наиболее полно обеспечивают защиту от рыб фильтрующие водозаборы, а также русловые водозаборы, если скорость обтекания их потоком более чем в три раза превышает скорость втекания воды в водоприёмные отверстия. В соответствии с требованиями СНиП 2.04.02-84 при скорости воды в реке более 0,4 м/с скорость втекания в водоприёмные отверстия должна быть не более 0,25 м/с, а при скорости воды в реке менее 0,4 м/с – не более 0,1 м/с.

Рыбозащитные устройства можно разделить на три группы:

1. Механические;
2. Гидравлические;
3. Физиологические.

К первой группе относятся механические препятствия для задержания рыб (плоские сетки, вращающиеся сетки, сетчатые барабаны, заграждения из камыша, хвороста, щебня, фильтрующие кассеты, фильтрующие оголовки) работают по принципу создания механических преград с размерами ячеек 2...4 мм.

Наиболее широко используются фильтры и сетки.

Плоские сетки (рис. 1) имеют каркас и сетчатое полотно с промывным устройством, которое предотвращает попадание в водоприёмник рыб и мелкого мусора. Размеры каркаса в ширину не более 1,0 м и в высоту не более 1,5 м. Они устанавливаются во входных окнах после решеток. Из-за механического промывного устройства (вверх-вниз двигается дырчатая труба, создающая ножевую струю) это оборудование ненадежно. Сетка с ячейками 1 x 1 мм предназначена для защиты молоди рыб всех размеров; 2 x 2 мм – для защиты молоди рыб с длиной тела 15 мм и более; 4 x 4 мм – для защиты молоди рыб с длиной тела 30 мм и более.

Рыбозащитные сетки в водоподводящих каналах устраиваются из отдельных секций, которые для чистки поднимают по пазам грузоподъемным устройством, они оснащаются ходовыми мостиками.

Сетчатые барабаны на оголовках промываются при истечении струй из вращающейся дырчатой рамки, к которой подводится вода от напорных линий. Тангенциальное истечение струй заодно создает реактивную тягу для вращения рамки. Аналогичные устройства могут устанавливаться и на входных окнах береговых водоприемников.

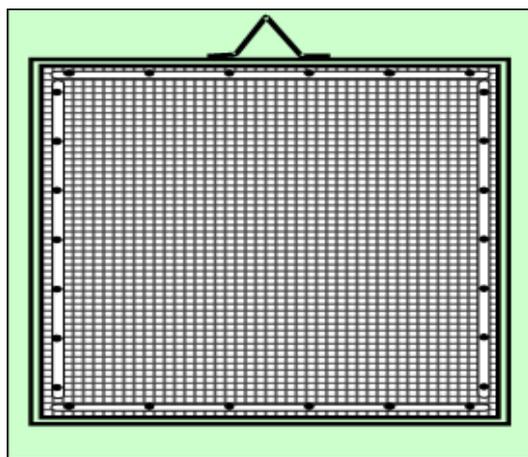


Рисунок 1 – Плоская сетка

В последнее время распространены в практике проектирования фильтрующие кассеты из насыпного заполнителя или из пористых материалов.

Фильтрующие кассеты устанавливаются на период рыбозащиты вместо решеток (на схеме показано их горизонтальное сечение). Коробчатое сечение засыпается гравием или щебнем крупностью 30...40 мм толщиной 100...150 мм и крепится с двух сторон от рассыпания крупноячеистыми каркасами.

Пакетно-реечные кассеты подобны фильтрующим, но вместо засыпки в них монтируются вертикально деревянные разноориентированные рейки в несколько рядов. Такое устройство имеет прозоры с размерами, превышающими крупность рыб, но создает впечатление сплошной преграды.

Рыбозаградитель (рис. 2) состоит из нескольких сеток **3**, которые устанавливаются в несущую конструкцию **1**. Сетки могут быть расположены в плане по прямой или ломаной линии, параллельно или под углом к потоку воды в реке. Для предотвращения повреждения сеток крупными загрязнениями (брёвнами, щепками и т.п.) перед сетками могут устанавливаться грубые ре-

шётки 2. Для механической и гидравлической очистки сетчатого полотна от мусора предусматривается специальное очистное устройство 4. В состав очистного устройства входит насос, установленный на тележку, которая движется вдоль сеток по эстакаде 5. Напорный трубопровод насоса расположен вертикально относительно сеток. На нём монтируются специальные устройства – флейты, которые создают струи воды, промывающие сетки. [2]

Для осмотра ремонта и очистки сеток они могут извлекаться из рыбозаградителя подъёмным устройством 5.

К группе гидравлических рыбозаградителей относятся струенаправляющие устройства, которые обеспечивают направление потока, обеспечивающее отвод рыбы от водозаборных отверстий. Обычно гидравлические заградители применяются вместе с рыбозаградителями механического типа. Простейшим мероприятием является снижение входных скоростей до 0,1...0,2 м/с (в 3...4 раза меньше скоростей движения воды в реке) с тем, чтобы рыбы ориентировались на естественные речные потоки воды и не замечали водозабор. Это мероприятие неприменимо в водохранилищах и озерах с малоподвижной водой и при большой производительности водозабора.

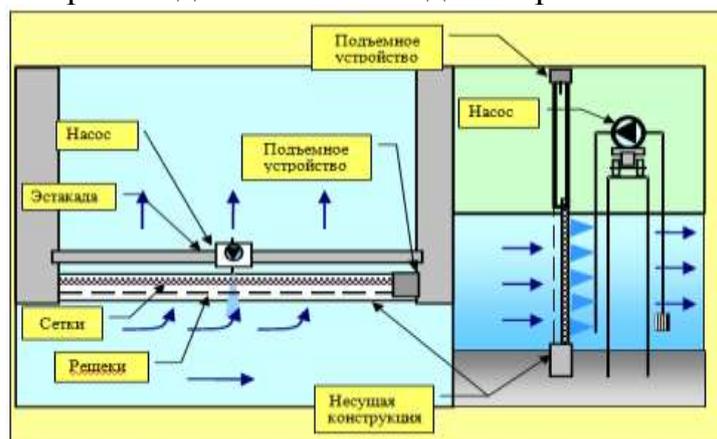


Рисунок 2 – Рыбозаградитель

Принцип действия физиологических рыбозаградителей основан на отпугивании рыб от водозаборного сооружения за счет неприятного воздействия на различные рецепторы рыб (электрические поля, звук, свет, завес из воздушных пузырьков и т. п.), изменяя их поведение перед водоприемниками.

Наиболее распространенные типы:

электрические рыбозаградительные устройства представляют собой систему электродов, на которые подается импульсный ток низкого напряжения;

воздушно-пузырьковые завесы, которые создаются уложенным на дно или на буйках (на подвесе) перфорированным трубопроводом, куда закачивают сжатый воздух. ВПЗ создают три воздействия - зрительно отпугивает стена; пугает шум; образующийся эрлифт выносит рыбу вверх. Сжатый воздух подается от передвижных компрессоров, необходимых только на период рыбозащиты.

Неприятное воздействие на организм рыбной молоди оказывает также подача хлора перед окнами. Ведутся исследования по использованию для отпугивания рыб световых вспышек, звуковых и ультразвуковых волн.

### Библиографический список

1. Али М.С., Рожков А.Н.// Водозаборные сооружения поверхностных и подземных вод: Учебник. М: Изд-во РГАУ–МСХА, 2016. 100 с.
2. Али М. С., Бегляров Д. С. // Насосы и насосные станции, – М.: РГАУ–МСХА, 2016. – 340 с.
3. Али М.С. Особенности работы центробежных насосов с использованием преобразователя частоты вращения/ М.С .Али, К.С. Сабра// Природообустройство. 2013. № 5. С. 64-67.
4. Концепция защиты рыб при водозаборах Петрашкевич В.В. Гидротехническое строительство. 2008. № 10. С. 42-48.
5. Проектирование рыбозащитных комплексов водозаборных сооружений Колесникова Т.В. Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 5. С. 230-232.
6. Рыбозащита на водозаборах – важная составляющая охраны окружающей среды Изъявлев Д.М., Филенков В.М. В сборнике: Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России сборник статей XII Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией В.А. Селезнева; И.А. Лушкина. 2014. С. 20-23.

УДК 725.74

### ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЕ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ

*Гафурова Дорота Андреевна, студентка 2 курса магистратуры института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н.Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева.*

*Али Мунзер Сулейман, доцент кафедры сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева.*

*Аннотация:* на современном этапе развития, большинство значения приобретают решение многих социальных проблем связанных с укреплением здоровья населения. В решении этих проблем одним из основных направлений деятельности специалистов является развития водного спорта.

*Ключевые слова:* плавательный бассейн, системы водоснабжения плавательных бассейнов, системы технологического водоснабжения плавательных бассейнов, фильтры, насосы.

В настоящее время большое значение приобретает строительство оздоровительных (купальных) бассейнов, бассейнов для общеразвивающих упражнений в воде. Плавательные бассейны представляют собой объекты коллективного пользования, поэтому по основным физико-химическим и бактериологическим показателям вода в них должна удовлетворять нормам для питьевой воды. Для обеспечения требований санитарных норм предусматриваются специальные установки для очистки, обеззараживания и подогрева воды, а также

устройства и оборудование вспомогательных помещений для обслуживания посетителей (спортсменов, зрителей, купающихся).

Бассейн – это гидротехническое сооружение, состоящее из одной или нескольких ванн, устройств, предназначенное для развлечения, оздоровления, релаксации, занятия такими видами спорта как плавание, подводное плавание, прыжки в воду, подводное плавание, водное поло, подводное регби, синхронное плавание и другие.

По назначению бассейны разделяют:

*Системы технологического водоснабжения плавательных бассейнов*

1. Наливная система водообмена- для лечебного назначения небольшой вместимости до 20-50 м<sup>3</sup>;

Технологический водопровод рассчитан на быстро наполнение ванны ( не более 3-4 ч).



Рисунок 1 – Классификация бассейнов по назначению

В зависимости от типа системы и режима её работы плавательные бассейны бывают: наливными, с проточной системой и с системой оборотного водообмена.

Недостатки:

- количество загрязнений, вносимых посетителями в ванну, может непрерывно возрастать в процессе эксплуатации;
- частные смены воды в ванне приводят к затратам (расходование теплоты);
- возможность возникновения и развития хлороустойчивой патогенной микрофлоры.

2. Проточная система водообмена- (рекомендована) для ванны купальных и учебных бассейнов объемом до 200 м<sup>3</sup>;

Подача исходной подогретой, обеззараженной воды производится непрерывно в течение всего периода эксплуатации. Применяются в бассейнах при школах, банях и др.

Недостатки:

- вместимость 200 м<sup>3</sup>- большой расход воды теплоты для ее подогрева.

3. Система оборотного водообмена- для бассейной любого назначения.

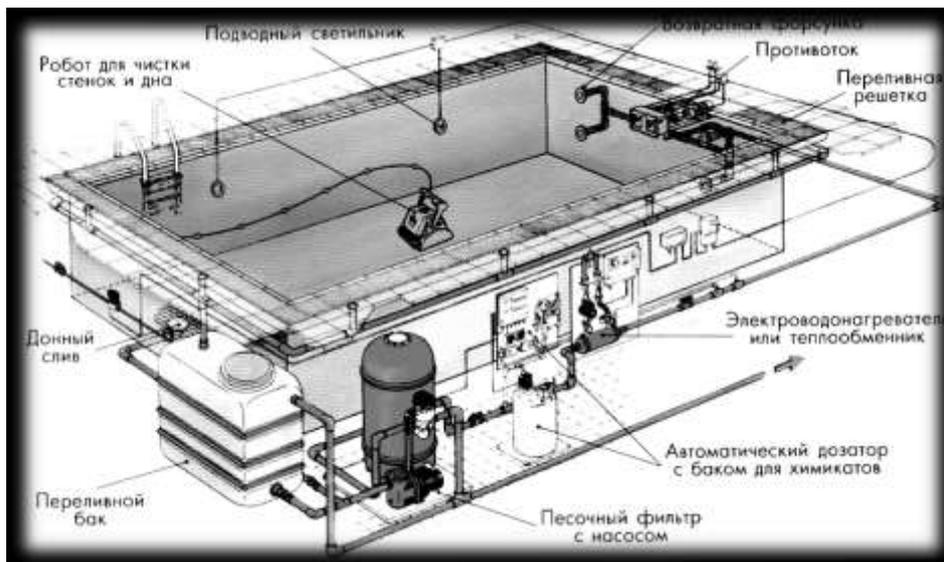


Рисунок 2 – Обратная система плавательного бассейна

Широкое распространение получила благодаря непрерывной отчистке и дезинфекции воды в процессе водообмена (рис.2).

*Классификация по способу забора и подачи воды*

#### 1. Переливной бассейн

Переливной бассейн характеризуется тем, что вода находится на одном уровне с бортом, а забор воды из бассейна осуществляется через переливную решетку по периметру бассейна, далее вода через выпуски самотеком попадает в накопительную емкость, что предполагает наличие дополнительной переливной емкости в подвале или техническом помещении бассейна. Большинство плавательных бассейнов общественного назначения выполнены по такой схеме. Стоимость строительства подобных гидравлических сооружений довольно велика, однако вложенные средства окупаются долговечностью, надежностью и практичностью(рис.3).

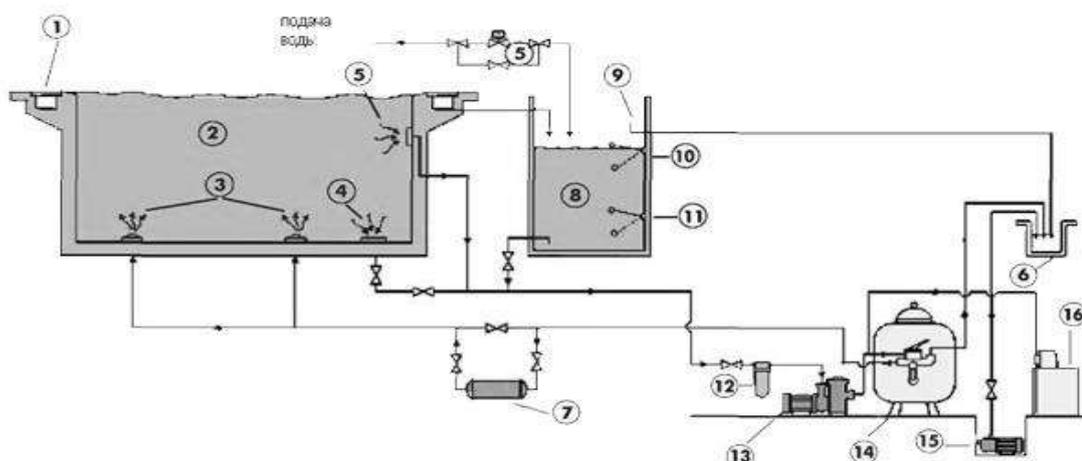


Рисунок 3 - Схема циркуляции в бассейна переливного типа:

1-лоток сбора воды; 2-чаша бассейна; 3-донные форсунки; 4-донный слив; 5-вакуумный фитинг; 6-дренажный колодец; 7-теплообменник; 8-переливная емкость; 9-перелив; 10-контроль верхнего уровня; 11-контроль нижнего уровня; 12-префильтр; 13-циркуляционный насос; 14-фильтрующая станция; 15-дренажный насос; 16-дозировочная станция

## 2. Скиммерный бассейн

Скиммерный бассейн отличается от переливного тем, что уровень воды находится ниже уровня борта и специальный насос забирает воду из бассейна через специальные окна в стенках бассейна, называемых скиммером, затем вода поступает в систему: насос – система фильтрации – водонагреватель – станция химической обработки воды, далее через форсунки возвращается в бассейн. На практике создание такого бассейна требует меньше затрат на строительство чаши и оборудования. Так же отличительной особенностью его создания является уникальная для каждого бассейна схема подвода и забора воды (рис.4).

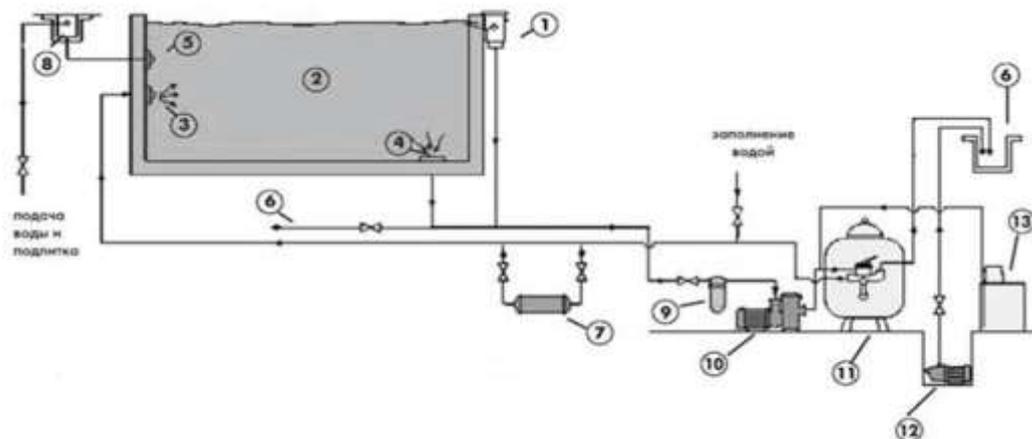


Рисунок 4 - **Схема циркуляции в бассейна скиммерного типа:**

1-скиммер; 2-чаша бассейна; 3-форсунка; 4-донный слив; 5-боковая форсунка; 6-дренажный колодец; 7-теплообменник; 8-автоматический подлив воды; 9-префильтр; 10-циркуляционный насос; 11-фильтрующая станция; 12-дренажный насос; 13-дозированная станция

### *Классификация оборудования бассейнов*

К оборудованию бассейна относятся:

- лестницы входа в воду;
- канал для выплыва;
- иллюминаторы для подсвета воды;
- водная обходная дорожка;
- переливные желоба;
- трапы, устройства для подачи воды и для водоотведения.

Технологическое оборудование включает в себя:

- установки водоподготовки;
- установки нагрева воды;
- системы подачи, транспортированию и распределению воды.

Техническое и технологическое оборудование в помещениях – питьевые фонтанчики, туалеты, душевые установки, оборудование лаборатории, врачебного кабинета, массажной и сушильной комнат.

Основой сервисного обслуживания плавательных бассейнов являются:

- проверка работы технических систем бассейна;
- оперативное выявление и устранение неисправностей;
- контроль качества воды;

- предотвращение появления загрязнений и минеральных отложений в чаше бассейна.

В дальнейшем хотелось бы разработать такую автоматизированную систему, которая могла бы контролировать расход поступающей на насос воды, уменьшая нагрузку на фильтры.

### Библиографический список

1. В.А. Орлов, Л.А.Квитка// Водоснабжение: Учебник-М.ИНФРА-М,2015. – 443 с.
2. Али М.С., Рожков А.Н.// Водозаборные сооружения поверхностных и подземных вод: Учебник. М: Изд-во РГАУ–МСХА, 2016. 100 с.
3. Али М. С., Бегляров Д. С. // Насосы и насосные станции, – М.: РГАУ–МСХА, 2016. – 340 с.
4. Али М.С. Особенности работы центробежных насосов с использованием преобразователя частоты вращения/ М.С .Али, К.С. Сабра// [Природообустройство](#). 2013. № 5. С. 64-67.
5. Али М.С. Математическое моделирование процессов в напорных системах при автоматическом регулировании работы насосных станций/ М.С . Али, К.П. Вишневецкий// Мелиорация и водное хозяйство. 1990. № 2. С. 12.

УДК 628.12

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ НАСОСОВ

*Хоанг Тхи Тхуи, студентка 2 курса магистратуры института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н.Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева.*

*Али Музер Сулейман, доцент кафедры сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева.*

**Аннотация:** В статье рассмотрены энергетические показатели (КПД) группы параллельно включенных центробежных насосов при применении частотно-регулируемого привода.

**Ключевые слова:** насосные агрегаты, КПД, параллельное соединение.

На насосных станциях с параллельным способом соединения насосных агрегатов (НА) в группе, в целях экономии электроэнергии, применяются системы каскадного частотного управления НА. Данный способ регулирования является достаточно действенным, но недостаточно энергоэффективным, так как система автоматического регулирования может с достаточной степенью точности поддерживать давление в заданной точке сети, при этом никак не отслеживается КПД насосных агрегатов. На рисунке 1 представлена характерная для систем автоматического регулирования (САР) давления в трубопроводе ситуация с неоптимальной нагрузкой насосных агрегатов. Для общности получен-

ных результатов расчет производится в относительных единицах. За базовые приняты номинальные значения величин. Расчет справедлив для насосов, имеющих пологие напорные характеристики [1].

Гидравлические характеристики НА в относительных единицах с учетом частотного регулирования описываются аппроксимирующими полиномами 3 степени:

$$H^*(Q^*) = a_0^* \cdot a_i^2 - a_1^* \cdot a_i \cdot Q^* + a_2^* \cdot Q^{*2} - a_3^* \cdot \frac{1}{a_i} \cdot Q^{*3}; \quad (1)$$

$$\eta^*(Q^*) =; b_1^* \cdot \frac{1}{a_i} \cdot Q^* - b_2^* \cdot \frac{1}{a_i^2} \cdot Q^{*2} - b_3^* \cdot \frac{1}{a_i^3} \cdot Q^{*3} \quad (2)$$

где  $a_i$  – относительная частота вращения ротора  $i$ -насоса;  $H^*$  – напор НА;  $Q^*$  – подача НА;  $a_0^*, a_1^*, a_2^*, a_3^*$  – коэффициенты аппроксимации напорной характеристики НА;  $b_1^*, b_2^*, b_3^*$  – коэффициенты аппроксимации характеристики КПД НА при номинальной частоте вращения ротора.

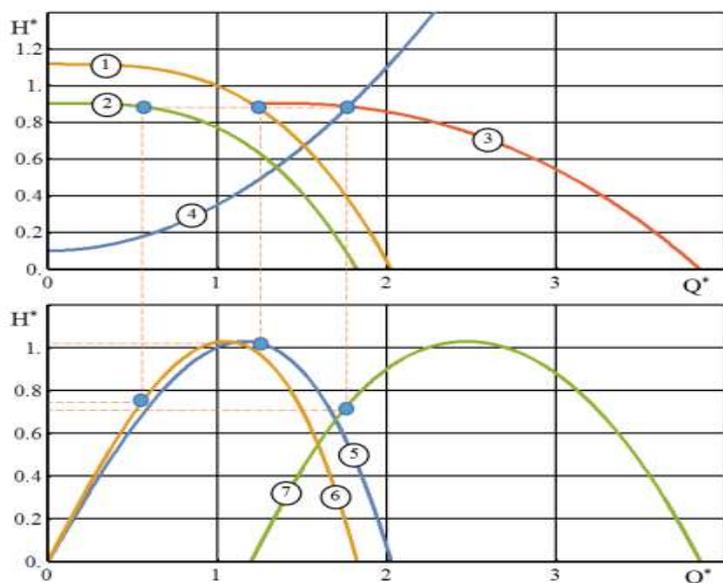


Рисунок 1 - Семейство гидравлических характеристик насосных агрегатов

1,2 – напорная характеристика НА, работающего с частотой  $a_1$  и  $a_1$  соответственно; 3 – совместная напорная характеристика двух НА; 4 – напорная характеристика трубопроводной сети; 5, 6 – КПД НА, работающего с частотой  $a_1$  и  $a_1$  соответственно; 7 – средний КПД группы.

Средний КПД группы НА при параллельном соединении [2]:

$$\eta_{гр.ср}^*(Q_\Sigma^*) = \frac{Q_\Sigma^*}{\sum_{i=1}^n \frac{Q_i^*}{\eta_i^*}} \quad (3)$$

где  $Q_i^*, \eta_i^*$  – подача и КПД  $i$ -НА при текущем значении напора в общем приемном коллекторе соответственно;  $Q_\Sigma^*$  – суммарная подача группы НА.

Средний КПД группы НА примем за целевую функцию и оптимизировать из условий:

$$\alpha_i = var; 0 \leq \alpha_i \leq \alpha_{max}; \sum_{i=1}^n Q_i^* = Q_\Sigma^*; H_i^*(Q_i^*) = H_y^* \quad (4)$$

– значение суммарной подачи и подачи каждого НА определяется за счет установки датчиков расхода на линиях, отходящих от общего напорного коллектора, а также в промежутках между обратными клапанами НА и приемным коллектором;

– текущее значение давления совпадает с давлением уставкой  $H_y^*$ , так как предполагается, что САР давления отработала и далее происходит перераспределение загрузки НА в соответствии с условием  $\eta_{гр.ср}^*(Q_\Sigma^*) \rightarrow \max$ .

Система автоматического регулирования давления работает согласно разработанному алгоритму, представленному на рисунке 2.

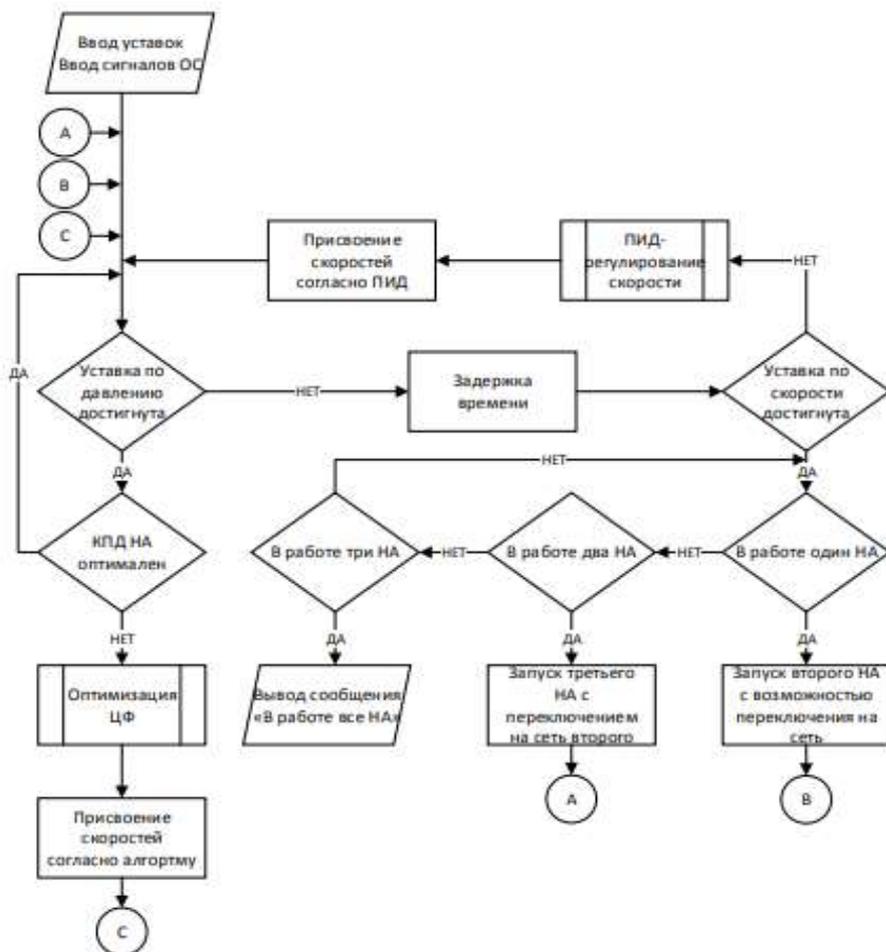


Рисунок 2 - Алгоритм функционирования САР давления насосной станции

Основные выводы из анализа: Низкий КПД обусловлен неравномерной загрузкой НА при параллельной работе на разных скоростях. Установка расходомеров между обратными клапанами и общим приемным коллектором позволяет при условии известных аппроксимирующих полиномов определять КПД каждого НА; Разработанный алгоритм обеспечивает работу каждого регулируемого НА в рабочем диапазоне подач, что приводит к увеличению КПД насосной станции и существенной экономии электроэнергии.

## Библиографический список

1. Али М.С. Исследования переходных процессов в напорных коммуникациях насосных станций с осевыми насосами при пуске агрегатов/ М.С. Али, Д.С. Бегляров// Природообустройство. 2015. № 3. С. 74.
2. Али М.С. Особенности работы центробежных насосов с использованием преобразователя частоты вращения/ М.С. Али, К.С. Сабра// Природообустройство. 2013. № 5. С. 64-67.
3. Али М.С. Математическое моделирование процессов в напорных системах при автоматическом регулировании работы насосных станций/ М.С. Али, К.П. Вишневецкий// Мелиорация и водное хозяйство. 1990. № 2. С. 12.
4. Али М. С., Бегляров Д. С. // Насосы и насосные станции, – М.: РГАУ–МСХА, 2016. – 340 с.
5. Электропривод турбомеханизмов [Текст] / Г. Б. Онищенко, М. Г. Юньков. – Москва: Энергия, 1972. – 240 с.
6. Лысова, О. А. Исследование и анализ энергетических показателей группы параллельно работающих центробежных насосов / О. А. Лысова, В. П. Фрайштетер // Изв. вузов. Горный журнал. – 2014. – № 2. – С. 82-91. Научный руководитель: Дмитриев А.А., канд. техн. наук.

УДК 628.179

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН**

*Артамонова Александра Николаевна, студентка 2 курса магистратуры института мелиорации, водного хозяйства и строительства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Назаркин Эдуард Евгеньевич, ассистент кафедры сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

***Аннотация:** Рассмотрены вопросы сооружения водозаборных скважин, которые обеспечивали бы высокое качество и долговечность их эксплуатации. Приведены основные показатели, оказывающие влияние на надежность работы водозаборных скважин.*

***Ключевые слова:** качество скважин, водоснабжение, бурение, вода, промывка, долговечность, опыт, качество воды.*

В последнее время в связи с возросшей загрязненностью поверхностных водостоков и водоемов все большее внимание уделяется подземным источникам водоснабжения. В России использование подземных вод составляет 13-19 % от общего водопотребления и более 40% от потребления воды для хозяйственно-питьевых целей.

Водозаборные сооружения являются одним из наиболее важных элементов системы водоснабжения, обуславливающим эксплуатационную надежность всей системы и ее технико-экономические показатели. Качество водозаборных скважин определяется дебитом, долговечностью и качеством воды. [2,3] На качество скважин влияет множество факторов. Опыт сооружения и эксплуатации крупных водозаборов показывает, что качество скважин на водозаборе различное. Особенно большая разница наблюдается на водозаборах, водоносные горизонты которых представлены песками. Все факторы, определяющие качество скважин можно разделить на гидрогеологические и технологические. Они начинают сказываться при первом этапе - разведке и подсчете запасов подземных вод на данной площади. [1]

В ряде случаев, когда еще недостаточно изучен водоносный горизонт, на который сооружают водозаборные скважины, производят отбор проб для определения гранулометрического состава песков с целью выбора параметров фильтра и места его установки. [4,5] Но, в основном, при сооружении водозаборных скважин характеристику водоносного горизонта определяют по выбуренной породе и геофизическим данным. Это также отрицательно сказывается на качестве скважин, ее совершенстве. [1]

Основными факторами, определяющими качество и долговечность скважин, являются технологические факторы сооружения и эксплуатации скважин.

В России в настоящее время для бурения скважин на воду, водоносные горизонты в которых представлены песками, применяют два способа бурения: вращательный с прямой или обратной промывкой скважины в водоносном горизонте водой и ударно-канатное бурение скважин глубиной до 100 м.

Рядом выполненных исследований по качеству сооружения скважин, пробуренных вращательным и ударно-канатным бурением, установлено, что ударно-канатное бурение дает качество скважин ниже, чем вращательное бурение с промывкой скважин водой. Установлено, что удельный дебит их в 1,5-2 раза ниже, чем при вращательном бурении с промывкой водой. Это объясняется тем, что волновые гидроимпульсные колебания в продуктивной толще неустойчивого водоносного пласта приводят к нарушению пористого коллектора, переукладке зерен песка и уплотнению при его разжижении и, в конечном счете, к снижению пористости и проницаемости пласта в водоприемной части скважины. [2]

Стенки скважин, пробуренных ударно-канатным способом, представляют собой уплотненный глинистым, илистым материалом слой с проницаемостью кратно ниже проницаемости пробуренного пласта. Это объясняется постоянным наличием в пульпе на забое скважины илистых частиц, которые втираются в стенки скважины. Такие явления можно избежать при опережающем движением к забою башмака колонны или одновременном движении его с породоразрушающим инструментом (долотом, желонкой).

Опыт бурения скважин с обратной промывкой водой в России применяется несколько десятков лет и показал высокое качество скважин на воду, высокую экономическую эффективность бурения большим диаметром, где обратная промывка является единственным способом эффективной очистки от выбуренной породы. Для этого в 70-е годы использовались румынские установки

типа FA-12, немецкие фирмы ВИРТ, российские 1БА15В, выпускаемые Кунгурским машзаводом до настоящего времени. Трест «Шахтоосушение» использовал комбинированную установку из блока УГБ-4УК и роторного блока конструкции ВИОГЕМ. Обратная промывка осуществляется двойным комплектом труб: бурильные диаметром 114-168 мм и насосно-компрессорные. Ограниченное применение этого способа бурения скважин на воду объясняется требованием высокой квалификации персонала и непрерывности процесса при высоких темпах бурения, крепления скважины, что при общем упадке в промышленном производстве в последние годы затруднено.

Для повышения надежности водозаборных скважин необходимо учитывать следующие факторы:

- исследовать современное состояние уровня надежности и безопасности источников водоснабжения;
- провести анализ условий обеспечения эксплуатационной надежности и экологической безопасности строительства и эксплуатации водозаборных скважин;
- установить основные факторы, снижения проницаемости в призабойной зоне водозаборных скважин;
- исследовать влияние буровых растворов на коагуляцию призабойной зоны водозаборных скважин;
- исследовать различные составы буровых растворов.

#### **Библиографический список**

1. Али М.С., Рожков А.Н., Водозаборные сооружения поверхностных и подземных вод: Учебник / М.С. Али, А.Н. Рожков. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 330 с
2. Али М. С., Бегляров Д. С. // Насосы и насосные станции, – М.: РГАУ–МСХА, 2016. – 340 с.
3. «Методы восстановления дебита скважины» Ноздратенко С.А., Акульшин А.А. В сборнике: Современные технологии в строительстве, теплоснабжении и энергообеспечении Материалы международной научно-практической конференции. ФГБОУ ВО "Саратовский ГАУ им.Н.И.Вавилова", кафедра "Строительство и теплогазоснабжение". 2015. С. 166-169.
4. Переверзева В.С., «Оптимизация конструктивных параметров фильтров при проектировании скважин на воду» Переверзева В.С., Акульшин А.А., Ноздратенко С.А., Акульшин А.А. В сборнике: Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2015 сборник научных статей 4-й Международной молодежной научной конференции в 4-х томах. Ответственный редактор: Горохов А.А.. 2015. С. 169-172.

## КОНСТРУКЦИЯ МЕМБРАННОГО БИОРЕАКТОРА ДЛЯ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ

*Муалла Манхаль, студент 2 курса магистратуры института мелиорации, водного хозяйства и строительства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Квитка Лиана Андреевна доцент кафедры сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева.*

**Аннотация:** Мембранный биореактор (MBR) основан на комбинации реактора с суспендированной биомассой и стадии разделения пористой мембранной фильтрации. Он обеспечивает несколько преимуществ с точки зрения защиты водных ресурсов из-за высокого качества очищенной воды, которая может быть повторно использована для полива, очистки или охлаждения воды на промышленных площадках, в бытовых целях. Качество воды, особенно отсутствие твердых частиц в суспензии и мутности, позволяет рассматривать MBR как идеальный инструмент для предварительной обработки перед опреснением или подготовки воды очень высокого качества. Кроме того, из-за своего модульного свойства MBR также может быть благоприятным для разработки новой конфигурации сети сточных вод в городских районах [1].

**Ключевые слова:** мембранный биореактор; Повторное использование воды; Производство ила; Мембранные загрязнения.

Очистка сточных вод основана на уменьшении содержания твердых частиц в суспензии с помощью физических процессов (отстаивание и / или фильтрация) и растворимых соединений в основном с помощью биологических процессов, когда соединения являются биоразлагаемыми или специфическими физическими или термическими процессами (химическое окисление, ионный обмен, десорбция). и т. д.) когда они не являются биоразлагаемыми. Однако, начиная с 1990-х годов, больше не достаточно удалять отверждаемые и растворимые органические соединения, и теперь необходимо удалить фосфор и азот, чтобы соответствовать стандартам качества сточных вод [1].

Для биоразлагаемых соединений предлагаются комбинации биологических процессов для обеспечения надлежащего качества воды и природоохранного законодательства в отношении удаления органического углерода, азота или фосфора. Разрабатываются различные биологические технологии: обширные процессы для небольших сообществ, такие как строительство водно-болотных угодий или интенсивные процессы, такие как активный ил, для крупных промышленных предприятий или крупных городов.

Поскольку биологический процесс легче контролировать в реакторе с суспендированной культурой, процессы с активным илом часто преобладают при очистке сточных вод, когда требуется интенсивная процедура. Этот процесс заключается в биологическом разложении предварительно обработанного притока микроорганизмами в непрерывном резервуаре, где подача кислорода контролируется в соответствии с типом реакции (аэробные, анаэробные или анаэробные условия). После биореакции в отстойнике проводится очистка для обеспечения отделения очищенной воды от биомассы. Хотя этот традиционный метод может показаться надежным и безопасным, процесс с активным илом имеет три основных недостатка:

I. Качество очищенной воды зависит от отстойных свойств биологической суспензии. Действительно, плохая флокуляция биологической суспензии, возникающая из-за дисфункции (например, изменения характеристик притока, нехватки кислорода и т. Д.), Вызывает плохое оседание с последующим присутствием взвешенных твердых частиц в очищенной воде и постепенное вымывание биомассы из биореактор.

II. В соответствии с изменением скоростей оседания биомассы в зависимости от концентрации биомассы, осветление обычно проводится с концентрацией биомассы ниже 5 кг TSS/м<sup>3</sup>, чтобы быть в благоприятных условиях осаждения.

III. Недостаточное удаление микробов или присутствие стойких органических загрязнителей ограничивают повторное использование очищенных вод, за исключением особых условий орошения или использования третичной очистки, включая обширные процессы или некоторые стадии сильного окисления.

В настоящее время из-за нехватки водных ресурсов и постоянной деградации качества совершенно очевидно, что необходимо определить новые поколения процессов очистки для достижения:

I. дезинфекция без какой-либо стадии окисления, которая вызывает образование молекулы канцерогена.

II. возможность компактности для оптимизации эстетики, воздействия на окружающую среду (запах и шум).

III. надежность, несмотря на изменение характеристики притока.

IV. стандарты в отношении устойчивости (производство энергии, химических веществ и отходов).

Мембранный биореактор (MBR) обладает потенциалом стать одним из процессов обработки нового поколения. Эта система основана на комбинации реактора с суспендированной биомассой и стадии разделения пористой мембранной фильтрации. Мембраны низкого давления, либо микрофильтры (MF), либо ультрафильтры (UF), используются на стадии разделения твердого вещества и жидкости. Мембрана удерживает не только твердые вещества, но также высокомолекулярные соединения, которые обычно выходят в очищенную воду, когда отстаивание используется в качестве конечной стадии разделения. Таким образом, удерживающая способность пористой мембраны

включает очень высокую степень очистки очищенной воды с точки зрения удержания твердых веществ, включая микробы и вирусы.

Конфигурации мембран основаны на плоской или цилиндрической геометрии с использованием пластинчатых и каркасных мембран, трубчатых и полых волокон. Мембранный пучок может быть сконфигурирован в положении бокового потока или непосредственно погружен в биореактор (рис. 1) [2].

В конфигурации с боковым потоком операция фильтрации обычно проводится под высоким давлением (от 1 до 4 бар) и заключается в тангенциальной рециркуляции при высокой скорости бактериальной суспензии в мембранном модуле (от 0,5 до 4 м / с). В погруженной конфигурации мембраны находятся даже внутри биологического реактора в полном погружении. Фильтрация проводится при низком трансмембранном давлении (от 0,05 до 0,5 бар), и для обеспечения желаемой производительности необходимо использовать более важные поверхности мембран [2].

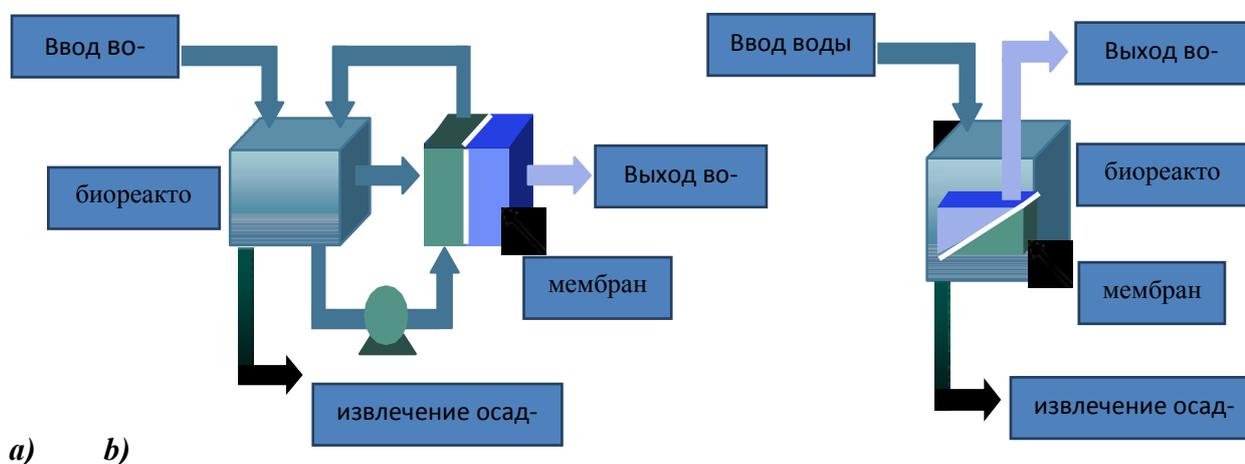


Рисунок 1 - Конфигурации MBR: (а) боковой поток и (б) подводная конфигурация

Поскольку мембранное разделение не зависит от характеристик притока или состояния флокуляции биологической суспензии, концентрация биомассы может быть выше, чем в обычном активном иле (в 2–5 раз выше), поэтому скорости реакции могут быть более успешными, а качество очищенной вода, как правило, очень высокая с санитарной точки зрения.

Ограничивающим фактором остается мембранное загрязнение, которое снижает проницаемость мембраны во время работы MBR. Это загрязнение мембраны зависит от различных параметров, касающихся характеристик подвески, характеристик мембраны и условий эксплуатации (рис. 2). Три семейства соединений (в частности, соединения, коллоидные и растворимые соединения) принимают участие в мембранном загрязнении, которое можно считать обратимым или необратимым. Долгосрочное уменьшение потока, которое не восстанавливается простыми гидродинамическими методами, указывает на необратимое загрязнение, и это часто объясняется коллоидным осаждением или растворимой адсорбцией на мембране. Химическая очистка необходима для устранения такого загрязнения. Осаждение определенных соединений

рассматривается как обратимое загрязнение и может быть предотвращено подходящими условиями фильтрации. Действительно, это осаждение твердых веществ и высокомолекулярных соединений может контролироваться во время операции путем выполнения специальных процедур очистки посредством высокого напряжения сдвига на поверхности мембраны (из-за скорости жидкости в конфигурации бокового потока или из-за нагнетания воздуха в подводная конфигурация), период релаксации и / или обратная промывка[3].

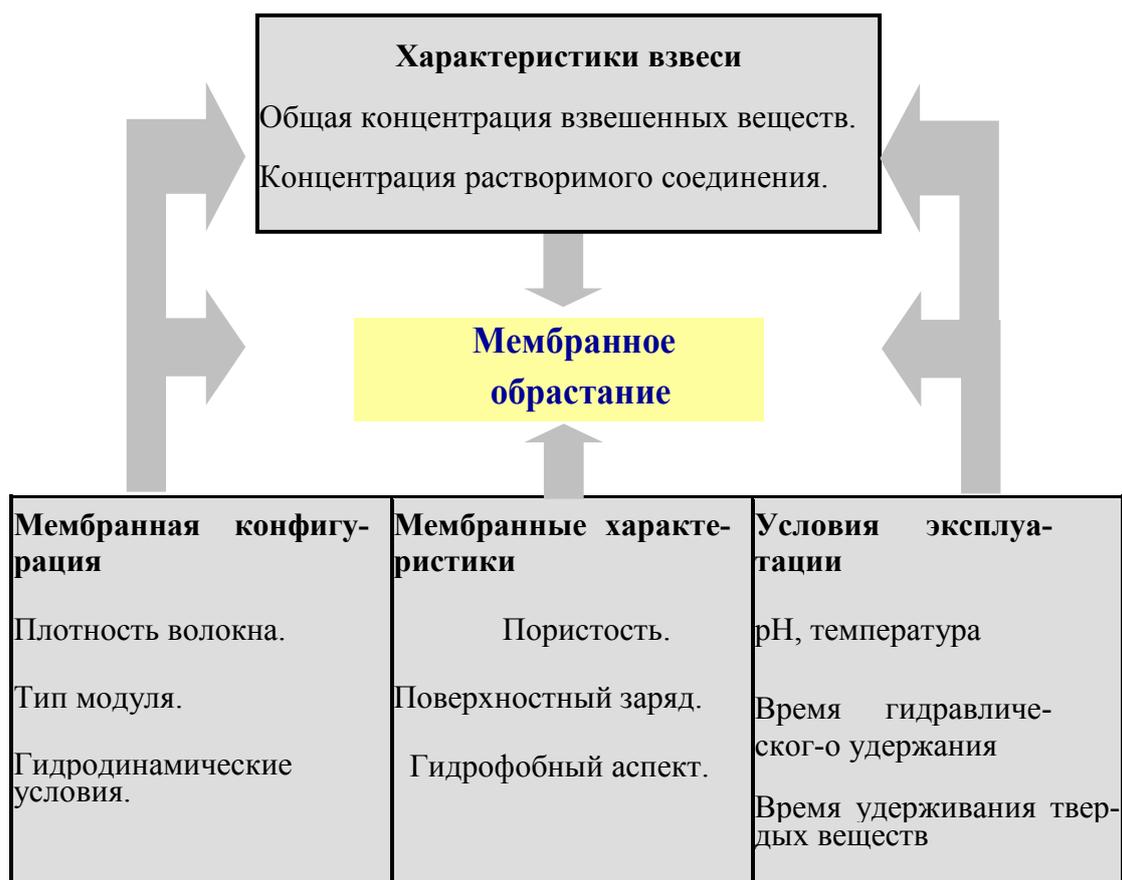


Рисунок 2 - Основные параметры мембранного обрастания

По сравнению с обычным процессом с активным илом, эта технология имеет несколько преимуществ:

I. тот факт, что биомасса может быть в 2–5 раз более концентрированной, вызывает уменьшение размера реактора и / или уменьшение производства ила.

II. качество сточных вод значительно улучшается, поскольку удаляются взвешенные и коллоидные материалы, а также все связанные с ними загрязнители, такие как тяжелые металлы, микроорганизмы, бактерии, вирусы и даже цвет.

III. возможна гибкая и поэтапная модернизация существующих очистных сооружений.

**Вывод :** Связь биологической реакции и разделения пористой мембраной имеет несколько преимуществ по сравнению с традиционным процессом с активным илом, таких как высокое качество сточных вод и занимаемое пространство. Высокое качество сточных вод, не содержащих твердых веществ и микробов, соответствует многим современным стандартам качества во всем мире и будет соответствовать все более строгим стандартам завтрашнего дня. Независимо от того, может ли процесс MBR стать новым поколением очистных сооружений, необходимо продолжить исследования, чтобы оптимизировать синергетические отношения между биологическим процессом и мембранным процессом. Необходимо разработать новые оперативные методы и стратегии, а также необходимо изучить некоторые аспекты, такие как влияние высоких концентраций биомассы на перенос кислорода, оптимизация конфигурации мембран и сокращение производства ила.

### **Библиографический список**

1. Трунов П.В. Особенности процесса очистки сточных вод в погружных мембранных биореакторах // Коммунальное хозяйство городов. 2010. № 93.
2. Wang, Z.; Ma, J.; Tang, C.Y.; Kimura, K.; Wang, Q.; Han, X. Membrane cleaning in membrane bioreactors: A review. J. Membr. Sci. 2014, 468, 276–307.
3. Isma, M.I.A.; Idris, A.; Omar, R.; Razreena, A.R.P. Effects of SRT and HRT on treatment performance of MBR and membrane fouling. Int. J. Chem. Mol. Nucl. Mater. Metall. Eng. 2014, 8, 485–489.

УДК 678.5.002.8

## **О ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ПЛАСТИКА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ**

*Дорофеев Игорь Валерьевич, магистрант кафедры мелиорации и охраны земель, ФГБОУ ВО «Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова*

*Ильин Юрий Михайлович, доцент кафедры мелиорации и охраны земель, ФГБОУ ВО «Бурятская ГСХА им. В.Р. Филиппова*

**Аннотация:** *Статья содержит информацию об основных видах пластика и методах обращения его с отходами. В статье кратко описывается технология утилизации пластика в условиях Республики Бурятия.*

**Ключевые слова:** *переработка пластика, вторичное использование отходов, захоронение отходов, сжигание отходов.*

Пластиковые отходы, с одной стороны представляют собой загрязнителями окружающей среды, а с другой – являются ценными ресурсами, потенциально пригодным для вторичного использования и переработки. Следует отметить, что рынок испытывает дефицит полимерного сырья, так как объем потребления пластмасс ежегодно возрастает. В связи с этим проблема бескон-

трольное и нерациональное обращения с отходами становится насущной проблемой в деле охраны окружающей среды и техносферной безопасности.

Цель работы: Выбор технологии утилизации пластика в условиях Республики Бурятия.

В Улан-Удэ построены и работают два завода по сортировке мусора, которые в дальнейшем складироваться на полигоне твердых бытовых отходов (ТБО). В связи с этим, необходимо на территории Бурятии организовать пункты для приема вторичных отходов, в том числе пластика. Чаще всего в таких пунктах осуществляется прием полиэтиленовой пленки, пластиковой тары, прием ПЭТ бутылок, бумажной макулатуры, алюминиевых пивных банок, стеклотары и т.д.

Из 1 кг отходов может быть получено 800 г вторичного сырья, которое используется для производства новых пластиковых вещей с низкой себестоимостью. Это выгодно не только для перерабатывающих фирм, но и для покупателей этих товаров, а также для экономии в целом.

Материалы, поступившие из пунктов приема пластика на перерабатывающий завод, проходят несколько этапов: сортировка по цвету и качеству, очистка от ненужных компонентов (бумаги, резины), измельчение.

На конечном этапе осуществляется производство флекса, который отправляется на дальнейшую обработку. Далее следует производство агломерата и грануляция, то есть с помощью специального оборудования материал спекается в частицы. Полученные гранулы – вторсырье, которое применяется для производства синтетических тканей и пластиковых изделий: коробок, пленки, бутылок, щеток для уборочной техники полимербетона и др.

На сегодняшний день известно несколько способов утилизации и уничтожения пластмасс:

- переработка отходов в полимерное сырьё и повторное его использование;
- сжигание вместе с бытовыми отходами;
- пиролиз и получение жидкого и газообразного топлива;
- захоронение на полигонах и свалках.

Сжигание отходов представляет собой процесс окисления под воздействием температуры, который применяется с целью сокращения количества отходов или получения энергии. Тем не менее сжигание является малоэффективным средством для устранения отходов пластика. По этому применению этот способ нашел только в тех случаях, когда другие по техническим или экономическим причинам не могут быть использованы. Кроме того в процессе термодеструкции полимера образуются различные токсичные газы, например, аммиак, оксиды азота, хлористый водород, диоксины и др. Среди недостатков можно выделить дорогостоящее оборудование; неизбежность предварительной подготовки отходов к сжиганию (сушка, измельчение); невозможность полностью уничтожить отходы (остается зола, шлак и т.д.).

В области переработки отходов большими перспективами обладает пиролиз, который являет собой сжигание полимерных отходов в бескислородной

среде при температуре около 600<sup>0</sup>С. Твердые вещества в процессе трансформируются в жидкость (мазут) и газ, который применим для получения тепловой энергии. В свою очередь из мазута возможно получать синтетическое топливо, однако, доочистка топлива в данном случае будет слишком сложна и трудоёмка.

Несмотря на то, что пиролиз обладает несомненными плюсами данный метод включает в себя и ряд недостатков, главным из которых является то, что в процессе пиролиза образуется множество вредных химических соединений, которые создают необходимость применения сложных систем фильтрации и очистки. В силу высокой стоимости необходимого оборудования, рентабельность данного метода снижается.

Захоронение - это еще один метод утилизации отходов пластика, который заключается в размещении отходов в назначенном месте для хранения в течение неограниченного срока. Захоронение на полигонах и свалках в силу своей относительно невысокой стоимости является весьма популярным методом ликвидации отходов и для России. Утилизация таким образом может повлечь за собой прямой ущерб окружающей среде и приводит к нерациональному использованию природных ресурсов. На полигонах в результате анаэробного сбраживания образуется «свалочный газ» - биогаз, а в недрах полигона может сформироваться токсичный фильтрат. Поэтому размещение отходов на свалках надлежит считать вынужденным, но малоперспективным с экологической точки зрения решением. Помимо этого, захоронение отличается необходимостью отведения больших площадей под полигоны, весьма низкой извлекаемостью полезных компонентов из отходов (теряется около 90% полезной продукции); сложностями при выборе мест захоронения; истощением ёмкостей полигонов с течением времени (необходимость организации нового полигона и рекультивации существующего).

Самым сложным, но в то же время наиболее рациональным способом является переработка с дальнейшим повторным использованием по прямому назначению. Преимущества заключаются в том, что можно не только добиться ресурсосберегающего эффекта, но и значительно сократить нагрузки, на окружающую среду и её компоненты.

Из переработанных пластиковых отходов можно изготовить:

- волокнистый наполнитель;
- полиэтиленовые пакеты;
- контейнеры для еды;
- легкие пластиковые предметы мебели и другие полимерные материалы.

Переработка пластика помогает:

- экономить не возобновляемые ископаемые виды топлива (нефть);
- снизить потребление применяемой энергии;
- сократить количество твердых отходов;
- снизить выброс углекислого газа (и других вредных продуктов горения пластмассы) в атмосферу.

В Бурятии распространен традиционный способ утилизации пластика – захоронение на полигонах ТБО. Однако, это не лучший способ решения проблемы. Период распада некоторых веществ составляет несколько десятков лет. При этом загруженность полигонов – проблема не только экологическая, но и экономическая.

Переработка мусора в Бурятии пока производится частично, так как необходимо сортировать мусор еще на стадии его поступления на полигон. Более эффективно – сжигание.

Бытует мнение, что сжигание мусора наносит вред окружающей среде и населению. Однако современные инновационные разработки и технологии позволяют сделать процесс дожигания органических соединений без превышения предельно допустимой концентрации вредных веществ. В частности, это современные плазменные технологии, разработанные в Восточно-Сибирском государственном университете технологии и управления (г. Улан-Удэ). Технология основана на использовании электродуговой плазмы для высоко температурной обработки отходов.

На первой ступени переработки ТБО происходит плавление и сжигание горючих, твердых бытовых и медицинских отходов. На втором этапе происходит дожигание токсичных газовых выбросов, при этом полностью исключаются вредные выбросы в атмосферу. После сжигания отходов остается золошлак, который можно использовать как сырье для различной продукции.

Внедрение данной технологии позволит решить экологическую проблему городов и крупных населенных пунктов республики и всей прибрежной зоны озера Байкал. Аналогов данной технологии в России нет.

Главное достоинство этой технологии в том, что она экологична и позволяет перерабатывать диоксины. Целевая ниша для этой технологии – рекультивация полигонов, утилизация пластика на прибрежной территории Байкала.

В соответствии с законом о территориальных схемах обращения с отходами в Бурятии разработана схема, предусматривающая строительство 12 площадок накопления твердых коммунальных отходов (ТКО), 23 объекта ТБО, мусоросортировочной станции в Селенгинске и мусороперегрузочной станции в Северобайкальске. В настоящее время в Джидинском районе Бурятии открыто производство по вторичной переработке пластика и полиэтилена. В феврале 2017 года, управление капитального строительства правительства Бурятии заказало проекты экологических свалок на 20 млн рублей для трех районов Республики. Все работы на проектирование экологических свалок планируется выполнить до конца обозначенного года. Таким образом, в последующем три года экологически безопасные полигоны ТБО должны быть построены для решения вопроса утилизации вторичных отходов.

## ВЫВОДЫ

Рассмотрев выше состояние отрасли утилизации и переработки ТБО в Бурятии, изучив проблематику применяемых сегодня методов утилизации и переработки, а также прогнозируя их проблемы и особенности можно сделать следующие выводы:

1. Планируемые и используемые в настоящее время в Бурятии способы утилизации и переработки ТБО экологически опасны и представляют непосредственную угрозу для окружающей среды Байкальской природной территории (БПТ), являющейся участком Всемирного природного наследия.

2. Данные способы затратны и малокупаемы при условии соблюдения экологических норм и правил. Получаемые в процессе переработки материалы отличаются низким качеством и высокой себестоимостью, а также необходимостью обезвреживания перед использованием.

3. Созданные и реализуемые проекты утилизации и переработки отходов различны и не соотносятся с друг другом. Отсутствует синтез опыта и знаний из решаемой сферы при разработке новых технологий по утилизации и переработке мусора.

4. Современные методы утилизации и переработки качественно не решают проблему «кризиса отходов» и создают дополнительные проблемы, которые могут быть неизвестны науке. Разработчики вышеописанных способов утилизации и переработки мусора, являясь представителями носителей западной культуры, руководствуются соображениями экономической целесообразности, а не экологической пользой и гармонией, при взаимодействии человека и природы.

5. В настоящее время, приемлемы и экологически безопасной технологией утилизации отходов пластика может быть применения высоко температурной электродуговой плазмы для их сжигания.

УДК 502/504: 556.16

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ВЕРХНЕВОЛЖСКОЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

*Исмайылов Габил Худушевич профессор кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Перминов Алексей Васильевич доцент кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** В настоящей работе при исследовании новых режимов сработки и наполнения водохранилищ, работающих в каскаде, предлагается использование модельного комплекса «ИМИТ-BALANC» с применением принципа «справедливых уступок», который, как показал анализ результатов моделирования, позволяет в годы различной водности*

***Ключевые слова:** водохозяйственная система, каскад водохранилищ, имитационная модель, речной бассейн.*

Проблема рационального водопользования в бассейне р. Волги многоплановая, но в ней все же можно выделить две узловые задачи. Первая из них - оптимальное распределение водных ресурсов между основными участниками водохозяйственного комплекса (агропромышленный комплекс, промышленность, гидроэнергетика и др.) с учетом обеспечения устойчивости водных и околоводных экосистем. Вторая задача - определение оптимальной структуры и параметров антропогенной нагрузки на естественные и культурные ландшафты в пределах водосбора, а также и на водные объекты.

Общую постановку задачи моделирования режимов работы Волжско-Камского каскада водохранилищ (ВКК) можно свести к нахождению оптимального (субоптимального) совместного режима всех водохранилищ каскада с удовлетворением гарантированных требований всех участников водохозяйственного комплекса.

В математической записи поставленная задача формулируется следующим образом: необходимо минимизировать функционал

$$\Phi(\vec{V}, \vec{U}, t) = \min \max \left| \frac{\sum_{t=1}^{t=T} \vec{U}_t - \vec{U}_{opt}}{\vec{U}_{opt}} \right| \quad (1)$$

при выполнении условий:

$$\vec{V} = A\vec{W} + B\vec{U} \quad (2)$$

$$\vec{V}_- \leq \vec{V} \leq \vec{V}_+ \quad (3)$$

$$\vec{U} \geq 0 \quad (4)$$

при  $t=0$ ,  $\vec{V} = \vec{V}_0$ , где  $\vec{V}$  – вектор наполнения (объем водохранилища);  $\vec{V}_- = \vec{V}_+$ , – соответственно нижнее и верхнее ограничение объема водохранилища;  $\vec{U}$  – вектор попусков из водохранилищ;  $\vec{U}_t$  – вектор комплексных попусков в момент времени  $t$ , включающий в себя требования всех потребителей нижнего бьефа, в том числе и русла реки;  $\vec{U}_{opt}$  – оптимальное значение попусков всех потребителей нижнего бьефа;  $\vec{W}$  – вектор притока к водохранилищам;  $t$  – текущее время;  $A$  и  $B$  – матрицы системных условий.

В такой постановке решение задачи управления режимами каскада водохранилищ в единой ВХС требует применения методов стохастического программирования. Учитывая это, для нахождения рациональных режимов функционирования системы водохранилищ с учетом неполноты исходной информации была построена имитационная модель. Отсюда задача управления объемами водных ресурсов каскада сводится к многокритериальной задаче принятия решений. Поскольку строгое решение такого рода задач, в основном по причине большой размерности, отсутствует, при моделировании нами были использован алгоритм максимального потока и принцип «справедливых уступок», согласно которому в первую очередь максимально удовлетворяются требования основных водопользователей, но не более, чем это необходимо для их нор-

мальной работы, одновременно контролируется состояние менее приоритетных групп водопотребителей.

В случае, если их обеспеченность водными ресурсами становится ниже некоторого технологического минимума (при отсутствии резерва ресурсов в системе), производится их «подтягивание» до этого минимума путем ограничения более приоритетных потребителей, но не более чем на 20-30% от суммарного водопотребления в данный период времени. В случае, если обеспеченность водными ресурсами менее приоритетных потребителей достигает уровня технологического минимума, или выше его, проводится проверка возможности повышения ее до частного оптимума.

Для реализации имитационной модельного комплекса «IMIT-BALANS» необходимо были использованы результаты, полученные путем оценки многолетней изменчивости притока речных вод к водохранилищам гидроузлов Волжско-Камского каскада. В работе в основном будем останавливаться на результатах каскада водохранилищ Верхней Волги, включающих в себе Ивановское, Угличское, Рыбинское, Горьковское и Чебоксарское водохранилища [1, 2]. Соответственно, при анализе разностной интегральной кривой было установлено, что в хронологическом изменении стока рассматриваемого участка р. Волги отмечается последовательная смена периодов различной водности. Сделан вывод, что при определении субоптимальных режимов функционирования, рассматриваемого части ВКК, следует учитывать возможность появления не только отдельных крайне маловодных и многоводных лет, но и групп лет с низкой и повышенной приточностью. Учитывая сказанное, представляется наиболее рациональным применять в имитационных экспериментах в качестве модельного годового стока и его внутригодового распределения фактический приток к гидроузлам системы.

С целью проведения машинно-имитационного эксперимента сформированы и исследованы следующие варианты различной водности: режим работы в условиях высокой водности с обеспеченностью  $P=(1-20\%)$ , в условиях умеренно высокой водности  $P=(20-40\%)$ ; в условиях средней водности  $P=(40-60\%)$ , в условиях умеренно низкой водности  $P=(60-80\%)$ , в условиях низкой водности  $P=(80-95\%)$ , в условиях аномально низкой водности  $P=(95-99\%)$ .

Поскольку наибольший интерес для нас представляют годы с низким стоком, т.е. маловодные, для них было исследовано больше вариантов, включающих не только отдельные годы и двухлетки, но и трехлетки, когда велика вероятность затяжного маловодья.

Величина суммарной регулирующей емкости Ивановского, Угличского, Рыбинского, Горьковского и Чебоксарского водохранилищ составляет: полная  $41,2 \text{ км}^3$ , полезная –  $22,1 \text{ км}^3$ . Полезная емкость каскада водохранилищ позволяет осуществлять суточное, недельное и сезонное регулирование стока, за исключением Рыбинского, которое выполняет многолетнее регулирование.

Основной задачей каскада водохранилищ на Верхней Волге в период половодья является накопление водных ресурсов с целью их использования в межженный период, а также участие системы водохранилищ в формировании дополнительных весенних попусков в НБ Волжской ГЭС для обводнения нерестилищ и сельскохозяйственных угодий. В период летне-осенней межени главная функция Верхневолжского каскада гидроузлов заключается в использова-

нии водных ресурсов в интересах судоходства путем обеспечения гарантированных судоходных глубин в нижних бьефах ГЭС, а также в поддержании в нижних бьефах таких отметок, которые обеспечивали бы нормальную (бесперебойную) работу водозаборных сооружений и подачу санитарных и экологических попусков ниже по течению реки.

*Таблица*

**Варианты для проведения экспериментов для лет различной водности**

<b>Высокая водность P=(1-20%)</b>	<b>Умеренно высокая водность P=(20-40%)</b>	<b>Средняя водность P=(40-60%)</b>	<b>Умеренно низкая водность P=(60-80%)</b>	<b>Низкая водность P=(80-95%)</b>	<b>Аномально низкая водность P=(95-99%)</b>
1955 г. (P=8%)	1929 г. (P=34%)	1970 г. (P=44%)	1948 г. (P=78%)	1920 г. (P=83%)	1937 г. (P=98%)
1952 г. (P=11%)	1985 г. (P=22%)	1941 г. (P=51%)	1950 г. (P=74%)	1963 г. (P=87%)	1937 г. (P=98%)
1953 г. (P=13%)	1986 г. (P=29%)	1942 г. (P=56%)	1951 г. (P=75%)	1964 г. (P=91%)	1938 г. (P=95%)
-	-	-	1965 г. (P=71%)	1971 г. (P=82%)	1938 г. (P=95%)
-	-	-	1968 г. (P=64%)	1972 г. (P=94%)	1939 г. (P=96%)
-	-	-	1969 г. (P=67%)	1973 г. (P=92%)	1940 г. (P=90%)

Далее приведены некоторые результаты анализа режима работы Верхневожского каскада гидроузлов, состоящего из пяти водохранилищ, с использованием модельного комплекса «IMIT-BALANS».

Для анализа результатов моделирования в период низкой водности были выбраны маловодные годы: двухлетка 1963/64-1964/65 гг. и трехлетка – 1971/72–1973/74 гг. В эти годы, как видно из таблицы (приведен имитационный эксперимент для однолетки 1920-21 г.г.), в весенний период наполнение Ивановского водохранилища начинается с первой-второй декады апреля (от отметки предполоводной сработки 119,5 м) до регламентируемой отметки НПУ (124,0 м) на конец первой декады апреля или мая (в зависимости от водности года). Уровень НПУ поддерживается до конца мая – августа. Начиная с этого момента водохранилище начинает свою сработку вплоть до установления к 1 апреля отметок 119,5 – 122,0 м в соответствии с обеспеченностью половодья следующего года. Согласно действующим ПИВР максимальная загрузка агрегатов Ивановской ГЭС приходится на период половодья: наполнение водохранилища должно производиться избыточной частью весеннего притока над полной пропускной способностью ГЭС. Максимальная пропускная способность ГЭС при нормальном подпорном уровне, полной загрузке агрегатов и отсутствии холостых сбросов составляет для Ивановского гидроузла 300 м³/с. Как показал эксперимент, наибольшие объемы попусков в НБ осуществляются в период весеннего половодья, максимальный сброс в Угличское водохранилище

составил  $1470 \text{ м}^3/\text{с}$  в год 90%-й обеспеченности, в период летне-осенней межени в отдельные годы попуски снижаются до  $15 \text{ м}^3/\text{с}$ , а затем в зимние месяцы и в период предполоводной сработки увеличиваются до  $225 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Так же, как и на Иваньковском гидроузле, самые высокие среднесуточные расходы подавались в НБ во время половодья, максимальный из них составил  $2000 \text{ м}^3/\text{с}$ , что не превышает суммарную пропускную способность гидротурбин Угличской ГЭС. Характер попусков в период межени можно оценить так: наблюдается снижение попусков до  $30 \text{ м}^3/\text{с}$  и во время предполоводной сработки емкости водохранилища сбросной расход составляет  $300 - 600 \text{ м}^3/\text{с}$ .

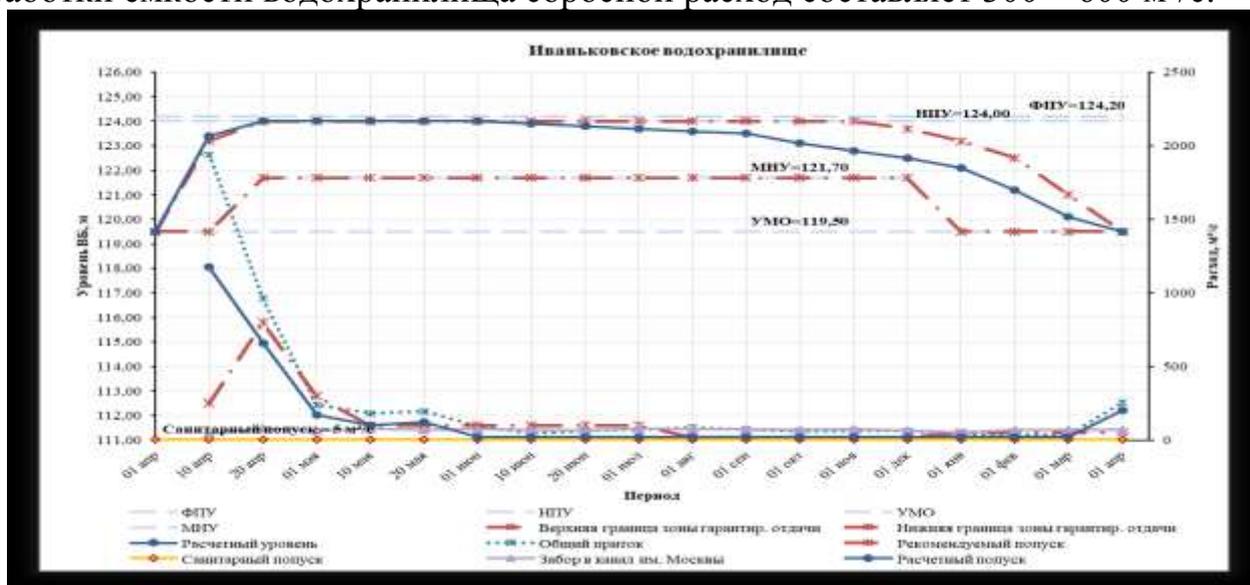


Рисунок 1- Результаты имитационного эксперимента в период низкой водности, 1920/21 гг. ( $p_{\text{год Волги}}: 83\%$  /  $p_{\text{год Верх. Волги}}: 93\%$ )

В годы с аномально низкой водностью в период судоходства уровни на водохранилищах каскада поддерживались в пределах призмы навигационной сработки, однако, в год с 98%-ной обеспеченностью на Рыбинском водохранилище с августа и до второй декады ноября потребуется сработка ниже МНУ в ВБ (99,10-98,20 м) с целью обеспечения судоходных попусков ниже г.Городца величиной  $640 \text{ м}^3/\text{с}$ . Максимальные сбросы в НБ гидроэлектростанций в период половодья составили: на Иваньковском гидроузле –  $1665 \text{ м}^3/\text{с}$ , на Угличском –  $3142 \text{ м}^3/\text{с}$ , Рыбинском –  $620 \text{ м}^3/\text{с}$ , Горьковском –  $2275 \text{ м}^3/\text{с}$ , Чебоксарском –  $6480 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Минимальные среднемесячные расходы в НБ гидроузлов каскада в межень не были ниже допустимых санитарных и минимальных попусков в НБ в межнавигационный период и составили: Иваньковское водохранилище –  $12 \text{ м}^3/\text{с}$ , Угличское –  $30 \text{ м}^3/\text{с}$ , Рыбинское –  $400 \text{ м}^3/\text{с}$ , Горьковское –  $630 \text{ м}^3/\text{с}$ , Чебоксарское –  $970 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Стоит отметить, что во все исследуемые годы различной водности водопотребление промышленных и коммунальных предприятий, а также водоснабжение канала им. Москвы обеспечиваются полностью без перебоев.

### Библиографический список

1. Перминов А.В. Смирнова М.А., «Имитационное моделирование системы водохранилищ на примере Верхней Волги». Проблемы управления водными и земельными ресурсами. Материалы Международного научного форума. В 3-х ч. Ч. 1. Москва, 2015 г. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 482 с.

2. Смирнова М.А. «Оценка изменения гидрологических характеристик бассейна Верхней Волги при современном климате». Проблемы комплексного обустройства техноприродных систем: Материалы международной научно-практической конференции часть V Мониторинг водных объектов/ Московский государственный университет природообустройства. - 2013. - с. 218-225.

УДК 502/504:551.585

### РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГОДОВОГО И СЕЗОННОГО СТОКА РЕКИ ОКИ

*Исмайылов Габил Худуш оглы, профессор кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Муращенко Наталья Владимировна, доцент кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация: выполнен ретроспективный анализ изменений стока бассейна реки Оки за достаточно продолжительный 127-летний период (1881/1882–2007/2008 гг.). Использована информационная база гидрометрических данных наблюдений за более чем 100-летний период на основе использования методик статистического анализа временных рядов данных наблюдений.*

*Ключевые слова: Речной сток, речной бассейн, колебания речного стока, водные ресурсы, временной ряд.*

Река Ока – крупный и многоводный правый приток Волги, берет свое начало в Орловской области в центре Среднерусской возвышенности на высоте 226 м над уровнем моря. Длина реки Оки составляет 1500 км. Течение реки разделяют на три части: верхнее течение (длина 645 м) – от истока и до впадения реки Москвы, среднее течение - от устья р. Москвы и до впадения р. Мокши, нижнее течение – от впадения реки Мокши и до устья реки Оки. Площадь бассейна реки Оки составляет 245 000 км<sup>2</sup>. На территории бассейна расположены Орловская, Тульская, Калужская, Московская, Ивановская, Рязанская, Владимирская, Тамбовская, Пензенская, Нижегородская области и республика Мордовия. В бассейне реки находится крупный мегаполис – г. Москва. Речной сток Оки до сих пор незарегулирован, за исключением лишь бассейна реки Москвы, в котором функционирует Москворецкая водохозяйственная система, обеспечивающая водой Московский регион.

Река Ока относится к равнинным рекам, с характерным высоким весенним половодьем, низкой летне-осенней меженью, прерываемой дождевыми паводками и зимней меженью. В последнее время на реках бассейна Оки часто происходят зимние паводки, вызванные таянием снега, в связи со значительным повышением температуры воздуха зимнего периода.

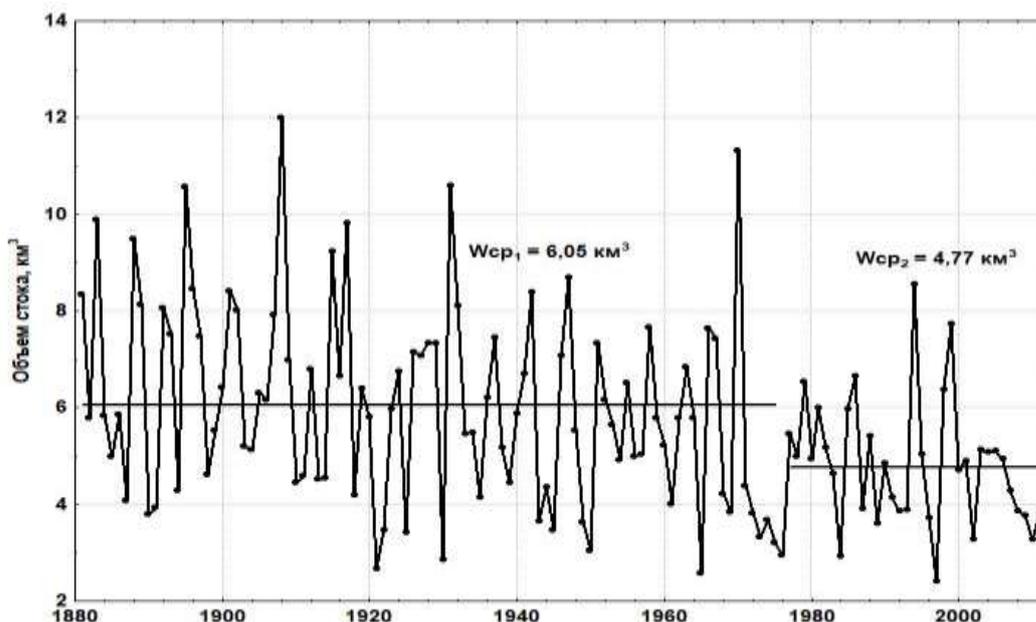
Ретроспективный анализ и оценка пространственно-временных изменений характеристик годового и сезонного стока бассейна реки Оки выполнены на основе использования базы данных гидрометрических наблюдений за достаточно продолжительный 127-летний период в гидрологических створах по течению реки Оки. Исходными данными послужили среднемесячные и среднегодовые расходы воды на гидрометрических створах реки Оки в верхнем, среднем и нижнем течении, включая замыкающий створ бассейна реки Оки – г. Горбатов, площадью водосбора 244000 км<sup>2</sup>.

При анализе пространственных изменений среднемноголетних значений характеристик годового стока бассейна реки Оки выявлены следующие закономерности. Среднемноголетний расход воды реки Оки в ее верхнем течении в створе г. Белев (F=17500 км<sup>2</sup>) составляет 81,3 м<sup>3</sup>/с, а расход воды в створе г. Калуга (F=54900 км<sup>2</sup>), после впадения крупного притока р. Угры возрастает до 295,3 м<sup>3</sup>/с, и в замыкающем створе бассейна (г. Горбатов) на площади бассейна F=244000 км<sup>2</sup> составляет 1263,6 м<sup>3</sup>/с. Среднемноголетний объем стока изменяется от 2,6 км<sup>3</sup>/год в верхнем течении до 40 км<sup>3</sup>/год в замыкающем створе бассейна реки. Среднегодовой модуль стока с территории бассейна реки колеблется от 5,4 - 5,6 л/(с\*км<sup>2</sup>) в верхнем течении (до г. Калуги) до 3,4-3,7 л/(с\*км<sup>2</sup>) на правобережных притоках нижнего течения реки (р. Мокша, р. Цна) [1].

Ретроспективный анализ изменения годового стока бассейна р. Оки позволил выявить годы аномально высокой и аномально низкой водности. Аномально высокая водность (многолетний максимум) реки Оки наблюдалась в 1908 году. Модульные коэффициенты стока (K<sub>i</sub>), характеризующие отношение стока за год аномально высокой водности (1908 г.) к его среднемноголетнему значению (норме годового стока), изменяются от 1,76-1,88 в верхнем течении реки Оки (до г. Кашира) до 1,45-1,47 в низовьях реки (после впадения р. Мокши). Год аномально низкой водности (многолетний минимум) в бассейне реки Оки приходится на 1921 г. Распределение модульных коэффициентов стока за этот год показывает, что в верхнем течении реки сток был ниже нормы на 45-46% (K=0,45-0,46), а в нижнем течении реки – на 52-54% (K=0,52-0,54).

Анализ изменения внутригодового распределения объема стока реки Оки по сезонам года (весеннее половодье, летне-осенняя и зимняя межень) за выделенные периоды времени (до и после 1976/1977 гг.) показал следующую закономерность. В верхнем течении бассейна реки Оки (до г. Калуги) распределение долей сезонного стока от годового объема наблюдающееся до 1976/1977 года следующее: сток весеннего половодья, летне-осенней и зимней межени составляет соответственно 66, 25 и 9%. За период после 1977/1978 года и по настоящее время доля весеннего стока снизилась до 51%, летне-осеннего и зимнего стока - соответственно до 33 и 16%. На рис. 1 представлена динамика

изменения средних значений объемов стока весеннего половодья за выделенные отрезки времени (до и после 1976/1977 гг.). При сопоставлении среднемноголетних значений слоя стока р. Оки за периоды 1881/1882-1976/1977 гг. и 1977/1978-2006/2007 гг. установлено что, происходит снижение объема стока весеннего половодья на  $1,3 \text{ км}^3$ , что составляет более 20% относительно его нормы. На фоне снижения стока весеннего половодья, сток летне-осенней и зимней межени р. Оки у г. Калуги увеличивается соответственно на  $0,85 \text{ км}^3$  и  $0,69 \text{ км}^3$ . Такое внутригодовое перераспределение стока характерно для современных климатических условий, проявляющихся повышением как годовой температуры воздуха, так и температуры воздуха холодного периода года, увеличением числа зимних оттепелей и снижением глубины промерзания почв и грунтов.

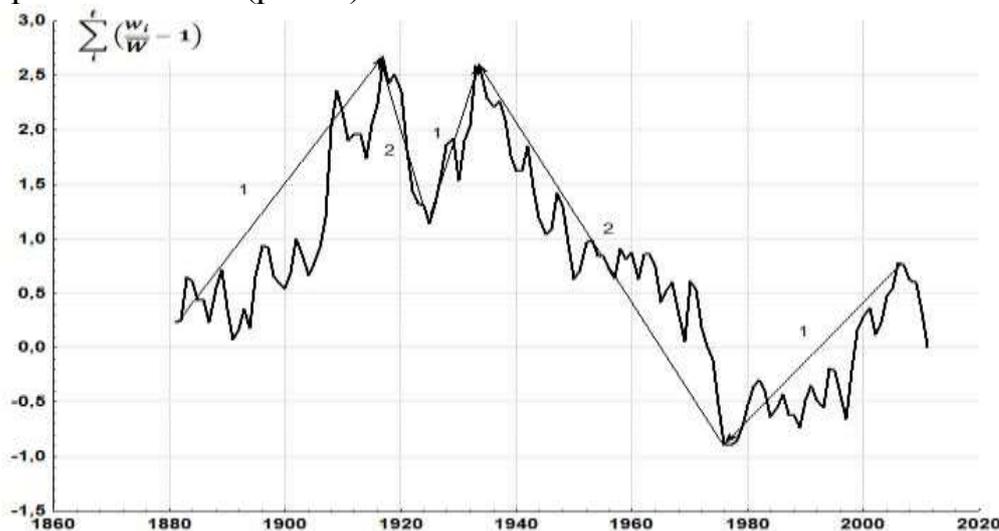


**Рисунок 1 - Изменение среднемноголетних значений объема стока весеннего половодья р. Оки в створе г. Калуга за выделенные периоды времени (до и после 1976/1977 гг.)**

В нижнем течении бассейна Оки (до г. Горбатов) изменение доли весеннего стока составило от 61 до 48%. В бассейне р. Угры, имеющем наибольшую заlesenность (55%) территории бассейна изменение стока весеннего половодья менее выражено и составляет 8%.

В современных климатических условиях на объем весеннего стока в бассейне р. Мокши (крупном правом притоке р. Оки в нижнем течении) приходится наибольшая доля стока - 65%, а наименьшая доля отмечается в замыкающем створе бассейна Оки (до г. Горбатов) и составляет 48 % от годового объема стока. Увеличение доли стока летне-осенней межени в верхнем течении Оки за последние десятилетия составляет от 22-25 % до 32-34%, и в замыкающем створе бассейна - от 28 до 36 %. Менее выражено изменение летне-осеннего стока в бассейне р. Мокши - с 18 до 23%.

В настоящей работе оценим долговременные изменения годового и сезонного стока реки Оки у г. Калуги, обусловленные как климатическими, так и антропогенными воздействиями на территории речного бассейна. Выявить долговременные изменения стока реки Оки возможно на основе использования разностных-интегральных кривых, отражающих многолетние интегральные изменения речного стока (рис. 2).



**Рисунок 2 – Разностная интегральная кривая годового стока реки Оки у г. Калуги за период 1881/1882 – 2011/2012 гг.**  
(1 – фаза повышения стока, 2 - фаза снижения стока)

Анализ разностных интегральных кривых годового и сезонного стока реки Оки в ее верхнем течении показал, что за 130-летний исследуемый период в долговременных изменениях объемов стока выделяются длительные фазы повышения и снижения стока разной продолжительности. Например, в многолетних изменениях годового стока наблюдается 37-летняя фаза повышения стока, начинающаяся с конца XIX века и заканчивающаяся в 1917/1918 гг. XX-го столетия. Длительная фаза повышения речного стока сменяется кратковременным 7-летний период понижения стока реки Оки, за которым следует аналогичный короткий 8-летний период повышения объемов стока. С 1934/1935 гг. в бассейне реки Оки наступает затяжная фаза снижения стока, продолжающаяся до середины 70-х годов XX века. Несколько иную картину имеют многолетние изменения сезонного стока (периода весеннего половодья, летне-осенней и зимней межени). Для стока весеннего половодья отчетливо выделяются две длительные фазы повышения и понижения стока, а также фаза стабилизации стока. Длительная фаза повышения стока (1881/82-1933/34 гг.) сменяется фазой стабилизации речного стока, продолжающейся до конца 60-х годов, а затем наступает длительная фаза снижения стока (1970/1971-2011/2012 гг.). В многолетних изменениях стока летне-осенней межени точкой перехода от длительной 96-летней фазы понижения стока к 34-летней фазе повышения стока является маловодный год 1976/1977 год. Аналогичная картина наблюдается и в изменениях стока зимней межени. Отметим, что длительные фазы годового, зимнего и летне-осеннего стока практически синхронны друг другу, что не сказать про

изменения стока весеннего половодья. Длительные фазы весеннего стока асинхронны столь же длительным фазам летне-осеннего и зимнего стока реки Оки в створе г. Калуги.

Исходя из ретроспективного анализа изменений годового и сезонного стока реки Оки в ее верхнем течении, можно сделать вывод о том, что с середины 70-х годов XX века происходят изменения водного режима реки Оки, выраженные в перераспределении стока внутри года, в резком уменьшении доли стока весеннего половодья и значительном увеличении доли грунтового стока в годовом объеме стока.

### **Библиографический список**

1. Исмаилов Г.Х. Оценка динамики водных ресурсов бассейна реки Оки в современных климатических условиях / Г.Х. Исмаилов, Н.В.
2. Муращенкова // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019» (23 – 26 сентября 2019 г.) – С. 704-708.

УДК 621.22; 626.860.4

## **ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МИНИ-ГЭС С СИФОННЫМ ВОДОПРИЕМНИКОМ**

*Бахитанин Александр Михайлович к.т.н., доцент ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Крылов А.П., аспирант ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Беглярова Эвелина Суреновна, к.т.н., профессор ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация.* В статье представлена информация о реализации новой концепции мини-ГЭС контейнерного типа с применением в качестве рабочего агрегата модернизированной ортогональной турбины, а также рассматриваются вопросы гидравлической работы сифонного водоприемника в данной мини-ГЭС. **Ключевые слова:** сифонный водоприемник, малая гидроэнергетика, ортогональная турбина, гидравлика.

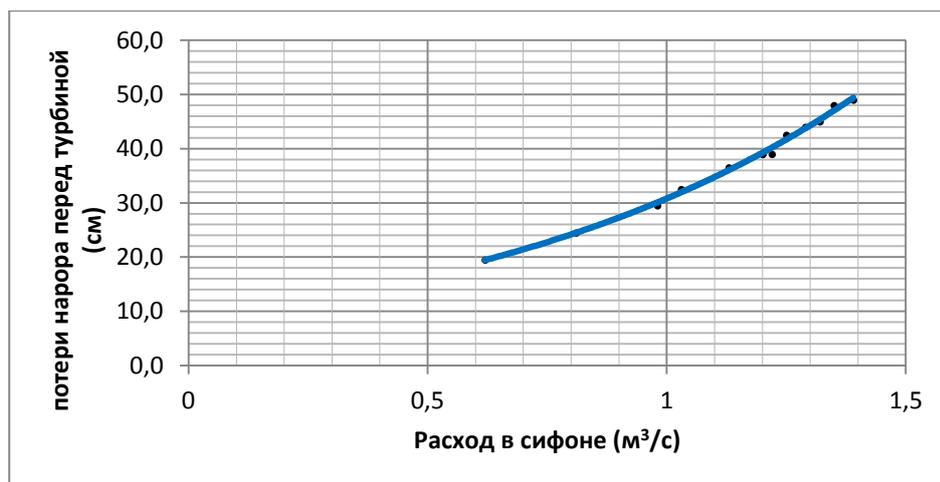
В 2015 году были проведены предварительные эксперименты по реализации концепции переносной мини-ГЭС контейнерного типа с применением в качестве рабочего агрегата ортогональной турбины [1]. Испытания проводились на существующем гидроузле Хоробровской МГЭС на реке Нерль (рис. 1). Испытуемая мини-ГЭС имеет сифонный водоприемник, включающийся в работу с помощью вакуумного насоса. Выбор подобного водоприемника имеет под собой следующее основание: 1. – компактность сооружения. 2. - большая надежность работы сифонного водоприемника, ввиду отсутствия подвижных и мелких деталей нуждающихся в постоянном уходе 3. -

возможность его установки на существующие гидроузлы. Помимо вышесказанного отличительной особенностью мини – ГЭС является её сборно-разборная конструкция (рис.1). Данное решение позволяет не вносить изменения в несущую конструкцию существующей плотины, а также производить монтаж-демонтаж в максимально короткие сроки от 1 до 2-х дней.

Простой монтаж-демонтаж и возможность генерации электроэнергии автономно, делают её привлекательной для удалённых энергопотребителей, где нет доступа к общей сети. В качестве энергопотребителя в данном случае могут выступать: удалённые рыболовецкие посёлки, производственные предприятия, всевозможные сезонные промыслы, жилые поселения, лишённые доступа к общей сети электроэнергии и пр. Единственным условием реализации концепции для подобного рода энергопотребителей является наличие достаточного гидроэнергетического ресурса и возможность его реализации.



**Рисунок 1- Установка энергетического блока мини ГЭС на полигональный водосброс р. Нерль**



**Рисунок 2- График демонстрирующий потери напора перед турбиной в зависимости от напора**  
(по результатам предварительных испытаний). Напор на станции – 3,30 м.

На рисунке 2 ниже, показан график изменения потери напора перед турбиной в зависимости от расхода в сифонном турбинном водоводе. Результаты испытаний наглядно демонстрируют значительность потерь в водоводе обусловленных конструкцией сифона. При режимах с наибольшим расходом от 1,1 м<sup>3</sup>/с до 1,3 м<sup>3</sup>/с на станции, потери напора доходили до 0,55 – 0,60 м, что составляет до 20 % всего напора.

Таким образом, энергетические потери при работе мини-ГЭС при максимальной выработке мощности, из-за потерь в водоводе, обусловленных его формой теряется до 15 % мощности, что в эквиваленте данной станции приравнивается к 4-5 кВт.

Это заставляет задуматься каким образом было бы возможно минимизировать эти потери с сохранением концепции мини-ГЭС, которая могла бы функционировать без изменения конструкции существующего гидроузла.

Также большой интерес вызывает использование подобных переносных малых ГЭС в системе орошения, в ирригационных каналах, где есть необходимые расходы от 0,7 м<sup>3</sup>/с, а также перепады, начиная от 2,5-3 м. Здесь наиболее целесообразным является возможность использования деривационной схемы. Схема деривационной схемы в упрощенном варианте представлена на рисунке 3.

Возможность использования в системах орошения позволила бы экстрагировать энергию, заключенную в каналах оросительной системы и использовать её для нужд близлежащих хозяйств, предприятий и пр.

Стоит заметить, что подобные проекты, также предлагались Канадской компанией «Rapid-Eau Technologies Inc.», совместно с частной управляющей компанией в Шри-Ланке «Chelina hydro (private) limited». [2]

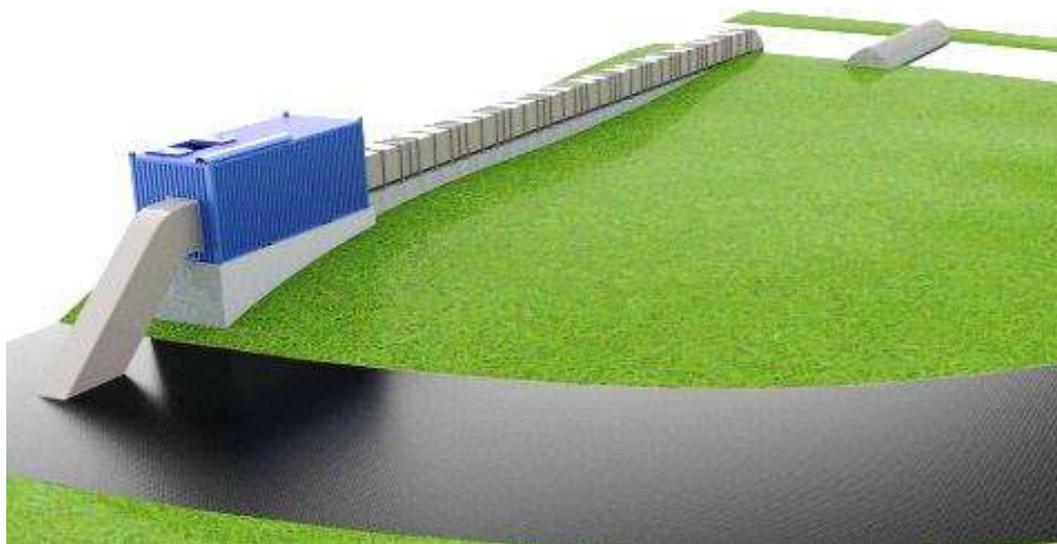


Рисунок 3 - Мини ГЭС деривационного типа.

Мини-ГЭС планируется устанавливать на ирригационном канале, на водосливе (Рис. 4)



Рисунок 4 - Водослив на ирригационном канале в Шри-Ланке.

Таблица 1

### Характеристики места установки

Наименование объекта	Существующий ирригационный канал
Поселение	«Bakmeedeniya»
Район	Ampara
Напор брутто	4.2 m
Напор нетто	4.0 m
Ежедневный минимальный расход воды в канале	10.0 m <sup>3</sup> /s (65% в году)

Таблица 2

### Резюмирующее влияние на окружающую среду в целом для подобных проектов мини-ГЭС

Вид влияния	Влияние
Потеря естественной сферы обитания	нет
Эрозия почв и седиментизация в верхнем бьефе	нет
Повышение уровня грунтовых вод	нет
Качественные изменения в грунтовых водах	нет
Водное загрязнение	нет
Изменения в расходе ирригационного канала в нижнем бьефе	нет
Потери недвижимого имущества	нет

Можно заключить, что данное направление развитие малой гидроэнергетики крайне перспективно для определенных целей и в определенных условиях. Кроме того как показано выше в таблице 2, подобные мини-ГЭС несут очень незначительное влияние на окружающую среду, но полезный эффект от их использования весьма ощутим.

### Библиографический список

1. Историк Б.Л., Шполянский Ю.Б. Модернизированный ортогональная турбина с пристеночным направляющим аппаратом в приливной энергетике. – Москва: журнал «Гидротехническое строительство». 2015, №6.
2. Perera M. Using Siphon Hydro Technology in Sri-Lanka. 2013.
3. А.П. Крылов, А.М. Бакштанин. Новые концепции в развитии микро- гидроэнергетики. Гидравлика в напорных водоводах микро-ГЭС // Природообустройство. 2017. №5.
4. Беглярова Э.С., Бакштанин А.М. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИФОННЫХ ВОДОСБРОСОВ ГЭС. В Сборнике: ДОКЛАДЫ ТСХА Сборник Статей. 2019. С. 168-171.
5. Крылов А.П., Бакштанин А.М. МИКРО-ГЭС НА БАЗЕ ОРТОГОНАЛЬНОЙ ТУРБИНЫ. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ МИКРО-ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ В РАЙОНАХ ТРУДНОЙ ДОСТУПНОСТИ НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ). В сборнике: Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения В.П. Горячкина 2018. С. 674-678.
6. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ. Учебник для направлений подготовки 20.03.02 и 20.04.02 "Природообустройство и водопользование" / Под общей редакцией Л.Д. Ратковича, В.Н. Маркина. Москва, 2019. Сер. Высшее образование: Бакалавриат

УДК 631.363

### СИСТЕМА ТОЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

*Шабанов Виталий Владимирович, профессор кафедры мелиорации и рекультивации земель института мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.*

*Маркин Вячеслав Николаевич, доцент кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики института мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.*

*Аннотация:* рассматриваются вопросы необходимости точного учета экологического состояния водосбора при управлении водными ресурсами. Комплексный подход к согласованию экономических и экологических интересов на основе современного ведения мониторинга водных объектов и территории водосбора.

*Ключевые слова:* управление, водные ресурсы, водосбор, водохранилище, экологические попуски, точное земледелие, точная мелиорация земель.

В настоящее время управление водными ресурсами осуществляется на основе мониторинга водных объектов и состояния гидротехнических сооружений. Чисто экономическая цель управления водными ресурсами связана с обеспечением населения и отраслей экономики водой в необходимых количествах при заданном качестве. Экологическая допустимость оказываемых при этом воздействий проверяется для определения компенсационных мер [1]. При этом водные объекты рассматриваются без связи с наземными и без учета косвенного антропогенного влияния на формирование количества и качества стока с водосборов. Такая постановка вопросов использования водных объектов привела к существенным изменениям их экологического состояния.

Вместе с тем, основной объем стока формируется на водосборах. От гидрофизического и гидрохимического состояния водосбора (распаханность, залесенность, использование средств защиты растений и др.) во многом зависит количество и качество стока.

Недоучет состояния водосбора приводит к тяжелейшим экономическим и экологическим последствиям. Так, например, недоучет степени проницаемости земель водосбора в весенний период 2019 года, привел к необоснованному прогнозу половодья, освобождению объемов Волжских водохранилищ (ошибочное управляющее воздействие) и обмелению Волги в начале лета.

Необоснованное применение мощных средств защиты растений летом 2019 года, привело к отравлению и массовой гибели пчел в бассейнах многих рек (видимый результат), но можно предположить, что часть ядохимикатов проникла в грунтовые воды и через определенное время поступит в реки (отложенная катастрофа).

Увеличение катастрофичности метеорологических явлений, вызванное тысячелетним «выбрасыванием» в атмосферу антропогенно используемой энергии и необходимости рассеивания ее для поддержания постоянных условий (например температурных) на Земле, приводит к тому, что управление природными ресурсами, и в первую очередь водными должно быть точным. Этому может способствовать «цифровизация» экономики, т.е. стремление к более точному учету свойств природно-техногенных систем.

Точное водное хозяйство можно трактовать как систему прецизионного управления количеством и качеством водных ресурсов на водосборе. В связи с тем, что формирование 70-80% поверхностного стока происходит на водосборе, этот процесс подвержен существенному антропогенному воздействию. Основными компонентами антропогенного воздействия служат земледелие и мелиорация, по крайней мере, по влиянию на количество стока. В связи с этим, переход на точное управление в земледелии, что затруднительно сделать без точной мелиорации, позволит более точно прогнозировать, а, следовательно, и управлять стоком с водосбора.

Точная мелиорация может трактоваться как точное управление в пространстве (учёт неоднородности пространства,) и во времени (каждое управляющее воздействие должно быть реализовано в строго определённый момент времени, так как требование сельскохозяйственных растений и почвенной био-

ты во время вегетации меняются, и неточное управление может привести к потере продуктивности, как сельскохозяйственных культур, так и почвенной биоты). Кроме того, высокая точность должна быть при управлении каждым фактором внешней среды (водным  $\pm 0,01$ ПВ, тепловым  $\pm 0,10$ С и пищевым  $\pm 0,01$  кг ДВ/га). Точная мелиорация возможна при детальном знании гидрофизических и гидрохимических свойств почв, расположенных на различных ландшафтных элементах водосбора, а эти характеристики необходимы и для расчета количества и качества стока с водосбора.

Таким образом, точная мелиорация, это точное управление в пространстве и во времени, основными факторами окружающей среды для природных (почвенная биота) и антропогенных (сельскохозяйственное поле) систем.

Создание триединой системы точное земледелие + точная мелиорация + точное водное хозяйство приведет к созданию природоподобной системы оптимального управления на водосборе.

В экономическом плане это даст возможность получать экологически чистую сельскохозяйственную продукцию, сохранить плодородие, сократить внесение минеральных удобрений и средств «защиты растений», а все это существенно уменьшит загрязнения водных объектов.

Кроме того, точное знание состояния водосбора даст возможность делать правдоподобные прогнозы весеннего стока, да и любого стока при катастрофических осадках, которых в связи с глобальными изменениями климата становится все больше и больше.

В современных условиях имеется возможность инструментально и расчётно осуществить детальный мониторинг не только водного объекта, но и условий формирования стока на водосборной площади [2]. На данной основе, появляется возможность осуществления точного водного хозяйства – как комплексной высокотехнологичной системы управления водохозяйственной природно-технической системой на основе дистанционных и компьютерных технологий. Точное управление природно-техническими системами основывается на следующих предпосылках:

- Современные средства управления позволяют оперативно осуществлять необходимые дифференцированные управляющие действия и даже работать в режиме самообучения.
- Рост уровня технического и интеллектуального образования определяет заинтересованность современного человека в интеллектуальном труде с использованием автоматизированных, технически сложных систем.
- В современном мире осознана необходимость улучшения экологического состояния природных экосистем.
- Современная экономическая парадигма основана на необходимости повышения эффективности использования природных ресурсов.

Это говорит о возможности и необходимости развития точного управления природно-техническими системами, как современного направления деятельности.

В отношении водных ресурсов речь идет о точном управлении количеством и качеством воды, начиная с водосборной площади водного объекта и основывается на следующих постулатах:

1. водный объект это продукт водосборной площади;
2. любая деятельность человека может привести к ухудшению состояния водных объектов;
3. управление качеством воды должно осуществляться не одним, а набором мероприятий;
4. целевые показатели качества воды соответствуют качеству естественного фона;
5. допустимый предел изъятия воды из водного объекта, например, реки, ограничивается величиной экологически допустимого стока и поэтому должно быть оперативно согласовано с таким «мощным» водопотребителем, как мелиорация;
6. использование водного объекта должно быть в допустимом пределе перестроения гидрографа стока.

Первый и второй постулаты предупреждает, что использование человеком водосборной площади приводит к изменению условий формирования количества и качества природных водных ресурсов:

- годового стока рек и его внутригодового распределения;
- увеличение потока загрязняющих веществ в водный объект.

Использование земель водосборной площади (связанное, например, с вырубкой лесов, распашкой земель и др.) ведет к снижению объемов годового стока, в основном, за счет изменений стока весенний и в летне-осенний период [3, 4]. Влияние тем сильнее, чем больше площадь, на которой произошло изменение естественных условий.

Второй постулат добавляет, что любая деятельность человека может привести к ухудшению состояния водных объектов, декларируется законами Коммонера [5]. Использование природных ресурсов, даже в экологически допустимых пределах, оказывает негативное влияние на окружающую природную среду, вопрос только в принятии компромиссного решения.

Это позволяет сделать два вывода. Первый, даже природоохранная деятельность экологически не безопасна. Например, очистка сточных вод, подразумевает утилизацию скапливающихся отходов, использованию земельных ресурсов и других природных ресурсов необходимых для строительства и эксплуатации сооружений. Второй вывод, предполагает разделение всех природоохранных мероприятий на две группы:

- обязательные, которые проводятся даже в случае оказания экологически допустимого воздействия;
- специальные, которые необходимы при экологически недопустимых воздействиях.

Третий постулат основан на законе «Необходимого разнообразия» [5], который говорит, что снижение разнообразия в поведении системы достигается только за счет увеличения разнообразия управлений (разнообразие уничтожает разнообразие). Следствие закона устанавливает, что эффективное управление в сложных системах не осуществимо с помощью «простых» средств.

Четвертый постулат говорит, что целевое качество воды должно соответствовать естественному (природному) фону. Для большинства интенсивно используемых водных объектов естественный фон соответствует «умеренно-загрязненному» классу качества воды.

Пятый и шестой постулаты говорят, что использование водного объекта не должно приводить к потере экологической устойчивости водной экосистемы вследствие ее истощения. Последнее связано с прямым изъятием воды, косвенным (как результат изменения условий формирования стока на водосборе) и переформировании гидрографа при регулировании стока. Допустимое воздействие определяется как объем естественного ресурса воды минус экологически допустимый объем [6, 7].

Идея точного управления не нова. Отдельные элементы ее уже используются. Новизна связана с объединением всех элементов одно целое, для достижения единой цели. Схему точного управления водными ресурсами можно представить в виде взаимосвязанных блоков (рис. 1).

Блок мониторинга. На основе данных точного мониторинга водосборной площади делается оценка интенсивности, объемов и качества формирующегося стока. Полученные данные сопоставляются с данными мониторинга водного объекта, что позволяет их корректировать и делать более точные прогнозы изменения объемов воды в водном объекте. Мониторинг использования воды позволит учесть изменение стока в результате водозабора и водоотведения.

Все три составляющих мониторинга используются для контроля качества воды, как в сточных водах с территории водосбора (диффузные источники), так и канализованных вод (сосредоточенные источники). Мониторинг работы и состояния гидротехнических и водоохраных систем и сооружений позволит анализировать их работоспособность и возможности.

Блок расчетный. Данные мониторинга частично обрабатываются при получении (на этапе конкретного вида мониторинга), результаты передаются в центр управления где делается и корректируется прогноз состояния водного объекта (объемы стока и качество воды).

Блок управления. Прогностические расчеты используются для выработки управляющего воздействия, например: определения объемов сброса воды и режима наполнения водохранилища, выявления источников загрязнения, необходимости проведения противопаводковых мероприятий и т.п. Из центра управления выдаются команды на проведение мероприятий, например: включение механизмов водораспределения, управление работой затворов на водосбросном сооружении, необходимость вида и объемов ремонтных работ, проведение работ по снегозадержанию, рыхлению почв для перехвата поверхностного стока и

др. Все управляющие воздействия контролируются системой блока мониторинга.



Рисунок 1- Схему точного управления водными ресурсами

Цель точного управления водными ресурсами можно определить как повышение и улучшение и поддержание экологического состояния водных экосистем на естественном уровне, в условиях рационального использования водных ресурсов на основе оптимального управления. Таким образом, точное управление связано с максимально полным соблюдением закона «экологичное-экономично». Задачи, которые при этом надо решать включают:

- организация детального мониторинга системы водосбор – водный объект – водохозяйственные системы;
- определение допустимых пределов воздействия;
- эколого-экономическая типизация использования водных объектов;
- эколого-экономическая типизация использования водосборной площади;
- создание природно-технических систем с максимальной замкнутостью потоков вещества.

Методы и средства точного управления водными ресурсами включают:

- аэрокосмические, в том числе и беспилотные летательные аппараты, которые позволяют контролировать всю территорию водосбора и водного объекта, и выявлять проблемы и проблемные участки;
- наземные, которые являются основными в системе контроля, выработки управляющих решений и их осуществления. Наземные методы включают: компьютерные технологии, методы биологического контроля, автоматизированные и роботизированные системы;
- плавающие и подводные средства контроля состояния водных объектов.

Улучшение и сохранение экологического состояния водных объектов связано с обоснованием и учетом нормативов экологической безопасности, не только жизнедеятельности человека, но и требований водной и наземной биоты. Это возможно за счет создания единой системы: точное земледелие+точная мелиорация+точный учет стока на водосборе. При этом следует изменить от-

ношение человека к растительному и животному миру (включая и биотическое сообщество почвы) на водосборе. Необходимо признать их "право" на равноценное с человеком существование, что частично закреплено принципами Водного Законодательно [8].

### **Библиографический список**

1. Комплексное использование водных ресурсов и охрана природы./Под ред. проф. Шабанова В.В. – М.: Колос, 1994. –С. 318
2. Голованов, А.И. Система математических моделей расчетного мониторинга мелиорируемых земель/А.И. Голованов, В.В. Шабанов//Межрегиональная Конференция МКИД "Производство продовольствия и вода: социально-экономические проблемы ирригации и дренажа" Москва, Россия, 8-10 сентября 2004. –М., 2004. –9 с.
3. Малые реки России/Под ред. Черняева А.М. – Свердловск: Средне уральское книжное издательство, 1988. – С.316
4. Хрисанов, Н.И. Управление эвтрофированием водоемов/Н.И.Хрисанов, Г.К.Осипов. – СПб: Гидрометеиздат. –1993. –с.278
5. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы)/Н.Ф. Реймерс – М.: Журнал «Россия Молодая», 1994 – с. 367
6. Маркин В.Н. Определение экологически допустимого воздействия на малые реки//Мелиорация и водное хозяйство. –№4–2005. – С.8-117.
7. Раткович, Л.Д. Вопросы рационального использования водных ресурсов и проектного обоснования водохозяйственных систем/Л.Д.Раткович, В.Н. Маркин, И.В.Глазунова. –М:ФГБОУ ВПО МГУП, 2013. – С.258
8. Водный кодекс Российской Федерации: принят ГД РФ от 03.06.2006 № 74-ФЗ

УДК 502/504:551.48: 626.81: 627.81

### **ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ РАСХОДОВ РЕКИ ПАХРА**

*Буркова Юлия Геннадьевна, доцент кафедры информационных технологий в АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Клепов Владимир Ильич, профессор кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Уманский Петр Михайлович, старший преподаватель кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева*

*Аннотация:* Проведено исследование среднемесячных расходов реки Пахры за 68 лет, найдены их статистические характеристики. Определены теоретические законы распределения случайных величин среднемесячных расходов для каждого месяца. Показано, что наиболее точно эмпирические данные

*описываются гамма-распределением, что подтверждается критериями согласия и литературными данными. Разработан алгоритм имитационной модели, имитирующей изучаемую величину с целью ее прогнозирования.*

**Ключевые слова:** *стохастическая модель, гамма-распределение, критерии согласия, закон распределения случайных величин, имитационная модель, корреляция рядов гидрологических данных*

Для эффективного управления водными ресурсами и смягчения последствий опасных природных явлений, таких как наводнения и засухи, необходима предварительная оценка будущих характеристик гидрологических явлений и, в частности, гидрологические прогнозы.

В Руководстве по гидрологической практике [1] перечислены классификации прогнозов, методы и средства прогнозирования, требования к прогностическим моделям.

Гидрологические модели и прогностические методы используют данные об осадках и стоке в реальном времени и преобразуют эти данные наблюдений в значения стока в будущем.

Для оценивания успешности прогнозов вычисляются различные статистические характеристики, использование которых зависит от типа и целей прогнозирования.

В последнее время в работах отечественных и зарубежных ученых, занимающихся гидрологическими проблемами, большое внимание уделяется методам, вытекающим из закономерностей процессов формирования стока в речном бассейне, а также, методам, в основе которых лежат чисто корреляционные и эмпирические связи интересующих прогнозистов переменных с одним или несколькими причинными факторами. Такие связи используются при недостаточной изученности явлений или при недостатке данных, необходимых для более глубокого физического анализа.

Важнейшей проблемой является долгосрочное прогнозирование речного стока для нужд водоснабжения, которое является существенным элементом эксплуатации коммунальных и промышленных систем водоснабжения, ирригационных и гидроэнергетических систем. Такие прогнозы обычно представляют собой объемы или расходы стока за определенные периоды времени: год, сезон или месяц [1].

При применении стохастического моделирования для генерирования последовательности гидрологических величин с целью их прогнозирования часто решение данной задачи разбивают на три этапа [2]:

1. Анализ эмпирических данных (идентификация);
2. Определение исходных и результирующих параметров для стохастической модели (оценивание);
3. Оценка согласованности аппроксимирующей модели с имеющимися данными (диагностическая проверка).

Одними из средств решения рассматриваемой задачи являются нахождение автокорреляционных функций и определение теоретических законов распределения гидрологических величин.

Рассмотрим концепцию стохастического моделирования расходов реки Пахры в соответствии с вышеуказанными тремя этапами.

Определение статистических показателей исходного ряда рассмотрены в работах авторов [3, 4].

**На этапе идентификации:**

Проводится статистический анализ исходного гидрологического ряда, где проверяется репрезентативность выборки, однородность данных, основные статистические показатели, гипотеза о зависимости случайных величин, находятся параметры законов их распределения.

**На этапе оценивания:**

полученные параметры являются исходными для аппроксимирующей имитационной модели, основанной на методе Монте-Карло.

Алгоритм имитации содержит следующие шаги.

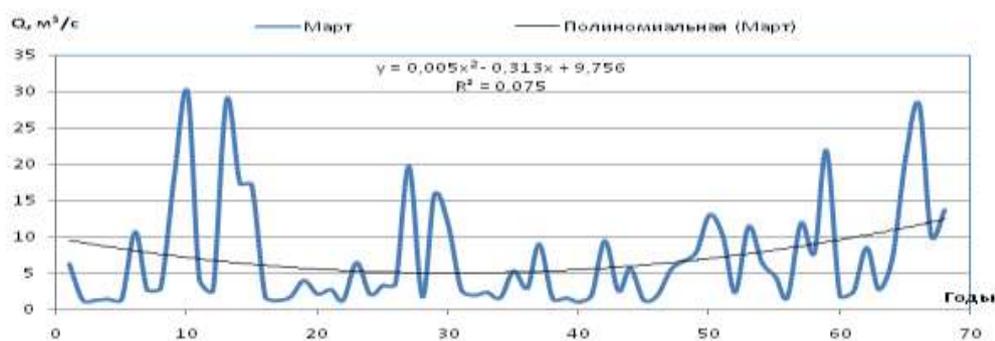
- 1) На каждом шаге квантования разыгрывается значение случайной величины с параметрами соответствующего закона распределения;
- 2) Для каждого шага квантования определяется значение расхода, состоящее из сгенерированной случайной величины;
- 3) Выполняется большое число реализаций, количество которых определяется из условий точности модели [7];
- 4) Расчетные значения моделируемых расходов вычисляются, как средние по реализациям.

В работах [8, 9, 10] рассмотрены стохастические модели среднегодовых расходов рек и приведены полученные с их помощью результаты.

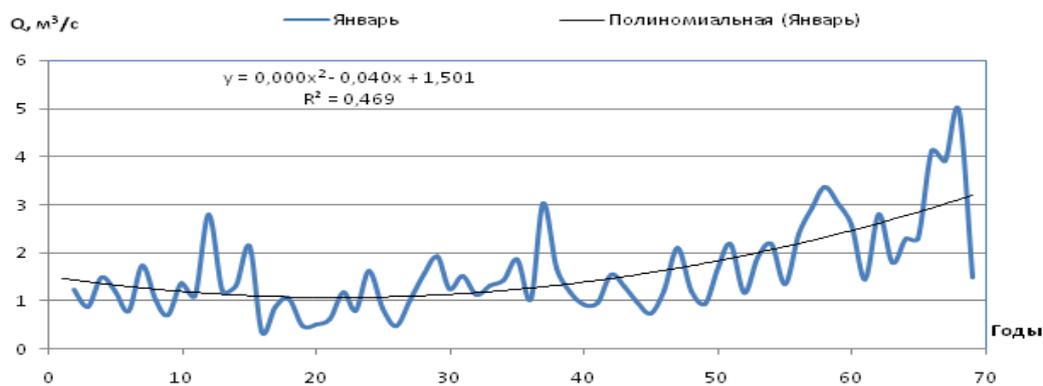
**На этапе диагностической проверки:** проверяется согласованность полученных расчетных величин с имеющимися данными путем определения их корреляции и с использованием критериев согласия.

**На этапе прогнозирования:** определяются прогнозные значения расходов за ряд лет.

Целью настоящей работы был также анализ среднемесячных расходов реки Пахры за 68 лет. Для каждого месяца были найдены тренды, примеры для наиболее характерных месяцев приведены на рисунке 1.



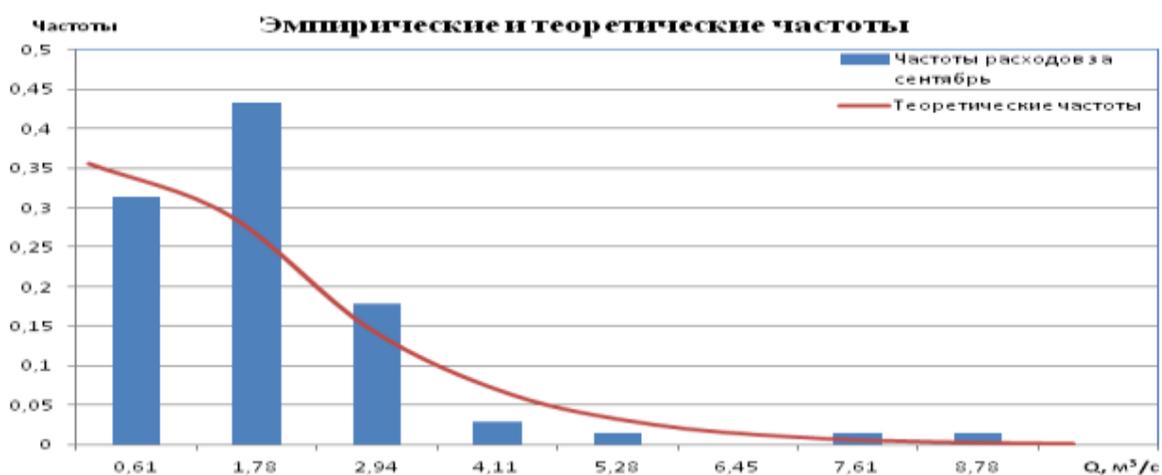
а



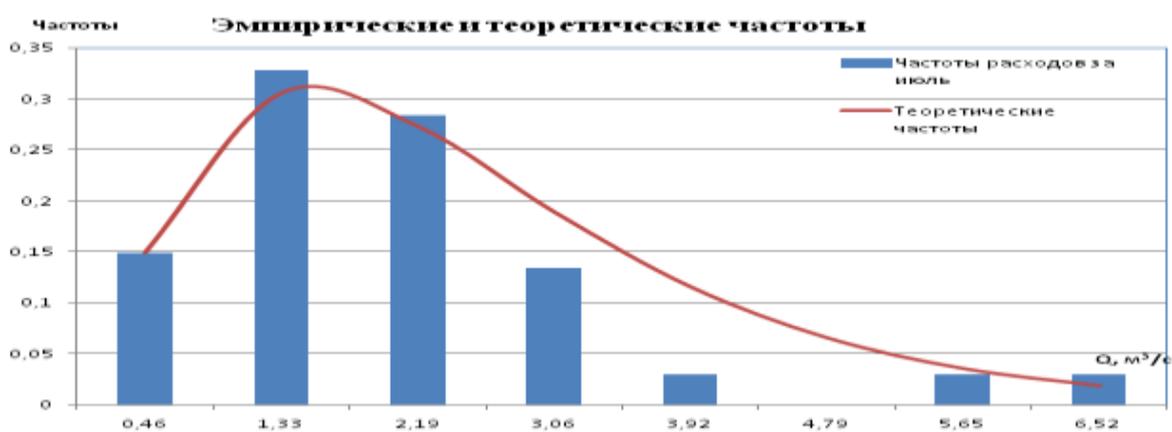
б

Рисунок 1- Исходный ряд и тренд для среднемесячных расходов реки Пахры: а – март, б – январь

Для каждого месяца были найдены теоретические законы распределения случайных величин, пример для месяца сентябрь показан на рисунке 2. Наиболее точно эмпирические данные описываются гамма-распределением, что согласуется с литературным данными для гидрологических величин [5, 6, 8, 10].



а



б

Рисунок 2. Описание расходов за сентябрь гамма-распределением:

а – за сентябрь с параметрами  $\alpha=1,8$  и  $\beta=1$ ;

б – за июль с параметрами  $\alpha=2,5$  и  $\beta=1$

### Библиографический список

1. ВМО-№ 168. Руководство по гидрологической практике. Том 2. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. — 6 издание. — 2012.
2. Виноградов, Ю.Б. Математическое моделирование в гидрологии: учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / Ю.Б. Виноградов, Т.А. Виноградова. — М.: Издательский центр «Академия», 2010. — 304 с.
3. Буркова, Ю.Г. Влияние методов определения тренда на характеристики временного гидрологического ряда / Ю.Г. Буркова, В.И. Клепов, П.М. Уманский // Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 291. Ч. III. — М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2019. — С. 190-192. Режим доступа: [https://www.timacad.ru/uploads/files/20190604/tom\\_3\\_kostyakov\\_agro\\_19.pdf](https://www.timacad.ru/uploads/files/20190604/tom_3_kostyakov_agro_19.pdf)
4. Буркова, Ю.Г. Моделирование сезонных и циклических колебаний расходов воды реки Пахры с использованием методов анализа временных рядов / Ю.Г. Буркова, В.И. Клепов, П.М. Уманский // Природообустройство. — № 1. — 2019. — С. 41-45.
5. Кокорев, А.В., Зворыкин, А.К. Статистическая обработка рядов гидрологических характеристик (программы FreqShort, CorRows и ConCor). Материалы 2-ой конференции партнеров и пользователей компании "Геолинк Консалтинг". Режим доступа: <http://www.geolink-consulting.ru/company/confer2/kokorev.html> Дата обращения 26.11.2019.
6. Pierini J. O., Restrepo J. C., Aguirre J., Bustamante A. M., Velasquez G. J. Changes in seasonal stream flow extremes experienced in rivers of Northwestern South America (Colombia). *Acta Geophysica*, April 2017, Volume 65, Issue 2, pp 377–394.
7. Клейнен, Дж. Статистические методы в имитационном моделировании / Клейнен Дж. — М.: Статистика, 1978. — 221с.
8. Раткович, Д.Я. Актуальные проблемы водообеспечения / Д.Я. Раткович. — М.: Наука, 2003. — 351 с.
9. Раткович, Д.Я. Гидрологические основы водообеспечения / Д. Я. Раткович; Рос. АН, Ин-т вод. пробл. — М.: ИВП, 1993. — 428 с.
10. Болгов, М. В. Современные проблемы оценки водных ресурсов и водообеспечения / М. В. Болгов, В. М. Мишон, Н. И. Сенцова. — М.: Наука, 2005. — 317 с.

## КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ, АНАЛОГ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ СТЕРЖНЯМ

*Стрельцов Кирилл Сергеевич, старший преподаватель кафедры Инженерных Конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* В данной статье рассматривается проблема внедрения в строительное производство неметаллической композитной арматуры. Рассмотрены преимущества и недостатки композитной арматуры по сравнению со стальной. Разобраны варианты мероприятий по использованию композитной арматуры в массовом объёме в армированных конструкциях.

Композитная арматура (англ. fibre-reinforced plastic rebar, FRP rebar) — неметаллические стержни из волокон:

- > стеклянных;
- > базальтовых;
- > углеродных;
- > арамидных;

пропитанных термореактивным или термопластичным полимерным связующим и отверждённых. Арматуру, изготовленную из стеклянных волокон, принято называть стеклопластиковой (АСП), из базальтовых волокон — базальтопластиковой (АБП), из углеродных волокон — углепластиковой.

Композит – материал, состоящий, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями, обладающими высокой прочностью.

Используя разные составы матриц и наполнителя, их соотношение, ориентацию наполнителя, получают широкий спектр материалов с требуемым набором свойств.

Композитные полимеры превосходят ранее изобретенные и изученные материалы и сплавы по своим механическим свойствам и в то же время они легче. Использование композитов в конструкциях и элементах позволяет уменьшить массу конструкции при сохранении или улучшении ее механических характеристик. То, что малые добавки волокна значительно увеличивают прочность и вязкость хрупких материалов, было известно с древнейших времен. Во времена египетского рабства евреи добавляли солому в кирпичи, чтобы они были прочнее и не растрескивались при сушке на жарком солнце. Одно из самых древних, по всей видимости, описаний изготовления композиционного материала приводится в Ветхом Завете (Исход, гл. 5): «И пришли надзиратели сынов Израилевых и возопили к фараону, говоря: «Для чего ты так поступаешь с рабами твоими? Соломы не дают рабам твоим; а кирпичи, говорят нам, делайте. И вот рабов твоих бьют; грех народу твоему». Но он сказал: «Праздны вы, праздны; поэтому и говорите: „Пойдем, принесем жертву Господу”. Пойдите же, работайте. Соломы не дадут вам, а положенное число кирпичей давайте». Подобные технологии существовали у многих народов.

Другой композит, известный еще в Древнем Египте, содержал намного больший процент волокон, чем египетские кирпичи. Оболочки для египетских

мумий делали из кусков ткани или папируса, пропитанных смолой или клеем. Этот материал (папье-маше) был заново открыт только в 18 в. (вместо папируса использовались куски бумаги) и был популярен до середины 20 в. Из папье-маше делали игрушки, рекламные макеты, а иногда даже мебель.

Структура композиционных материалов. По структуре композиты делятся на несколько основных классов: волокнистые, слоистые, дисперсноупрочненные, упрочненные частицами и нанокompозиты. Волокнистые композиты армированы волокнами или нитевидными кристаллами – кирпичи с соломой и папье-маше можно отнести как раз к этому классу композитов. Уже небольшое содержание наполнителя в композитах такого типа приводит к появлению качественно новых механических свойств материала. Широко варьировать свойства материала позволяет также изменение ориентации размера и концентрации волокон. Кроме того, армирование волокнами придает материалу анизотропию свойств (различие свойств в разных направлениях), а за счет добавки волокон проводников можно придать материалу электропроводность вдоль заданной оси.

В слоистых композиционных материалах матрица и наполнитель расположены слоями, как, например, в особо прочном стекле, армированном несколькими слоями полимерных пленок.

Микроструктура остальных классов композиционных материалов характеризуется тем, что матрицу наполняют частицами армирующего вещества, а различаются они размерами частиц. В композитах, упрочненных частицами, их размер больше 1 мкм, а содержание составляет 20–25% (по объему), тогда как дисперсноупрочненные композиты включают в себя от 1 до 15% (по объему) частиц размером от 0,01 до 0,1 мкм. Размеры частиц, входящих в состав нанокompозитов – нового класса композиционных материалов – еще меньше и составляют 10–100 нм.

Полимерные композиционные материалы (ПКМ). Композиты, в которых матрицей служит полимерный материал, являются одним из самых многочисленных и разнообразных видов материалов. Их применение в различных областях дает значительный экономический эффект. Например, использование ПКМ при производстве космической и авиационной техники позволяет сэкономить от 5 до 30% веса летательного аппарата. А снижение веса, например, искусственного спутника на околоземной орбите на 1 кг приводит к экономии 1000\$. В качестве наполнителей ПКМ используется множество различных веществ.

А) Стеклопластики – полимерные композиционные материалы, армированные стеклянными волокнами, которые формуют из расплавленного неорганического стекла. В качестве матрицы чаще всего применяют как терморезистивные синтетические смолы (фенольные, эпоксидные, полиэфирные и т.д.), так и термопластичные полимеры (полиамиды, полиэтилен, полистирол и т.д.). Эти материалы обладают достаточно высокой прочностью, низкой теплопроводностью, высокими электроизоляционными свойствами, кроме того, они прозрачны для радиоволн. Использование стеклопластиков началось в конце Второй мировой войны для изготовления антенных обтекателей – куполообразных конструкций, в которых размещается антенна локатора. В первых армированных стеклопластиковых конструкциях количество волокон было небольшим, волокно вводилось,

главным образом, чтобы нейтрализовать грубые дефекты хрупкой матрицы. Однако со временем назначение матрицы изменилось – она стала служить только для склеивания прочных волокон между собой, содержание волокон во многих стеклопластиках достигает 80% по массе. Слоистый материал, в котором в качестве наполнителя применяется ткань, плетенная из стеклянных волокон, называется стеклотекстолитом.

Стеклопластики – достаточно дешевые материалы, их широко используют в строительстве, судостроении, радиоэлектронике, производстве бытовых предметов, спортивного инвентаря, оконных рам для современных стеклопакетов и т.п.

Б) Углепластики – наполнителем в этих полимерных композитах служат углеродные волокна. Углеродные волокна получают из синтетических и природных волокон на основе целлюлозы, сополимеров акрилонитрила, нефтяных и каменноугольных пеков и т.д. Термическая обработка волокна проводится, как правило, в три этапа (окисление – 220° С, карбонизация – 1000–1500° С и графитизация – 1800–3000° С) и приводит к образованию волокон, характеризующихся высоким содержанием (до 99,5% по массе) углерода. В зависимости от режима обработки и исходного сырья полученное углеволокно имеет различную структуру. Для изготовления углепластиков используются те же матрицы, что и для стеклопластиков – чаще всего – термореактивные и термопластичные полимеры. Основными преимуществами углепластиков по сравнению со стеклопластиками является их низкая плотность и более высокий модуль упругости, углепластики – очень легкие и, в то же время, прочные материалы. Углеродные волокна и углепластики имеют практически нулевой коэффициент линейного расширения. Все углепластики хорошо проводят электричество, черного цвета, что несколько ограничивает области их применения. Углепластики используются в авиации, ракетостроении, машиностроении, производстве космической техники, медтехники, протезов, при изготовлении легких велосипедов и другого спортивного инвентаря.

На основе углеродных волокон и углеродной матрицы создают композиционные углеграфитовые материалы – наиболее термостойкие композиционные материалы (углеуглепластики), способные долго выдерживать в инертных или восстановительных средах температуры до 3000° С. Существует несколько способов производства подобных материалов. По одному из них углеродные волокна пропитывают фенолформальдегидной смолой, подвергая затем действию высоких температур (2000° С), при этом происходит пиролиз органических веществ и образуется углерод. Чтобы материал был менее пористым и более плотным, операцию повторяют несколько раз. Другой способ получения углеродного материала состоит в прокаливании обычного графита при высоких температурах в атмосфере метана. Мелкодисперсный углерод, образующийся при пиролизе метана, закрывает все поры в структуре графита. Плотность такого материала увеличивается по сравнению с плотностью графита в полтора раза. Из углеуглепластиков делают высокотемпературные узлы ракетной техники и скоростных самолетов, тормозные колодки и диски для скоростных самолетов и многоразовых космических кораблей, электротермическое оборудование.

В) Боропластики – композиционные материалы, содержащие в качестве наполнителя борные волокна, внедренные в термореактивную полимерную

матрицу, при этом волокна могут быть как в виде мононитей, так и в виде жгутов, оплетенных вспомогательной стеклянной нитью или лент, в которых борные нити переплетены с другими нитями. Благодаря большой твердости нитей, получающийся материал обладает высокими механическими свойствами (борные волокна имеют наибольшую прочность при сжатии по сравнению с волокнами из других материалов) и большой стойкостью к агрессивным условиям, но высокая хрупкость материала затрудняет их обработку и накладывает ограничения на форму изделий из боропластиков. Кроме того, стоимость борных волокон очень высока (порядка 400 \$/кг) в связи с особенностями технологии их получения (бор осаждают из хлорида на вольфрамовую подложку, стоимость которой может достигать до 30% стоимости волокна). Термические свойства боропластиков определяются термостойкостью матрицы, поэтому рабочие температуры, как правило, невелики.

Применение боропластиков ограничивается высокой стоимостью производства борных волокон, поэтому они используются главным образом в авиационной и космической технике в деталях, подвергающихся длительным нагрузкам в условиях агрессивной среды.

Г) Органопластики – композиты, в которых наполнителями служат органические синтетические, реже – природные и искусственные волокна в виде жгутов, нитей, тканей, бумаги и т.д. В терморезистивных органопластиках матрицей служат, как правило, эпоксидные, полиэфирные и фенольные смолы, а также полиимиды. Материал содержит 40–70% наполнителя. Содержание наполнителя в органопластиках на основе термопластичных полимеров – полиэтилена, ПВХ, полиуретана и т.п. – варьируется в значительно больших пределах – от 2 до 70%. Органопластики обладают низкой плотностью, они легче стекло- и углепластиков, относительно высокой прочностью при растяжении; высоким сопротивлением удару и динамическим нагрузкам, но, в то же время, низкой прочностью при сжатии и изгибе.

Важную роль в улучшении механических характеристик органопластика играет степень ориентация макромолекул наполнителя. Макромолекулы жесткоцепных полимеров, таких, как полипарафенилтерефталамид (кевлар) в основном ориентированы в направлении оси полотна и поэтому обладают высокой прочностью при растяжении вдоль волокон. Из материалов, армированных кевларом, изготавливают пулезащитные бронежилеты.

Органопластики находят широкое применение в авто-, судо-, машиностроении, авиа- и космической технике, радиоэлектронике, химическом машиностроении, производстве спортивного инвентаря и т.д.

Д) Полимеры, наполненные порошками. Известно более 10000 марок наполненных полимеров. Наполнители используются как для снижения стоимости материала, так и для придания ему специальных свойств. Впервые наполненный полимер начал производить доктор Бейкеленд (Leo H. Baekeland, США), открывший в начале 20 в. способ синтеза фенолформальдегидной (бакелитовой) смолы. Сама по себе эта смола – вещество хрупкое, обладающее невысокой прочностью. Бейкеленд обнаружил, что добавка волокон, в частности, древесной муки к смоле до ее затвердевания, увеличивает ее прочность. Созданный им материал – бакелит – приобрел большую популярность. Технология его приготовления проста: смесь частично отвержденного полимера и

наполнителя – пресс-порошок - под давлением необратимо затвердевает в форме. Первое серийное изделие произведено по данной технологии в 1916, это – ручка переключателя скоростей автомобиля «Роллс-Ройс». Наполненные терморезактивные полимеры широко используются по сей день.

Сейчас применяются разнообразные наполнители так терморезактивных, так и термопластичных полимеров. Карбонат кальция и каолин (белая глина) дешевы, запасы их практически не ограничены, белый цвет дает возможность окрашивать материал. Применяют для изготовления жестких и эластичных поливинилхлоридных материалов для производства труб, электроизоляции, облицовочных плиток и т.д., полиэфирных стеклопластиков, наполнения полиэтилена и полипропилена. Добавление талька в полипропилен существенно увеличивает модуль упругости и теплостойкость данного полимера. Сажа больше всего используется в качестве наполнителя резин, но вводится и в полиэтилен, полипропилен, полистирол и т.п. По-прежнему широко применяют органические наполнители – древесную муку, молотую скорлупу орехов, растительные и синтетические волокна. Для создания биоразлагающихся композитов в качестве наполнителя используют крахмал.

Е) Текстолиты – слоистые пластики, армированные тканями из различных волокон. Технология получения текстолитов была разработана в 1920-х на основе фенолформальдегидной смолы. Полотна ткани пропитывали смолой, затем прессовали при повышенной температуре, получая текстолитовые пластины. Роль одного из первых применений текстолитов – покрытия для кухонных столов – трудно переоценить.

Основные принципы получения текстолитов сохранились, но сейчас из них формируют не только пластины, но и фигурные изделия. И, конечно, расширился круг исходных материалов. Связующими в текстолитах является широкий круг терморезактивных и термопластичных полимеров, иногда даже применяются и неорганические связующие – на основе силикатов и фосфатов. В качестве наполнителя используются ткани из самых разнообразных волокон – хлопковых, синтетических, стеклянных, углеродных, асбестовых, базальтовых и т.д. Соответственно разнообразны свойства и применение текстолитов.

### **Библиографический список**

1. СП. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. НИИЖБ им. А.А. Гвоздева.
2. СП. Конструкции из бетона с композитной неметаллической арматурой, правила проектирования. НИИЖБ им. А.А. Гвоздева.
3. Технические рекомендации по применению неметаллической композитной арматуры периодического профиля в бетонных конструкциях. НИИЖБ им. А.А. Гвоздева.
4. Справочник. Композитные материалы. – Киев Наукова Думка Карпинос Д.М.
5. Полимерные композитные материалы. «Структура. Свойства. Технологии.» - СПб.: Профессия, 2008. – 560 с. Кербер М.Л.
6. Механика конструкций из композитных материалов. – Москва 1988, Васильев В. В

*Верхоглядова Александра Сергеевна, старший преподаватель кафедры инженерных конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.*

*Верликов Владимир Валерьевич, ассистент кафедры инженерных конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** В августе 2017 года был введен в действие СП 64.13330.2017. Актуализированная редакция СНиП II-25-80\* «Деревянные конструкции», что повлияло на значительные изменения определения расчетного сопротивления деревянных конструкций.

**Ключевые слова:** свод правил, расчет деревянных конструкций, определение расчетного сопротивления.

При проектировании и изготовлении деревянных конструкций, как новых, так и в реконструируемых зданиях и сооружениях должны соблюдаться нормы СП 64.13330.2017 (СНиП II-25-80\* «Деревянные конструкции») [1].

Расчетные сопротивления древесины сосны, ели и лиственницы европейской, отсортированной по сортам, следует определять по формуле:

$$R_{\text{расч}} = R^A \cdot m_{\text{дл}} \cdot Pm_i,$$

где  $R_A$  – расчетное сопротивление древесины, МПа, приведенное в таблице 3 [1], влажностью 12% для режима нагружения А, согласно таблице 4 [1], в сооружениях 2-го класса функционального назначения, согласно приложению А, таблице А3 [1], при сроке эксплуатации не более 50 лет;  $m_{\text{дл}}$  – коэффициент длительной прочности, соответствующий режиму длительности загрузки (таблица 4[1]);  $Pm_i$  – произведение коэффициентов условия работ (п.6.9) [1].

Расчетные сопротивления для других пород древесины устанавливают путем умножения величин, приведенных в таблице 3 [1] на переходные коэффициенты  $m_n$ , указанные в таблице 5 [1].

При определении расчетного сопротивления в соответствующих случаях следует применять коэффициенты условий работы:

- Для различных условий эксплуатации конструкции – коэффициент  $m_{\text{вл}}$ , указанный в таблице 9 [1].
- Класс условий эксплуатации определяется по таблице 1 [1] (по известной влажности). Дополнительные характеристики условий эксплуатации, кроме влажности по классам ДК, приведены в таблице А2 приложения А [1].
- Для конструкций, эксплуатируемых при установившейся температуре воздуха до +35°C, – на коэффициент  $m_t=1$ ; при температуре +50 °С – на коэффициент  $m_t=0,8$ . Для промежуточных значений температуры коэффициент принимается по интерполяции.
- Для изгибаемых, внецентренно-сжатых, сжато-изгибаемых и сжа-

тых клееных элементов прямоугольного сечения высотой более 50 см значения расчетных сопротивлений изгибу и сжатию вдоль волокон – на коэффициент  $m_b$ , указанный в таблице 10 [1].

- Для растянутых элементов с ослаблением в расчетном сечении и изгибаемых элементов из круглых лесоматериалов с подрезкой в расчетном сечении – на коэффициент  $m_o = 0,8$ .
- Для элементов, подвергнутых глубокой пропитке антипиренами под давлением, коэффициент  $m_a = 0,9$ .
- Для изгибаемых, внецентренно-сжатых, сжато-изгибаемых и сжатых клееных элементов, в зависимости от толщины слоев, значения расчетных сопротивлений изгибу, скалыванию и сжатию вдоль волокон – на коэффициент  $m_{cl}$ , указанный в таблице 11 [1].
- Для гнутых элементов конструкций значения расчетных сопротивлений растяжению, сжатию и изгибу – на коэффициент  $m_{zn}$ , указанный в таблице 12 [1].
- В зависимости от срока службы – на коэффициент  $m_{c.c.}$ , указанный в таблице 13 [1]. Примерные сроки службы сооружений приведены в таблице А3 [3].
- Для смятия поперек волокон при режимах нагружения Г – К (таблица 4) – на  $m_{c.m.} = 1,15$ .

По функциональному назначению деревянные конструкции (ДК) подразделяют на классы, с учетом уровня ответственности зданий и сооружений согласно ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований». Во многом совпадают с классификацией ДК по таблице А1 приложения А [1]. Сравнивая общую характеристику зданий по классам, видим, что 1-й класс ДК соответствует по характеристике классу сооружений КС-3 по ГОСТ 277-51-2014 (таблица 2 и приложение Б [3]), уникальные здания и здания с массовым пребыванием людей, для которых минимальное значение коэффициента надежности по ответственности  $\gamma_n = 1,1$ . Второй класс ДК включает массовые жилые, гражданские и производственные здания и соответствует нормальному уровню ответственности КС-2 с  $\gamma_n = 1$ . Третий класс ДК – это временные здания и сооружения со сроком службы до 10 лет, соответствует классу КС-1 с  $\gamma_n = 0,8$ .

Окончательное значение расчетного сопротивления определяется с учетом всех коэффициентов, учитывающих отклонение в неблагоприятную сторону. Для каждого конкретного случая выбираются необходимые коэффициенты.

Совместное действие нескольких факторов учитывается соответствующими коэффициентами условий работы:

$$R^{\text{расч}} = R^A \cdot m_{дл} \cdot m_{п} \cdot m_{вл} \cdot m_t \cdot m_{cl} \cdot m_b \cdot m_o \cdot m_a \cdot m_{гн} \cdot m_{c.c.}$$

Пример.

Определить расчетное сопротивление растяжению вдоль волокон бруса из пихты 2-го сорта 2-этажного здания, эксплуатируемого под навесом в нормальной зоне влажности.

Решение:

По таблице 3 [1] или таблице 2.1 приложения 2 пособия определяем базовое расчетное сопротивление сосны 2-го сорта по п. 2а:  $R_A = 1,05 \text{ кН/см}^2$

Коэффициент  $m_{дл}$ – определяем по таблице 4[1] при режиме загрузки «В» от совместного действия постоянной и кратковременной снеговой нагрузки, т.к. брус находится на кровле дома:  $m_{дл}=0,66$ .

Поскольку таблица 3 [1] составлена для сосны и ели, то остальные породы древесины корректируется по прочности с помощью коэффициента  $m_{п} = 0,8$  для пихты, работающей на растяжение (таблица 5 [1]).

Коэффициент  $m_{вл}$  определяется по таблице 9 [1] при известной влажности древесины или, как в нашем случае, по дополнительным характеристикам условий эксплуатации по таблице А2 приложения А [1], п. 3.2, под навесом в нормальной зоне влажности  $m_{вл}=0,85$  для 3-го класса по таблице 9 [1].

Учет ослаблений сечения в растянутом элементе производим согласно п. 6.9г [1]:  $m_o = 0,8$

Учет срока службы производится по таблице 13 [1]. Примерные сроки службы сооружений приведены в таблице А.3 приложения А [1] Наше 2-этажное здание относится к массовым сооружениям сроком службы, равным 50 лет, тогда  $m_{с.с.} = 1$ .

$$R_{расч} = R^A \cdot m_{дл} \cdot m_{п} \cdot m_{вл} \cdot m_o \cdot m_{с.с.} = 1,05 \cdot 0,66 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 1 \\ = 0,377 \text{ кН/см}^2$$

#### **Библиографический список**

1. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80\*.– М.,100 стр.
2. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*.– М., 80 стр

УДК 004.942

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ КРИТИЧЕСКИ ПЛОТНЫХ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ**

*Верхоглядов Андрей Александрович, доцент кафедры инженерных конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Верхоглядова Александра Сергеевна, старший преподаватель кафедры инженерных конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** При возникновении высокоплотных людских потоков главную угрозу представляет высокая степень неопределенности в принятии решений как отдельным лицом, составляющим поток, так и группами лиц.

*Единственным способом по-настоящему достоверного анализа таких потоков является натурное моделирование или наблюдение за естественно плотным людским потоком, например на станции метрополитена*

**Ключевые слова:** *людской поток, станция метрополитена, оптимизации организации движения потока, натурное наблюдение.*

Одной из сложнейших проблем, встающих по мере увеличения населения любого города, является управление транспортными потоками. И наибольшую сложность в данном случае представляет организация пешеходных потоков. Это связано, в первую очередь с массовостью таких потоков, однонаправленностью суточных ритмов перемещения (маятниковая миграция). Кроме того, свобода передвижения закреплена общепринятыми нормами и ограничения для передвижения людских потоков – мера редкая и исключительная (что не типично для, например, потоков автомобилей).

Наибольшую остроту проблема приобретает при организации перемещения людских потоков в жестко ограниченных объемах. Для сверхкрупных городов такими объемами, испытывающими периодические (несколько раз в сутки) пиковые перегрузки является метрополитен в целом и многие его станции в частности.

Являясь транспортными узлами (логистическими хабами по перемещению людей), организующими и концентрирующими потоки людей с прилегающих, часто весьма отдаленных территорий, станции метрополитена представляют собой часто очень напряженные в смысле безопасности людей при возникновении массовых скоплений объекты. Дополнительным осложняющим фактором может являться выраженная пульсация входящего людского потока, что является типичным для станций метрополитена, являющихся пересадочным хабом с поездов, в первую очередь пригородных, как создающих наиболее выраженный пик по отношению к фоновому потоку дополнительного притока.

Одной из наиболее нагруженных станций Московского метрополитена является станция Киевская. Не удивительно, что к проблеме организации наиболее эффективного и безопасного ее использования и приспособления под современные требования приковано пристальное внимание, подкрепленное активной поддержкой городских властей. Исследования и проектную работу по проблеме оптимизации движения людских потоков через, фактически, систему трех связанных переходами станций и железнодорожного терминала Киевского вокзала, проводила на протяжении нескольких лет международная компания ARUP.

Ключевыми моментами исследования были:

- прогнозирование механизма процесса поступления потока людей на систему станций Киевская, то есть выявление взаимосвязи между входящим потоком на других станциях, являющихся «донорами» для Киевской и нагрузкой на станцию рассматриваемую (методом опроса пассажиров, входящих на 12 характерных станциях метрополитена и статистической обработкой результатов);

- моделирование механизма поступления людей на станцию на основании обезличенных данных системы сбора доходов;

- выявление критически снижающих пропускную способность областей и решений, а именно расположения турникетов, траекторий принудительного управления потоком, местных сужений и расширений пути движения, организационно-технических мероприятий со стороны персонала и администрации метрополитена.

Моделирование выполнялось в специализированном расчетном комплексе «MassMoution», позволяющем детально воссоздавать геометрию объектов и имитировать движение как отдельных людей, так и людских потоков (индивидуально-поточная модель движения).

По результатам моделирования и натурным наблюдениям проведена валидация и проверка результатов, позволяющая оценить корректность созданной модели. Частный результат валидации приведен ниже. Как можно убедиться, результаты моделирования демонстрирует вполне удовлетворительную сходимость с натурными данными.

*Таблица*

### Результаты проверки и валидации

Маршрут	Контрольный замер	Замер в модели	Разница
Кольцевая - АПЛ	1:46:23	1:46:00	0%
АПЛ-Кольцевая	1:31:20	1:39:00	-8%
Кольцевая – Вестибюль А1	3:12:13	3:20:00	-4%
Вестибюль А1 – Кольцевая	4:24:26	4:14:00	4%
Кольцевая – Вестибюль А2	3:20:23	3:01:00	11%
Вестибюль А2 – Кольцевая	5:43:16	5:59:00	-4%

Результаты моделирования легли в основу рекомендаций, выданных Департаменту транспорта г. Москвы для реализации на практике. В частности, изменена расстановка турникетов при входе на станцию Киевская-кольцевая, рекомендован к созданию пандус при входе в вестибюль той же станции, скорректирован алгоритм суточного движения эскалаторных подъемников. Для всех станций Московского метрополитена дана и реализуется на практике дежурными у эскалаторов рекомендация занимать в час пик обе стороны эскалаторного полотна, что было не характерно для практики самоорганизации людского потока в Москве.



Рисунок 1 – Правила расположения людей на эскалаторе

### Библиографический список

1. Верхоглядов А.А. Выбор наиболее безопасного алгоритма эвакуации высотных зданий / А.А. Верхоглядов, А.С. Верхоглядова // Доклады ТСХА. Материалы международной научной конференции. – 2018. – с.199-201
2. Самошин Д.А. К вопросу о точности моделей индивидуально-поточного движения. / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин, Р.Н. Истратов, М.М. Скуратовская // Сборник материалов VII научно-практической конференции. - 2019. с. 30-34.

УДК 624.012.4/691.32

### ВОПРОСЫ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ОТДЕЛЬНЫХ СЕРИЙ ЖИЛОГО ФОНДА Г. МОСКВЫ

*Мареева Ольга Викторовна, доцент кафедры инженерных конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Кловский Алексей Викторович, главный специалист отдела обследования зданий и сооружений, ООО «НПЦ «Перспектива», доцент кафедры инженерных конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** В статье рассмотрены основные дефекты и повреждения типовых серий жилого фонда, не подлежащего реновации, в целях определения технических решений и состава работ при проведении по ремонтно-восстановительных мероприятий в рамках реализации региональной программы капитального ремонта.

**Ключевые слова:** капитальный ремонт, жилой фонд, техническое состояние зданий, дефекты, повреждения. Все объекты жилого фонда в процессе эксплуатации подвергаются износу вследствие естественного старения материалов, из которых они изготовлены, воздействия силовых нагрузок, либо вследствие влияния природно-климатических факторов, а также условий использования и уровня надлежащего содержания объектов, в том числе своевременности устранения возникающих неисправностей путём проведения ремонтов.

Актуальность темы капитального ремонта многоквартирных домов на практике и в научных кругах не вызывает сомнения. Значение и острая необходимость проведения капитального ремонта многоквартирных домов по всей стране определяет столь высокий интерес к выбранной теме.

Капитальный ремонт здания это проведение ремонтных и восстановительных работ объекта недвижимости с целью восстановления исправности его конструкций и систем инженерного оборудования, а также поддержания эксплуатационных показателей. Одновременно с проведением капитального ремонта могут осуществляться экономически целесообразная модернизация здания, его перепланировка, не вызывающая изменения его основных технико-экономических показателей. Капитальный ремонт проводится в многоквартирных домах, техническое состояние которых не позволяет (делает экономически

нецелесообразным) обеспечивать их эффективную эксплуатацию путем технического обслуживания и текущего ремонта. Его конечными результатами являются восстановление и целесообразное улучшение эксплуатационных показателей многоквартирных домов, обеспечение надежности их функционирования. Характер требуемого капитального ремонта определяет управляющая компания с привлечением квалифицированных экспертов (организаций) для оценки технического состояния объекта.

Очередной старт массовой программе капитального ремонта был дан в декабре 2012 года, когда по данным Росстата в капитальном ремонте нуждалось около 275 тыс. многоквартирных домов.

Региональная программа капитального ремонта жилого фонда города Москвы утверждена постановлением Правительства Москвы от 29 декабря 2014 г. № 832-ПП [1]. Реализация программы рассчитана на 2015-2044 гг. и включает все обязательные виды работ, утвержденные федеральным законодательством, а также ряд дополнительных работ установленных ЖК РФ и установленных Правительством Москвы в целях обеспечения безопасности и комфортности проживания в домах. Эффективность капитального ремонта должна определяться сопоставлением экономических и социальных результатов с затратами, необходимыми для их достижения. При этом экономические результаты должны выражаться в устранении физического износа и экономии эксплуатационных расходов, а социальные результаты – в улучшении бытового устройства и жилищных условий. Физический износ устанавливается по результатам проведенных обследований конкретных объектов [2, 3], в тоже время для жилого фонда типовых серий присущ ряд характерных дефектов. В статье рассмотрены характерные дефекты трех типовых серий массовой застройки (рис. 1). Систематизация этих дефектов позволит предварительно оценить состав работ и затраты на проведения капремонта.

а)



б)



в)



Рисунок 1 – Жилые дома серий:

а)

I-511;

б)

II-18-01/09;

в)

Башня Вулыха

**Типовая серия пятиэтажных домов I-511** представлена во всех районах Москвы, застройка которых велась 1958-1969 гг., отличительная особенность домов этой серии – добротные наружные стены из кирпича. Существуют ранняя и поздняя модификации, незначительно отличающиеся по высоте потолков, качеству кирпича и типу кровли. Официально серия I-511 в список сносимых серий не входит, известны единичные случаи сноса в некоторых кварталах в ходе их комплексной реконструкции.

Подробные характеристики: количество секций (подъездов) – от 2-х; количество этажей – 5, первый этаж, как правило, жилой; высота потолков – 2,72 м (в домах ранней застройки), 2,48 м (позже); лифты – нет; балконы – во всех квартирах, начиная со 2-го этажа; количество квартир на этаже – 4; санузлы в однокомнатных квартирах – совмещенные, в двух- и трехкомнатных – отдельные, ванны: стандартные (не сидячие); мусоропровод – нет; вентиляция – естественная вытяжная, блоки в кухне и в сантехкабине. Наружные стены – кирпич семищелевой или пористо-дырчатый, толщиной 38-40 см (в ранних домах – до 51 см, но, как правило, в них использовался низкокачественный силикатный кирпич). В отдельных домах внешний слой наружных стен из кирпичных блоков. Внутренняя центральная продольная стена, межквартирные стены и стены лестничных клеток толщиной 27 (в ранних домах – 38 см); межкомнатные перегородки – крупнопанельные гипсобетонные толщиной 8 см. Перекрытия – железобетонные многопустотные плиты толщиной 22 см. Несущие стены – продольные наружные, продольная центральная межквартирная, поперечные межквартирные, а также стены лестничных клеток. Облицовки нет. Тип кровли – четырехскатная (в ранних домах), плоская с небольшим двускатным уклоном (в поздних домах), покрытие – рулонная гидроизоляция, в ранних домах встречается волнистая асбофанера (шифер) и кровельное железо.

Обследование домов серии I-511, расположенных по адресам: г. Москва, Тимирязевский р-н, Локомотивный пр.15; г. Москва, Савеловский р-н, Квесиская ул. 13; г. Москва, Головинский р-н, Кронштадтский бульвар 21 выявило следующие характерные дефекты и повреждения.

Дефекты и повреждения фундаментов: шелушение штукатурного и лакокрасочного слоя; цоколь окрашен в несколько слоев без удаления старой штукатурки; отслоение отмостки от стен здания; следы намокания фундамента.

Дефекты и повреждения наружных и внутренних стен: трещины над оконными перемычками и под оконными перемычками по швам кирпичной кладки шириной раскрытия до 0,3 мм, пересекающие два ряда кирпичной кладки; трещины в кирпичной кладке под окнами шириной раскрытия до 0,5 мм пересекающие до 2х рядов кладки; выветривание кирпичной кладки месте устройства водостоков; загрязнение стен фасада и потемнение кирпичной кладки; намокание и разрушение штукатурного слоя стен входных групп; растрескивание штукатурки внутренних стен подвала и следы намокания, вследствие неисправности инженерных систем.

Дефекты и повреждения перекрытий и плит покрытия: следы протечек по плитам перекрытия в подвале в зоне прохождения инженерных коммуникаций;

истирание и отсутствие напольной плитки на межэтажных площадках; разрушение полов; сколы защитного слоя бетона с оголением и коррозией арматуры на ребрах облегченных железобетонных плитах покрытия, следы протечек.

Дефекты и повреждения балконов: разрушение штукатурного и окрасочного слоя нижней поверхности балконных плит; сколы защитного слоя бетона по торцу плиты с оголением и коррозией арматуры, следы намокания; разрушение защитного бетонного слоя балконных плит, коррозия арматуры; волосные трещины вдоль арматурных стержней; локальные участки деформаций металлических отливов; участки поверхностной коррозии ограждения балконов; разрушение и ветхость экранов ограждения балконов.

Дефекты и повреждения кровли: следы протечек с кровли; вздутие гидроизоляционного ковра; в местах примыкания к вертикальным конструкциям наблюдается сползание кромок полотнищ; ограждение кровли местами искривлено и поражено поверхностной коррозией.

**Типовые серии П-18-01** блочных домов (8-этажные П-18-01/08 МИБ, 9-этажные П-18-01/09 МИБ) построены абсолютно во всех районах Москвы, годы строительства – 1958-1967 гг. и определяются на рынке недвижимости как самая распространенная в Москве «хрущевка» выше пяти этажей. Сначала дома этой серии планировалось включить в программу второй очереди сноса (2014-2025 годы), в настоящее время они включены в планы на капитальный ремонт.

Подробные характеристики: количество секций (подъездов) – 1; количество этажей – 9 (реже – 8); первый этаж, как правило, почти всегда жилой; высота потолков – 2,50 м; лифты – пассажирский, на межэтажной площадке; лестницы – без общего противопожарного балкона; балконы – во всех квартирах начиная с 3-го этажа; количество квартир на этаже – 8; санузлы - совмещенные, ванны сидячие; мусоропровод – с загрузочным клапаном на межэтажной площадке; вентиляция – естественная вытяжная, блоки в кухне и в сантехкабине. Наружные стены – шлакобетонные блоки толщиной 40 см. Внутренние межквартирные – гипсошлакобетонные панели толщиной 20 см.; межкомнатные перегородки – гипсошлакобетонные панели толщиной 8 см. Перекрытия – бетонные плиты с овальными пустотами толщиной 22 см. Несущие стены – наружные, все межквартирные, а также стены лестничных площадок. Тип кровли – плоская, покрытие – рулонный ковер по железобетонному настилу.

Обследование домов серии П-18-01, расположенных по адресам: г. Москва, Савеловский р-н, Бутырская ул. 93; г. Москва, Тимирязевский р-н, Нижнелихоборский 3-й пр. 13 к.1. выявило следующие характерные дефекты и повреждения:

Дефекты и повреждения наружных и внутренних стен: нарушение герметизации стыков блоков – герметик горизонтальных и вертикальных стыков блоков по наружной поверхности стен, имеет трещины и отслоения; следы замачивания стен фасадов, ржавые потеки, загрязнение и выцветание наружной отделки; участки повреждения окрасочного слоя стен фасада, цоколя и надстроек на кровле, имеются участки с отслоением и шелушением окрасочного слоя; герметизирующая мастика стыков блоков наружных стен со стороны фасадов имеет слабую адгезию к основанию, местами отслоения, местные раз-

рушения; асфальтовая отмостка, повреждена трещинами, имеет щели и зазоры в местах примыкания к наружным стенам.

Дефекты и повреждения перекрытий: следы намокания, следы протечек в местах прохода инженерного оборудования подвального перекрытия; выбоины в местах прохождения инженерных сетей; разрушение защитного слоя бетона, оголение арматуры подвального перекрытия; разрушение защитного слоя бетона с оголением и коррозией арматуры плит покрытия технического этажа; следы намокания, биологическое поражение бетона плит и балок покрытия технического этажа.

Дефекты и повреждения балконов: коррозия арматуры, разрушение защитного слоя бетона балконных плит; участки поверхностной коррозии ограждения балконов; отливы балконных плит повреждены, местами отсутствуют; разрушение окрасочного слоя нижней поверхности балконных плит.

Дефекты и повреждения кровли: участки застоя воды; наличие пузырей, вздутий и воздушных мешков, застой воды; разрушения битумного слоя гидроизоляционного ковра с оголением стеклоткани; в местах примыкания к вертикальным конструкциям наблюдается сползание кромок полотнищ; защитные колпаки местами отсутствуют; металлические перила расшатаны, погнуты, наблюдается коррозионное повреждение.

**Типовая серия 14(15)-этажных каркасно-кирпичных домов Башня Вулыха** названа в честь известного советского архитектора Вулых Ефима Петровича строилась в 1967-1986 гг. в основном точечно в сложившихся микрорайонах.

Подробные характеристики: количество секций (подъездов) – 1, реже – 2; количество этажей – 14, 15; первый этаж чаще всего жилой; высота потолков – 2,70 м.; лифты – пассажирский грузоподъемностью 400 кг и грузопассажирский 630 кг.; количество квартир на этаже – 8; балконы – лоджии во всех квартирах; санузлы – раздельные; лестницы – незадымляемые, иногда отделены от квартирного блока открытой общей лоджией; мусоропровод – на площадке, с грузозачным клапаном на каждом этаже; вентиляция – естественная вытяжная, блоки в кухне и в сантехкабине (санузле). Несущие стены – продольные и поперечные; наружные стены – кирпичные толщиной 51 см., внутренние – гипсобетонные панели толщиной 20 см., перегородки – гипсобетонные панели толщиной 8 см.; перекрытия – многопустотные панели толщиной 22 см.; тип кровли – плоская; облицовки нет, в настоящее время стены окрашиваются в произвольные цвета.

Дефекты и повреждения наружных стен: расслоение отдельных кирпичей вследствие воздействия знакопеременных температур; выветривание раствора кирпичной кладки на отдельных участках; шелушение окрасочного и штукатурного слоев стен в местах устройства общих лоджий.

Дефекты и повреждения перекрытий: трещины в перекрытиях в зоне образования трещин по внутренним стенам здания.

Дефекты и повреждения лоджий: отслоение бетона с торцов плит вследствие периодического замачивания из-за повреждения отливов; участки повреждения защитного слоя бетона, коррозия арматуры нижней поверхности плит лоджий; разрушение окрасочного слоя нижней поверхности плит лоджий с выпадением руста; разрушение полов общих лоджий.

Дефекты и повреждения кровли: вздутие кровельного покрытия; контруклоны от водоприемных воронок; истирание гидроизоляционного ковра; разрывы гидроизоляции; отсутствие листоулавливающей решетки на воронке; следы массовых протечек по плитам и балкам покрытия; отсутствие гидроизоляции на парапетных плитах.

Проведя анализ основных проблем на примере 3 типовых серий, можно сделать вывод, что более других подвергаются износу в процессе эксплуатации наружные и внутренние стены, перекрытия, кровля, балконы и лоджии, подвальные помещения и отмостка. Все вышеуказанные дефекты в совокупности позволяют охарактеризовать техническое состояние объектов как работоспособное и реализация региональной программы по проведению капитального ремонта жилого фонда г. Москвы даст возможность восстановить технические и эксплуатационные показатели жилого фонда, не подлежащего реновации, осуществляя производство работ без отселения жильцов.

### **Библиографический список**

1. Постановление Правительства Москвы от 29 декабря 2014 г. N832-ПП «О региональной программе капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах на территории города Москвы».
2. ГОСТ 31937-2011 Зданий и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: Стандартинформ, 2014. – 59 с.
3. СП 13-102-2003\* Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений. – М.: Госстрой России, 2004. – 26 с.

УДК 624.012.4/691.32

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ОБСЛЕДУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Кловский Алексей Викторович, главный специалист отдела обследования зданий и сооружений, ООО «НПЦ «Перспектива», доцент кафедры инженерных конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,*

*Мареева Ольга Викторовна, доцент кафедры инженерных конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** В статье рассмотрены основные методы контроля и оценки прочности бетона обследуемых железобетонных конструкций. Анализ требований действующих нормативных документов свидетельствует об ограниченности применения неразрушающих методов контроля (реализующих данные методы приборов) для решения указанной задачи, что игнорируется многими профильными организациями при проведении обследований.

**Ключевые слова:** обследование технического состояния, прочность бетона, разрушающие и неразрушающие методы определения прочности бетона.

При проведении обследования технического состояния железобетонных конструкций важной задачей является определение прочности бетона для по-

следующего корректного выполнения поверочных расчетов конструкций и последующего определения категории их технического состояния.

Основным нормативным документом в области контроля и оценки прочности бетона является ГОСТ 18105-2010 «Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» [1]. При этом как для этапа возведения, так и для этапа эксплуатации строительного объекта (например, при обследовании технического состояния) предусматриваются следующие нормируемые методы (группы методов) контроля:

- 1) определение прочности по контрольным образцам по ГОСТ 10180-2012 [2] – применяется на этапе возведения объекта;
- 2) определение прочности по образцам, отобранным из конструкций, по ГОСТ 28570-90 [3] – применяется, преимущественно, на этапе эксплуатации объекта, но может применяться и на этапе возведения (при приемочных испытаниях конструкций в случае необходимости);
- 3) определение прочности механическими методами неразрушающего контроля по ГОСТ 22690-2015 [4] – может применяться на каждом из этапов;
- 4) ультразвуковой метод определения прочности по ГОСТ 17624-2012 [5] – может применяться на каждом из этапов.

Испытания методами групп 1 и 2 являются разрушающими и реализуются в лабораторных условиях с использованием пресса. Испытания методами групп 3 и 4 являются неразрушающими и применяются, преимущественно, непосредственно на объекте. При этом в группе 3 выделяются прямые (стандартные) неразрушающие методы (3.1) и косвенные неразрушающие методы (3.2) определения прочности бетона. К 3.1 относятся методы отрыва со скалыванием и скалывание ребра, к 3.2 – методы упругого отскока, пластической деформации, ударного импульса и отрыва.

Ввиду того, что каждая из четырех групп методов является нормируемой, предполагается, что при строгом соблюдении требований соответствующих нормативных документов будет наблюдаться приемлемая для практических целей сходимость результатов при контроле прочности бетона одной партии и изготовленных из него конструкций как разрушающими, так и неразрушающими методами. На практике многими специалистами отмечается иная картина.

Результаты, получаемые с использованием методов групп 1 и 2, в большей степени соответствуют истинному значению прочности материала. Данное обстоятельство объясняется получением в ходе испытаний непосредственно прочности материала (разрушающего усилия), а не косвенной ее характеристики. Также при испытании бетона эксплуатируемых конструкций (группа методов 2) определяется непосредственно прочность образца материала, изъятая из тела конструкции, а не прочность бетона у ее поверхности. При этом в ходе лабораторных испытаний (группы методов 1 и 2) имеется возможность сведения к минимуму влияния на получаемые результаты таких внешних факторов как влажность, армирование (для эксплуатируемых железобетонных конструкций), дефекты поверхностного слоя бетона и пр.

Методы группы 1 ограничиваются, по сути, возможностью контроля и оценки прочности бетона при возведении зданий. Методы группы 2 предполагают локальное повреждение конструкций, которое в большинстве случаев Заказчик не приемлет. Данные обстоятельства наряду с высокой стоимостью ис-

пытательного оборудования, большой трудоемкостью процесса измерения и, следовательно, его себестоимостью значительно ограничивают применение данных методов в реальной практике.

Отмеченные выше положения обуславливают широкое применение в современной строительной практике методов групп 3 и 4 при контроле и оценке прочности бетона конструкций. При этом в значительном числе случаев профильными организациями применяются методы упругого отскока и ударного импульса, а также ультразвуковой метод. Такие испытания относительно дешевы ввиду невысокой стоимости оборудования, отсутствия необходимости в длительном обучении специалистов работе с приборами, возможности сравнительно быстрого получения предварительных результатов определения прочности бетона непосредственно на объекте и т.д. При этом строгое соблюдение требований соответствующих нормативных документов накладывает определенные ограничения на их применение, что, тем не менее, игнорируется большинством профильных организаций. Остановимся подробнее на данных ограничениях.

Так в п. 4.4 [4] отмечено, что в общем случае неразрушающие механические методы определения прочности бетона являются косвенными неразрушающими методами. В этой связи прочность бетона в конструкциях необходимо определять с использованием экспериментально установленных градуировочных зависимостей. Исключения здесь составляют метод отрыва со скалыванием по стандартной схеме (приложение А [4]) и метод скалывания ребра по стандартной схеме (приложение Б [4]), которые относятся к прямым неразрушающим методам определения прочности бетона. Для прямых неразрушающих методов допускается использование градуировочных зависимостей, установленных в приложениях В и Г [4].

При этом в п. 6.1.9 [4] отмечено, что допускается применение косвенных неразрушающих методов с использованием градуировочных зависимостей, установленных для бетона, отличающегося от испытываемого по составу, возрасту, условиям твердения, влажности, с привязкой в соответствии с методикой по приложению Ж. При проведении привязки универсальной градуировочной зависимости производят сопоставление получаемых косвенными методами значений прочности бетона конкретного участка конструкции с аналогичными значениями, полученными методом отрыва со скалыванием по стандартной схеме или методом испытания кернов по ГОСТ 28570-90. Полученный коэффициент привязки вводят в прибор для последующего учета при испытаниях.

Принимая во внимание тот факт, что в большинство современных приборов производителями заложены универсальные градуировочные зависимости для отдельных видов/типов бетонов, использование положений п. 6.1.9 и приложения Ж в известной степени облегчает задачу определения прочности и фактического класса бетона ввиду возможности использования для привязки универсальных зависимостей метода отрыва со скалыванием по стандартной схеме, без отбора и испытаний кернов.

В соответствии с [5] различают поверхностное и сквозное прозвучивание конструкций при определении прочности бетона. Исходя из требований п. 4.2 и п. 6.19 данного документа в большинстве случаев как для монолитных, так и для сборных конструкций следует применять метод поверхностного прозвучи-

вания. Данное обстоятельство обуславливается, в первую очередь, сложностью достоверного измерения базы прозвучивания, под которой понимается:

- при поверхностном прозвучивании – расстояние между центрами рабочих поверхностей ультразвуковых преобразователей (излучателя и приемника), установленных на одну и ту же поверхность конструкции;
- при сквозном прозвучивании – расстояние между центрами рабочих поверхностей преобразователей.

Исходя из требований п. 4.3 и п. 6.1 при прозвучивании прочность бетона в конструкциях следует определять по экспериментально установленным градуировочным зависимостям. При этом для установления градуировочной зависимости при сквозном прозвучивании наряду с отбором и испытанием кернов по [3], изготовлением и испытанием стандартных образцов по [2] допускается использование метода отрыва со скалыванием по [4] (п. 6.2). При сквозном прозвучивании градуировочные зависимости устанавливаются только с применением разрушающих методов групп 1 и 2 (п. 6.3).

Здесь считаем необходимым отметить, что в соответствии с требованиями п. 6.22 [5] при использовании ранее установленных зависимостей для бетона, отличающегося от испытываемого, равно как и при использовании универсальных градуировочных зависимостей (приложение Г [6], возможно лишь ориентировочное определение прочности бетона.

Таким образом, непосредственному определению прочности бетона ультразвуковым методом для каждого типа бетона (даже в рамках одного объекта) должно предшествовать установление экспериментальной градуировочной зависимости с применением метода отрыва со скалыванием по стандартной схеме, что для небольших объектов, по сути, сводит к нулю необходимость применения прозвучивания.

Такое категоричное требование норм по отношению к косвенным неразрушающим методам контроля вызвано рядом факторов:

- большой неопределенностью (погрешностью) результатов измерения фиксируемого параметра (причина – приборная составляющая погрешности, обусловленная техническим состоянием измерительного прибора);
- ряд внешних факторов, обусловленных состоянием исследуемого бетона в зоне измерения.

Отметим также что, что в случае применения приборов, реализующих методы ударного импульса и ударного отскока, определяется поверхностная прочность бетона. При этом прочность бетона в теле конструкции может отличаться от поверхностной прочности в разы (как в большую, так и в меньшую сторону).

На основании вышеизложенного можно заключить, что для соблюдения требований действующих нормативных документов и получения корректных данных при определении прочности бетона обследуемых железобетонных конструкций неразрушающими методами контроля необходимо применять либо метод отрыва со скалыванием, либо проводить параллельные испытания одних и тех же участков конструкций методом отрыва со скалыванием и другими методами неразрушающего контроля (упругого отскока или ударного импульса).

### Библиографический список

1. «ГОСТ 18105-2010. Межгосударственный стандарт Бетоны. Правила контроля и оценки прочности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293794/4293794412.htm>
2. «ГОСТ 10180-2012. Межгосударственный стандарт Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293782/4293782275.htm>.
3. «ГОСТ 28570-90 (СТ СЭВ 3978-83). Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294853/4294853086.htm>.
4. «ГОСТ 22690-2015. Межгосударственный стандарт Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293759/4293759359.htm>
5. «ГОСТ 17624-2012. Межгосударственный стандарт Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293782/4293782218.htm>.

УДК УДК 624.012.4

### НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АНИЗОТРОПНОГО ГРУНТА ПОД ПЛОСКИМ ШТАМПОМ

*Баутдинов Дамир Тахирович, доцент кафедры инженерных конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Марина Нуцу Нуцович, ассистент кафедры инженерных конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* Проведен параметрический анализ напряженного состояния трансверсально-изотропного скального грунта под плоским штампом. Определены нормальные напряжения под подошвой штампа при различных отношениях модулей деформаций и коэффициентов поперечных деформаций, позволяющие оценивать прочность грунтового массива. Решение такой задачи невозможно аналитическими методами, поэтому анализ напряженного состояния был выполнен методом конечного элемента.

*Ключевые слова:* метод конечного элемента, анизотропия, напряжения.

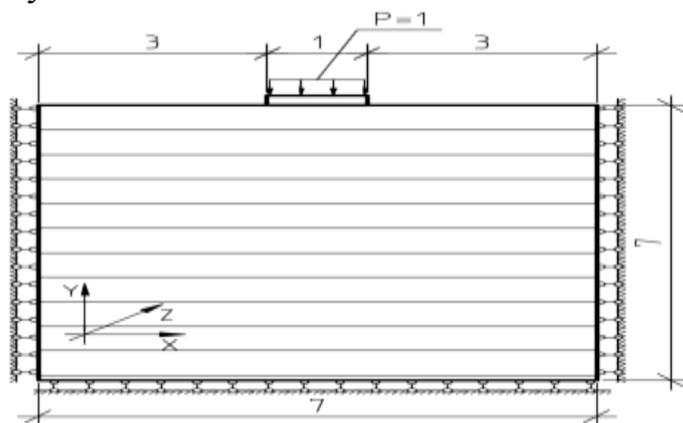
Современные гидротехнические сооружения характеризуются большими размерами как в плане, так и по высоте. Давление, оказываемое такими сооружениями на основание, достигает значений в 5 - 9 МПа, что предъявляет повышенные требования к прочности, устойчивости и деформативности основания. В целях экономии при возведении фундаментов таких массивных сооружений все чаще отдается предпочтение строительству на скальных грунтах. При проектировании зданий и сооружений важно правильно оценивать работу грунтового массива с учетом всех возможных факторов влияющих на его работу под нагрузкой. Одним из таких факторов является анизотропия, когда механические

свойства грунта зависят от направления. Анизотропия скальных грунтов возникает вследствие различных факторов таких как: разность естественного давления в разных направлениях, неоднородность строения грунта, ориентация слоев, глубина заложения и т.д.

По деформативности и прочности в различных направлениях массивы скальных грунтов в соответствии с [1] следует считать изотропными при коэффициенте анизотропии не более 3. Под коэффициентом анизотропии понимают отношение большего значения характеристики к меньшему в двух заданных направлениях [1].

В данной работе исследуется напряженное состояние трансверсально-изотропного скального грунта под прямоугольным штампом, нагруженным распределенной нагрузкой.

В качестве расчетной схемы, моделирующей работу трансверсально-изотропного скального грунта с горизонтальным расположением слоев, была принята бесконечная упругая среда, находящаяся в условиях плоской деформации. Так как боковое расширение грунта невозможно [3], на вертикальных границах расчетной области поставлены горизонтальные связи, препятствующие боковому расширению. Размеры расчетной области были минимизированы с учетом задания активной зоны (критерий М.И. Фролова) [3]. Расчетная схема представлена на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Расчетная схема**

где:

$P$  – единичная равномерно распределённая нагрузка, действующая на штамп;

В процессе расчетов задавались различные отношения модулей деформации грунта и коэффициентов поперечной деформации в плоскости изотропии и в плоскости нормальной к плоскости изотропии.

$$\frac{E}{E_0} = 1 \dots 6; \quad \frac{\nu_0}{\nu} = 1 \dots 3.5;$$

где:

$E_0$  – модуль деформации для растяжения - сжатия в направлении нормальном к плоскости изотропии.

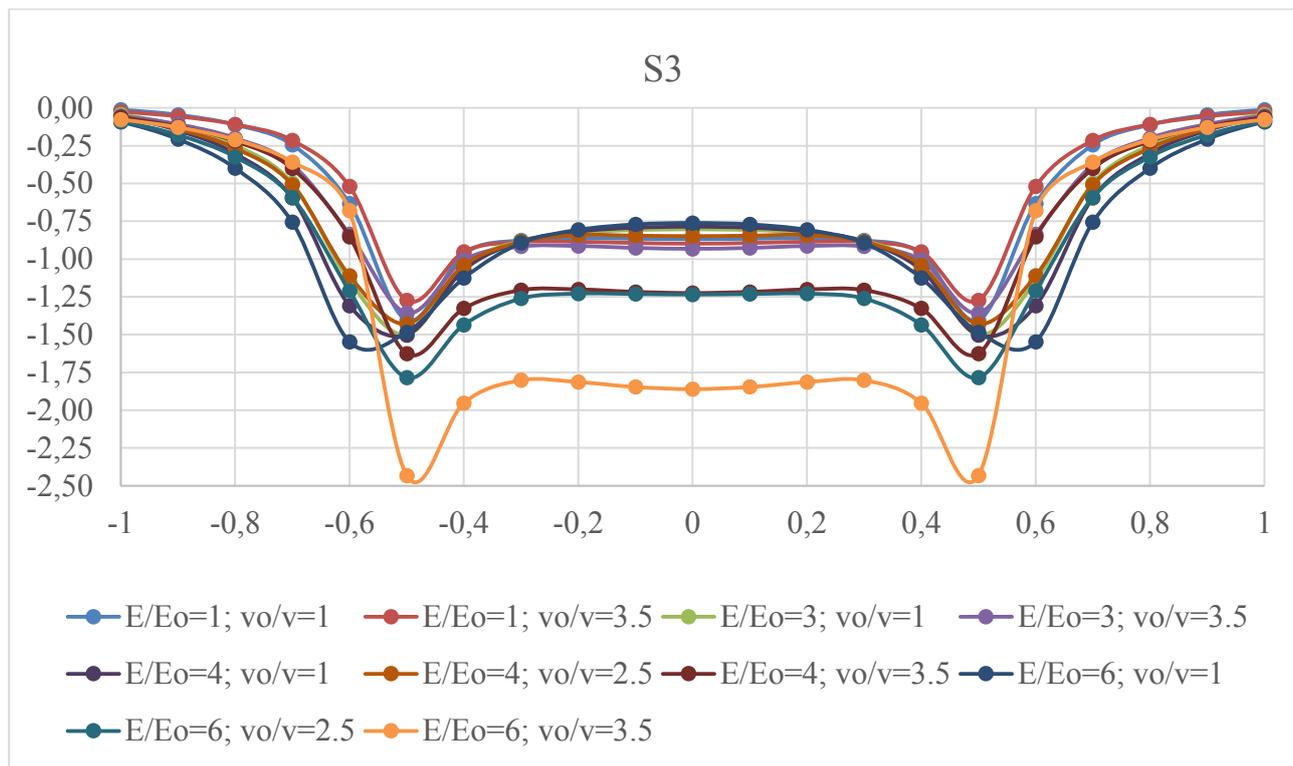
$E$  – модуль деформации для растяжения - сжатия в направлении плоскости изотропии.

$\nu_0$  – коэффициент поперечной деформации характеризующий поперечное сжатие в плоскости нормальной к плоскости изотропии при растяжении в плоскости изотропии.

$\nu$  – коэффициент поперечной деформации характеризующий поперечное сжатие в плоскости изотропии при растяжении в плоскости изотропии.

Модуль деформации штампа был принят равным  $E_{ш} = 2E$

Параметрический анализ напряженного состояния был выполнен методом конечного элемента. По результатам расчетов были построены графики изменения главных сжимающих напряжений.



**Рисунок 1 – Главные сжимающие напряжения в зависимости от соотношения деформативных характеристик стального грунта**

Из графиков (рисунок 1) видно, что при увеличении отношения модулей деформации до  $E/E_0 = 3$  и отношения коэффициентов поперечных деформаций до  $\nu_0/\nu = 2$ , главные сжимающие напряжения меняются незначительно по сравнению с напряжениями в изотропном грунте. Такая же тенденция сохраняется и для дальнейшего увеличения отношения модулей деформации до 6 и при отношениях коэффициентов поперечных деформаций до 2.

При отношениях модулей деформации больше 3-х и при отношениях коэффициентов поперечных деформаций больше 2 главные сжимающие напряжения заметно отличаются от напряжений в случае изотропного грунта, то есть начинает сказываться влияние анизотропии.

Например при отношении модулей деформации  $E/E_0 = 4$  и отношении коэффициентов поперечных деформаций  $\nu_0/\nu = 3.5$  наибольшие главные напряжения отличаются от наибольших напряжений для случая изотропного грунта на

40% а при отношении модулей деформации  $E/E_0 = 6$  и отношении коэффициентов поперечных деформаций  $\nu_0/\nu = 3.5$  наибольшие главные напряжения отличаются от наибольших напряжений для случая изотропного грунта на 70%.

Влияние анизотропии упругих свойств массива на напряженное состояние более заметна при изменении отношений коэффициентов поперечных деформаций и менее заметна при изменении отношений модулей деформаций в ортогональных направлениях.

Например при отношении модулей деформации  $E/E_0 = 6$  и отношении коэффициентов поперечных деформаций  $\nu_0/\nu = 2.5$  напряжения отличаются от напряжений полученных для изотропного грунта на 42%.

#### **Выводы:**

При увеличении отношения модулей деформации до  $E/E_0 = 3$  и отношения коэффициентов поперечных деформаций до  $\nu_0/\nu = 2$ , главные сжимающие напряжения меняются незначительно по сравнению с напряжениями в изотропном грунте. При отношениях модулей деформации больше 3-х и при отношениях коэффициентов поперечных деформаций больше 2 главные сжимающие напряжения заметно отличаются от напряжений в случае изотропного грунта, то есть начинает сказываться влияние анизотропии.

Влияние анизотропии упругих свойств массива на напряженное состояние более заметна при изменении отношений коэффициентов поперечных деформаций и менее заметна при изменении отношений модулей деформаций в ортогональных направлениях.

#### **Библиографический список**

1. СП 23.13330.2018 - Основания гидротехнических сооружений (Актуализированная редакция СНиП 2.02.02-85)
2. Фролов М.И., Васкес Рамирес А.А. Влияние формы поперечного сечения выработки гидротехнических тоннелей на напряженное состояние по их контуру / Сб. материалов научно-технической конференции МГУП. М.: МГУП, 2002. С. 115-116.
3. Баутдинов Д.Т., Джамалудинов М.М. Конечно - элементный анализ напряженного состояния подземных гидротехнических сооружений с учетом анизотропии основания / Баутдинов Д.Т., Джамалудинов М.М. // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. - 2017. - № 5. - С. 56-61.
4. А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева, ANSYS в руках инженера / А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева - Москва: Изд-во УРСС, 2003 г. — 269 стр.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ СЖАТОЙ ЗОНЫ ПРИ РАСЧЁТЕ ПРОЧНОСТИ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ СЛУЧАЕВ МАЛЫХ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОВ

*Марина Нуцу Нуцович, ассистент кафедры инженерных конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Расчет прочности прямоугольных нормальных сечений внецентренно сжатых железобетонных элементов по рекомендациям пособия по проектированию бетонных и железобетонных конструкций без предварительного напряжения и сравнение результатов с действующим нормативным документом.

**Ключевые слова:** железобетонные элементы, внецентренное сжатие, эксцентриситет, высота сжатой зоны.

Расчет прочности прямоугольных нормальных сечений внецентренно сжатых железобетонных элементов, производится по действующим нормативным документам [2] исходя из уравнения моментов составленного относительно усилия растянутой ветви арматуры ( $A_s$ ).

$$N \cdot e \leq R_b \cdot b \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) + R_{sc} \cdot A'_s \cdot (h_0 - a') \quad (1)$$

При этом высота сжатой зоны  $x$  определяется в зависимости от соотношения относительной высоты сжатой зоны  $\xi$  и граничной относительной высоты сжатой зоны  $\xi_R$ .

$$\text{При } \xi \leq \xi_R \quad x = \frac{N + R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s}{R_b \cdot b} \quad (2)$$

$$\text{При } \xi > \xi_R \quad x = \frac{N + R_s \cdot A_s \cdot \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc} \cdot A'_s}{R_b \cdot b + \frac{2 \cdot R_s \cdot A_s}{h_0 \cdot (1 - \xi_R)}} \quad (3)$$

Расчет внецентренно сжатой колонны в соответствие с рекомендациями [1] и [2], с малым эксцентриситетом близком к случайному эксцентриситету. Подбор требуемого количества арматуры выполнен по [1] из условия (1). Подбранная арматура используется для определения высоты сжатой зоны по [2] условие (3).

Методика расчета по [1]

$x$  – высота сжатой зоны

$\xi$  – относительная высота сжатой зоны

$\alpha_n$  – относительная продольная сила

$$x = \xi \cdot h_0$$

$$\xi = \frac{\alpha_n(1 - \xi_R) + 2 \cdot \alpha_s \cdot \xi_R}{1 - \xi_R + 2 \alpha_s}$$

$$\alpha_n = \frac{N}{R_b \cdot b \cdot h_0}$$

$\xi_1$  – усредненная относительная высота сжатой зоны

$\alpha_m$  – относительный изгибающий момент

$\alpha_s$  – относительное армирование

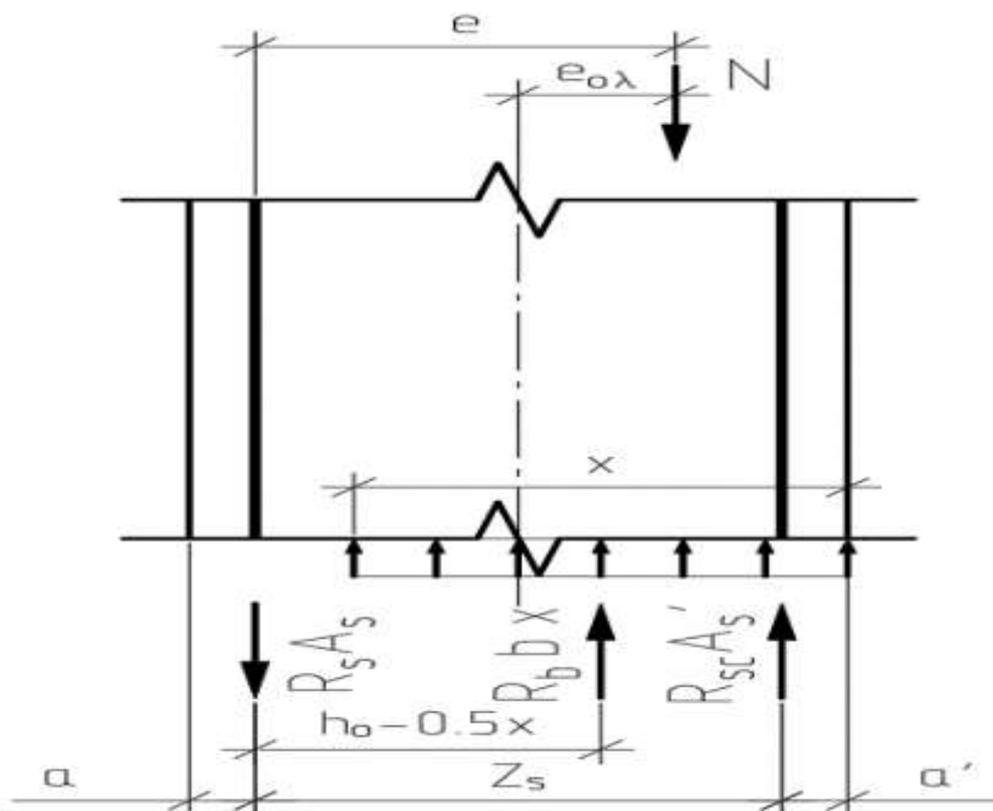
$$\frac{\alpha_m - \xi_1(1 - 0,5 \cdot \xi_1)}{1 - \delta}$$

$$\xi_1 = \frac{\alpha_m + \xi_R}{2}$$

$$\alpha_m = \frac{N \cdot e}{R_b \cdot b \cdot h_0^2}$$

$$\alpha_s =$$

В качестве примера принята колонна квадратного сечения 400x400мм с симметричным армированием. Материалы колонны: тяжелый бетона класса В20, стержневая арматурой класса А400. Эксцентриситет с учетом гибкости колон-



ны принят 2 см.

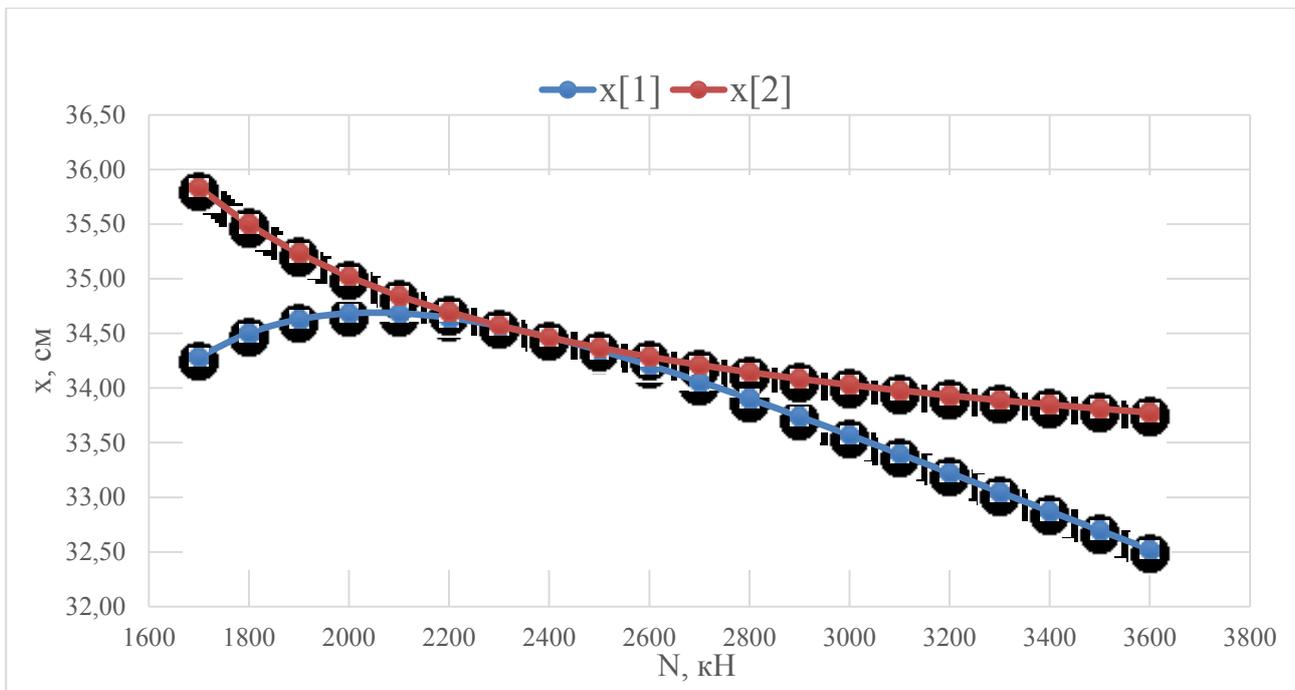
**Рисунок 1 – Расчетная схема внецентренно сжатых железобетонных элементов прямоугольного сечения**

Диапазон изменения продольной сжимающей силы принят таким образом, что его нижняя граница определяется необходимостью установки рабочей арматуры по расчету, а верхняя граница определяется требуемым количеством рабочей арматуры, которая не превышает площадь четырех стержней диаметром 32мм. Результаты расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1

## Результаты расчета

N	$\alpha_n$	$\xi_1$	$\alpha_m$	$\alpha_s$	$\xi$	$x_1$	$A_s$	$x_2$	$\Delta_x$	$M_{u1}$	$M_{u2}$	$\Delta_M$	Ne
1700	1.06	0.79	0.513	0.040	0.980	34.29	0.69	35.83	-4.52	289	301.73	-4.40	289
1800	1.12	0.82	0.543	0.068	0.986	34.50	2.28	35.50	-2.89	306	314.14	-2.66	306
1900	1.18	0.86	0.573	0.098	0.989	34.63	3.88	35.24	-1.75	323	327.94	-1.53	323
2000	1.24	0.89	0.603	0.128	0.991	34.68	5.47	35.02	-0.97	340	342.74	-0.81	340
2100	1.30	0.92	0.634	0.160	0.991	34.68	7.07	34.85	-0.46	357	358.31	-0.37	357
2200	1.37	0.95	0.664	0.193	0.990	34.64	8.66	34.70	-0.16	374	374.45	-0.12	374
2300	1.43	0.98	0.694	0.226	0.988	34.57	10.26	34.57	-0.01	391	391.04	-0.01	391
2400	1.49	1.01	0.724	0.261	0.985	34.47	11.86	34.46	0.01	408	407.98	0.00	408
2500	1.55	1.04	0.754	0.298	0.981	34.35	13.46	34.37	-0.07	425	425.20	-0.05	425
2600	1.61	1.07	0.784	0.335	0.977	34.21	15.06	34.29	-0.23	442	442.64	-0.14	442
2700	1.68	1.10	0.815	0.373	0.973	34.06	16.66	34.21	-0.44	459	460.25	-0.27	459
2800	1.74	1.14	0.845	0.413	0.969	33.90	18.27	34.15	-0.71	476	478.01	-0.42	476
2900	1.80	1.17	0.875	0.453	0.964	33.74	19.87	34.08	-1.02	493	495.88	-0.58	493
3000	1.86	1.20	0.905	0.495	0.959	33.57	21.48	34.03	-1.37	510	513.85	-0.75	510
3100	1.93	1.23	0.935	0.538	0.954	33.40	23.08	33.98	-1.74	527	531.89	-0.93	527
3200	1.99	1.26	0.965	0.582	0.949	33.22	24.69	33.93	-2.13	544	549.99	-1.10	544
3300	2.05	1.29	0.996	0.627	0.944	33.05	26.30	33.89	-2.54	561	568.15	-1.27	561
3400	2.11	1.32	1.026	0.674	0.939	32.87	27.91	33.85	-2.97	578	586.34	-1.44	578
3500	2.17	1.35	1.056	0.721	0.934	32.70	29.53	33.81	-3.41	595	604.56	-1.61	595
3600	2.24	1.38	1.086	0.770	0.929	32.52	31.14	33.78	-3.86	612	622.81	-1.77	612



**Рисунок 2 – Высота сжатой зоны в зависимости от величины продольной силы**

Из графика видно, что присутствует небольшое расхождение в полученных результатах расчета высоты сжатой зоны сечения по рекомендациям [1] и [2], что в свою очередь приводит к расхождению результатов при определения несущей способности колонны по формуле (1).

Разность полученных результатов высоты сжатой зоны определена по формуле

$$\Delta_x = \frac{x_1 - x_2}{x_1} \cdot 100\% \quad (4)$$

Разность полученных результатов несущей способности определена по формуле

$$\Delta_M = \frac{M_{u1} - M_{u2}}{M_{u1}} \cdot 100\% \quad (5)$$

Расхождение в результатах определения высоты сжатой зоны и несущей способности примерно составляет от 0 ... – 4.5%. Из таблицы 1 видно, что несущая способность внецентренно сжатой колонны, определенная с учетом требуемого количества арматуры (без подбора по сортаменту) полностью совпадает с внешним приведенным изгибающим моментом, что подтверждает правильность теории расчета по [1]. Несущая способность колонны по [2] при некоторых значениях продольной сжимающей силы получается больше, чем несущая способность определенная по [1]. При корректировке требуемого количества рабочей арматуры по сортаменту в большинстве случаев эта разница в полученных результатах нивелируется. Но стоит обратить внимание на те слу-

чай, когда требуемое количество и подобранное количество арматуры оказываются очень близкими по значению, может возникнуть случай получения завышенных результатов при определении высоты сжатой зоны по [2] и выполнение требований (1) в то время как оно не выполняется.

### **Библиографический список**

1 Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101—2003) / ЦНИИПромзданий, НИИЖБ. М. : ЦНИИПромзданий, 2005. 214 с

2. СП 63.13330.2018 – “СП 53-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения”. 2018. 143с.

3. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс: учебник для вузов по специальности «Промышленное и гражданское строительство». 6-е изд. М.: БАСТЕТ, 2009. 766 с.

4. Таль К.Э., Чистяков Е.А. Исследование несущей способности гибких железобетонных колонн, работающих по первому случаю внецентренного сжатия // Расчет железобетонных конструкций: тр. НИИЖБ. М.: Госстройиздат, 1963. Вып. 23. С. 127—196

УДК 625.7

### **О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ. (НОВОЕ В МЕТОДАХ ИСПЫТАНИЙ ЩЕБНЯ)**

*Мамаев Павел Михайлович, ведущий инженер Лаборатории испытаний конструктивных слоёв дорожной одежды и грунтов, ГБУ Центр экспертиз, исследований и испытаний в строительстве*

*Аннотация: в новых межгосударственных стандартах, разработанных в соответствии с требованиями Технического Регламента Таможенного Союза, имеются принципиальные отличия от продолжающих ныне действовать национальных стандартов Российской Федерации.*

*Ключевые слова: стандарт, щебень (гравий), гранулометрический состав, прочность, испытания.*

С 1 июня 2016 года в Российской Федерации, в качестве национальных стандартов, введены в действие «с правом досрочного применения» межгосударственные стандарты на «дорожно-строительные материалы» (код классификатора стандартов 93.080.20), разработанные в соответствии с требованиями Технического Регламента Таможенного Союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог».

По сравнению с продолжающими ныне действовать стандартами на щебень «для строительных работ» (код классификатора стандартов 91.100 «Строительные материалы»), регулирующими проведение испытаний так же и для «дорож-

ных работ» [1,2], новые щебёночные стандарты имеют несколько заметных отличий.

Одним из принципиальных отличий новых стандартов стало введение «Марки» по гранулометрическому составу [3]:

Таблица 1

Размеры ячеек контрольных сит, мм	2D	1,4D	D	d	d/2	Марка
Проходы через сито, % по массе	100	100	От 90 до 100	От 0 до 10	От 0 до 2	<b>90/10</b>
	100	От 98 до 100	От 90 до 100	От 0 до 15	От 0 до 5	<b>90/15</b>
	100	От 98 до 100	От 90 до 100	От 0 до 20	От 0 до 5	<b>90/20</b>
	100	От 98 до 100	От 85 до 100	От 0 до 15	От 0 до 5	<b>85/15</b>
	100	От 98 до 100	От 85 до 100	От 0 до 20	От 0 до 5	<b>85/20</b>
	100	От 98 до 100	От 85 до 100	От 0 до 35	От 0 до 5	<b>85/35</b>

Даже более весомым изменением можно посчитать иные основные (стандартные) и «широкие» фракции:

Таблица 2

ГОСТ 32703-2014	ГОСТ 8267-93
от 4 до 5,6 мм	-
от 4 до 8 мм	-
св. 5,6 до 8 мм	от 5(3) до 10 мм
св. 8 до 11,2 мм	от 5(3) до 20 мм
от 8 до 16 мм	св. 10 до 15 мм
св. 11,2 до 16 мм	св. 10 до 20 мм
св. 16 до 22,4 мм	св. 15 до 20 мм
от 16 до 31,5 мм	-
св. 22,4 до 31,5 мм	св. 20 до 40 мм
св. 31,5 до 45 мм	-
от 31,5 до 63 мм	-
св. 45 до 63 мм	св. 40 до 80(70) мм
от 63 до 90 мм	от 80(70) до 120 мм
-	св. 120 до 150 мм

Совершенно другие размеры ячеек сит (2,8 мм; 4 мм; 5,6 мм; 8 мм; 11,2 мм; 16 мм; 22,4 мм; 31,5 мм; 45 мм; 63 мм; 90 мм; 125 мм (ГОСТ Р 51568-99, п 5.1, Таблица 1)) [3,4] (в отличие от стандартного набора сит (2,5; 5(3); 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 22,5; 25; 30; 40; 50; 60; 70(80) мм (ГОСТ 8269.0-97, п 4.1.6) [2]) для испытательных лабораторий означают необходимость выделения дополнительных средств на приобретение новых комплектов сит.

Безусловным достоинством новых стандартов следует считать указание: «Если размер ячеек контрольного или промежуточного сита не совпадает с размером ячеек сит, указанных в [ISO 565], то вместо него используют ближайшее

по размеру ячеек сита, в соответствии с размером ячеек сит для основных фракций» [3], которого остро не хватает в ныне применяемых ГОСТах. [5

Относительно «основных технических требований» к прочности щебня, можно обратить внимание на то, что в отличие от европейской практики замены определения прочности щебня по дробимости в цилиндре под прессом на определение прочности на износ в «Лос-Анджелесском барабане» [6], в рассматриваемых новых стандартах сохранено соответствие одной из шести марок по дробимости.

Но исключено соответствие одной из четырёх марок по истираемости.

При этом введено соответствие одной из шести марок по сопротивлению дроблению и износу (износостойкости), определённой в «установке Лос-Анджелес» [7], а так же «дополнительные технические требования» по соответствию одной из шести марок по сопротивлению истираемости по показателю микро-Деваль (абразивному изнашиванию) [8].

При подготовке испытаний при определении сопротивления дроблению и износу или при определении сопротивления истираемости по показателю микро-Деваль лабораторную пробу щебня (гравия) сокращают до единичной пробы массой не менее 15 кг или – не менее 3 кг, соответственно. Рекомендуются фракция из зерен крупностью от 10 до 14 мм, но, при необходимости, можно использовать альтернативные узкие фракции.

Подготовленную единичную пробу щебня (гравия) промывают под струей воды и высушивают в сушильном шкафу при температуре  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  до постоянной массы, после чего просеивают по ГОСТ 33029 через сита с размером ячеек 10; 11,2 (или 12,5) и 14 мм [9].

Из просеянной единичной пробы готовят мерную пробу, в состав которой должно входить от 30% до 40% зерен крупнее 12,5 мм или от 60% до 70% зерен крупнее 11,2 мм. Масса пробы должна составлять 5 кг ( $\pm 10$  г) - при определении сопротивления дроблению и износу, или 0,5 кг ( $\pm 5$  г) - при определении сопротивления истираемости по показателю микро-Деваль.

Метод проведения испытаний по определению сопротивления дроблению и износу подобен, но не тождественен определению истираемости в полочном барабане по ГОСТ 8269.0-97, применяемому в настоящее время.

Например, полочный барабан (рис.1), соответствующий требованиям ГОСТ 8269.0-97, будет соответствовать требованиям ГОСТ 33049-2014 по геометрическим размерам барабана и шаров, весу шаров, частоте вращения барабана и, для фракций с размером зёрен менее 20 мм, количеству оборотов (500).

При этом «установки Лос-Анджелес», в связи с более широкими допусками на геометрические параметры, не всегда будут соответствовать требованиям ГОСТ 8269.0-97, а ГОСТ 33049-2014 не предполагает испытаний щебня с размером зёрен более 20 мм с удвоенным количеством оборотов (1000).

Порядок проведения испытаний, также, в основном, аналогичен. Приготовленную мерную пробу загружают, вслед за 11 стальными шарами общей массой от 4690 до 4860 г, в чистый полочный барабан, закрывают его крышку и запускают со скоростью 30-33 об/мин.

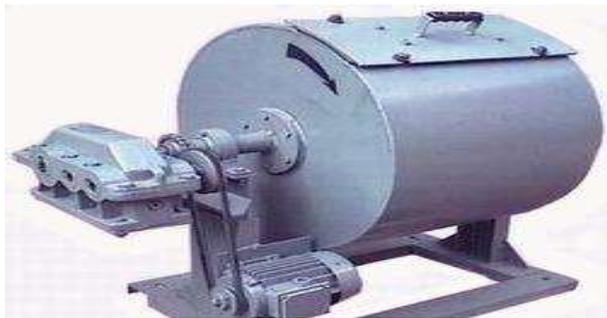


Рисунок 1 – Полочный барабан

После совершения 500 оборотов барабан останавливают, открывают крышку и, избегая потери материала, высыпают содержимое барабана в металлический поддон, расположенный под полочным барабаном.

Отделив стальные шары, щебень (гравий) промывают через сита с размером ячеек 1,6 и 8 мм, удаляя частицы размером менее 1,6 мм.

Остатки на ситах объединяют, высушивают в сушильном шкафу при температуре  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  до постоянной массы и взвешивают.

Значение показателя сопротивления дроблению и износу щебня (гравия)  $I$ , %, рассчитывают с точностью до первого знака после запятой по формуле

$$I = \frac{M_1 - M_2}{M_1} 100 ,$$

где  $M_1$  - масса мерной пробы щебня (гравия) до испытания, г;

$M_2$ - объединенная масса остатков на сите с размером ячеек 1,6 мм и 8 мм, г.

Особенность метода определения сопротивления истираемости по показателю микро-Деваль заключается в определении потери массы пробы щебня (гравия), возникающей в процессе трения зерен материала и стальных шаров в водной среде в «установке микро-Деваль».

Приготовленную мерную пробу, соединённую со стальными шарами (общей массой  $5 \text{ кг} \pm 5 \text{ г}$ ), загружают в барабан. Затем, с помощью мерного цилиндра, в барабан наливают  $2,50 \pm 0,05$  л воды, закрывают крышкой, устанавливают в испытательную установку и приводят во вращение со скоростью  $100 \pm 5$  об/мин.



После совершения  $12000 \pm 10$  оборотов останавливают машину, открывают крышку и, избегая потери материала, переносят содержимое барабана в емкость.

Убрав из щебня стальные шары, промывают его через сита с размером ячеек 1,6 и 8 мм, удаляя частицы размером менее 1,6 мм.

Остатки на ситах объединяют, высушивают в сушильном шкафу при температуре  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  до постоянной массы и взвешивают.

Истираемость щебня (гравия) по показателю микро-Деваль, МД, %, для каждой отдельной мерной пробы рассчитывается по формуле

$$\text{МД} = \frac{M_1 - M_2}{M_1} 100,$$

где  $M_1$ - масса мерной пробы щебня (гравия) до испытания, г;

$M_2$ - объединенная масса остатков на сите с размером ячеек 1,6 мм и 8 мм, г, высушенная до постоянной массы.

Резюмируя, можно отметить, что новые методы испытаний щебня не вызовут серьезных технических сложностей при их освоении, потому, что основаны на тех же принципах, что и применяемые в настоящее время. Но поднимут вопросы дополнительного финансирования на приобретение нового испытательного оборудования.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия»;
2. ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний»;
3. ГОСТ 32703-2014 «Щебень и гравий из горных пород. Технические требования»;
4. ГОСТ Р 51568-99 «Сита лабораторные из металлической проволочной сетки сетки. Технические условия»;
5. П.М. МАМАЕВ, ведущий инженер, «О необходимости совершенствования государственных стандартов, применяемых в дорожном строительстве. (Из опыта испытательной лаборатории)», «Доклады ТСХА» выпуск 291 (Часть III);
6. Г.И. ЕВГЕНЬЕВ, канд. техн. наук, А.Г. ЕВГЕНЬЕВА, инженер, «Щебень по европейским стандартам», «Строительные материалы» 2008, №5;
7. ГОСТ 33049-2014 «Щебень и гравий из горных пород. Определение сопротивления дроблению и износу»;
8. ГОСТ 33024-2014 «Щебень и гравий из горных пород. Определение сопротивления истираемости по показателю микро-Деваль»;
9. ГОСТ 33029-2014 «Щебень и гравий из горных пород. Определение гранулометрического состава».

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ С ПОМОЩЬЮ СП 20.13330.2016 "НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ" И ЕВРОКОДА ТКП EN 1991

*Чумичева Марина Михайловна, заведующий кафедрой инженерных конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ИМВХС имени А.Н. Костякова*

**Аннотация:** Проведены расчеты по определению величины снеговой нагрузки по российским и европейским нормам, выявлены совпадения и различия в подходе к данному расчету. Проанализированы сущность и значения вводимых коэффициентов надежности и условий работы, влияние повышения учитываемой нагрузки на характеристики объекта.

**Ключевые слова:** снеговая нагрузка, свод правил (СП), Еврокод, коэффициент надежности, коэффициент окружающей среды, коэффициент температурный, термический коэффициент, здания, сооружения.

Одним из важнейших факторов, определяющих прочность и надежность сооружения, является корректное определение снеговой нагрузки при его расчете. В России, большинство территорий которой характеризуется долгой и продолжительной зимой, эта проблема весьма актуальна. За последние годы все чаще в прессе появляются новости о том, что происходят обрушения крыш на строениях промышленного и гражданского назначения.

Строительные нормы уделяют этому вопросу большое внимание. Стремясь максимально точно учесть значения возникающих снеговых нагрузок, практически в каждую новую редакцию СНиП, а теперь СП, вносятся изменения и уточнения по расчету этих нагрузок и воздействий. Редакции СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*» и СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*» содержат существенные различия в правилах определения снеговой нагрузки.



Рисунок 1 - Обрушения кровли вследствие повышенной снеговой нагрузки

Кроме того, развивающаяся интеграция во всех сферах деятельности и, в частности, в строительстве предполагает определенную гармонизацию требований и подходов к решению обозначенной проблемы. Тем более, что многие страны, бывшие республики СССР, такие как Беларусь, Казахстан и другие, в своей строительной деятельности опираются на общеевропейские нормы – Еврокоды.

В связи с этим был произведен расчет по определению величины снеговой нагрузки на покрытие по российским и европейским нормам. В целях обеспечения достоверности расчета для сравнения были рассмотрены два совершенно идентичных небольших промышленных здания с односкатными пологими покрытиями, с аналогичными характеристиками типа местности и высотой местности над уровнем моря. Расчет по европейским нормам был проведен по Национальному Приложению Республики Беларусь.

Определению величины снеговой нагрузки посвящён раздел 10 действующего на территории РФ СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*», а для стран, Членов Европейского Комитета, выделена специальная часть 1-3 ТКП EN 1991 Еврокод 1 совместно с Национальным Приложением №2, введённым в 2015 году.

Следует отметить, что для определения нормативного значения снеговой нагрузки на горизонтальную проекцию покрытия в СП 20.13330.2016 и ТКП EN 1991-1-3-2009 приведены практически одинаковые формулы, отличающиеся лишь величиной вводимых коэффициентов:

СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» [1]:

$$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g \quad (1)$$

где:

$c_e$  – коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов;

$c_t$  – термический коэффициент;

$\mu$  – коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие;

$S_g$  – нормативное значение веса снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли.

ТКП EN 1991-1-3-2009 [3]:

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (2)$$

где:

$\mu_i$  – коэффициент формы снеговых нагрузок;

$C_e$  – коэффициент окружающей среды;

$C_t$  – температурный коэффициент;

$s_k$  – характеристическое значение снеговых нагрузок на грунт.

По СП 20.13330.2016 вес снегового покрова на 1 м<sup>2</sup> горизонтальной поверхности земли для площадок, расположенных на высоте не более 1,5 км над уровнем моря, принимается в зависимости от снегового района по карте 1 при-

ложения Е и таблице 10.1 [1]. Нормативное значение веса снегового покрова для принятого района строительства в соответствии с СП  $S_g = 1.0$  кПа.

По Национальному Приложению для Республики Беларусь [4] ТКП EN 1991-1-3-2009 выделяют три снеговых района, каждый из которых разделён ещё на несколько подрайонов и величину снеговой нагрузки определяют с учётом высоты над уровнем моря по формулам, приведенным в таблице 1:

Таблица 1

**Характеристические (нормативные) значения снеговой нагрузки на грунт в зависимости от высоты местности над уровнем моря А**

Номер снегового района Number of snow region	Подрайон Subregion	Снеговая нагрузка $s_k$ , кПа, для местности с высотой над уровнем моря А, м Snow load $s_k$ , kPa, for altitude A, m
1	1а	$s_k = 1,35$
	1б	$s_k = 1,35 + 2,20 \cdot (A - 155)/100$
	1в	$s_k = 1,35 + 0,38 \cdot (A - 140)/100$
2	2а	$s_k = 1,45 + 0,6 \cdot (A - 125)/100$
	2б	$s_k = 1,45 + 0,6 \cdot (A - 150)/100$
	2в	$s_k = 1,45 + 0,6 \cdot (A - 210)/100; s_k \geq 1,0$
3	3	$s_k = 1,55$

По условиям расчета снеговой регион относится к подрайону 1б. Высота над уровнем моря - 140 м. Тогда характеристическое значение снеговых нагрузок на грунт  $s_k = 1,02$  кПа.

Коэффициент, учитывающий снос снега с покрытий зданий под действием ветра или иных факторов  $c_e$  по СП принимается в соответствии с п. 10.5-10.9 [1]. Согласно п. 10.6 в расчете  $c_e = 1,0$ .

Коэффициент окружающей среды  $C_e$  по ТКП EN [3] и Изменениям в НП Беларуси [4] принимается  $C_e = 1,0$ .

Термический коэффициент [1]  $c_t$  применяется для учёта понижения снеговых нагрузок на покрытия с высоким коэффициентом теплоотдачи вследствие таяния, вызванного потерей тепла. Для цехов, заводов и других объектов с избытком тепла и неутеплённой крышей  $c_t = 0,8$ . Для всех остальных случаев  $c_t = 1$ .

Температурный коэффициент  $C_t$  [3] учитывает те же условия работы и имеет те же значения, что и в российских нормах.

Снег на крышах лежит неравномерно. Он может сползать, таять, его сдувает ветром, за выступами и парапетами образуются сугробы и т.д. В расчётах необходимо учитывать все эти явления и факторы в наиболее неблагоприятных сочетаниях. Коэффициент перехода от веса снегового покрова земли к снеговой нагрузке на покрытие  $\mu$  согласно СП 20.13330.2016 принимается согласно Приложению Б [1].

Для односкатных, двухскатных и купольных покрытий этот коэффициент, в зависимости от угла ската  $\alpha$ , лежит в диапазоне:

- Если уклон покрытия  $\alpha \leq 30^\circ$ , то  $\mu = 1$ ;
- Если уклон покрытия  $\alpha \geq 60^\circ$ , то  $\mu = 0$ ;

Все промежуточные значения определяют линейной интерполяцией.

При наличии ходовых мостиков или аэрационных устройств по коньку покрытия, значение коэффициента перехода изменяется, т.к. эти устройства способствуют удержанию снега и образованию сугробов. Схема определения коэффициента  $\mu$  приведена на рис. 2.

При угле от  $10^\circ$  до  $30^\circ$  с подветренной стороны  $\mu = 0,6$ , за коньком до середины ската  $\mu = 1,4$ , на оставшейся части ската  $\mu = 0$ ,

При угле от  $10^\circ$  до  $30^\circ$  с подветренной стороны  $\mu = 0,6$ , за коньком до середины ската  $\mu = 1,4$ , на оставшейся части ската  $\mu = 0,6$ .

В проведенном расчете коэффициент  $\mu = 1,0$ .

Коэффициент формы снеговых нагрузок  $\mu$  по ТКП EN для односкатных покрытий принимается:

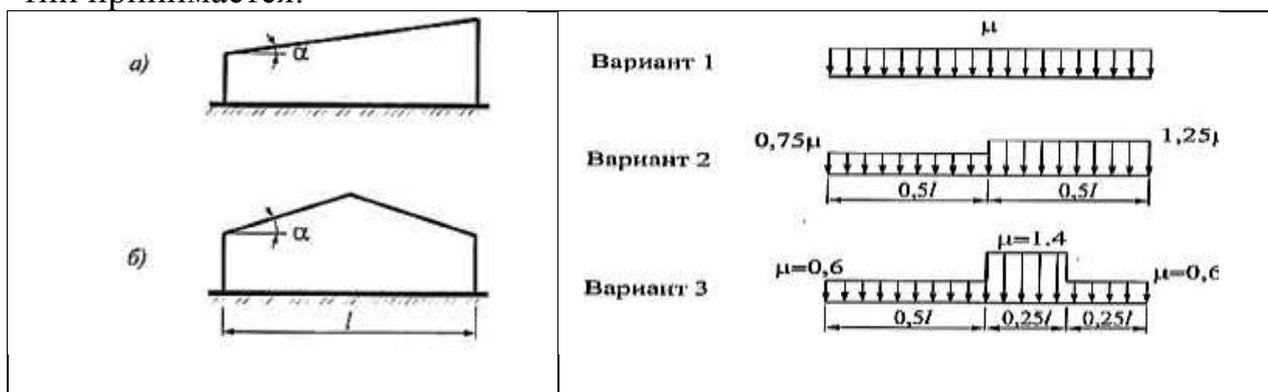


Рисунок 2 - Схема определения коэффициента  $\mu$

Если уклон покрытия  $\alpha \leq 30^\circ$ ,  $\mu = 0,8$ ;

Если уклон покрытия  $\alpha \geq 60^\circ$ ,  $\mu = 0$ .

Все промежуточные значения определяют линейной интерполяцией.

Для двускатных и многопролетных покрытий коэффициент  $\mu$  определяется в соответствии с п.п. 5.3.3 и 5.3.4 [3].

В проведенном расчете коэффициент  $\mu = 0,8$ .

Расчеты прочности строительных конструкций методом предельных состояний ведутся на расчетные нагрузки, которые определяются путем введения коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma_f$  к нормативным нагрузкам, в частности снеговым. Т.е.  $S = \gamma_f \cdot S_0$ . Аналогично определяются нагрузки в европейских нормах. В СП 20.13330.2016, действующим на территории РФ [5],  $\gamma_f = 1,4$ . В ТКП EN 1991-1-3-2009 [2] коэффициент надежности  $\gamma_f = 1,5$ .

Таким образом,  $S = \gamma_f \cdot c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g = 1,4 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 = 1,12$  кПа

$S = \gamma_f \cdot \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 1,5 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,02 = 0,98$  кПа.

### Выводы

Проведенный пример расчета показывает, что подход к расчету величин в Еврокоде и в СП одинаков. Величины снеговых нагрузок зависят от одних и тех же параметров — геометрии кровли, климата на территории, плотности застройки. На основании анализа сравнительных расчетов по определению величины снеговой нагрузки по российским и европейским нормам можно сделать вывод, что значение снеговой нагрузки в рассматриваемом примере, полученное по СП 20.13330.2016, несколько больше значения, рассчитанного по Еврокоду 1 ТКП EN 1991-1-3-2009. Соответственно запас прочности и надежности

у здания, спроектированного согласно СП будет выше. Однако, это делает конструкцию более материалоемкой. Вместе с тем, коэффициенты для других условий работы, для условий другой местности и т.д. могут существенно отличаться от полученных в расчете. Ряд коэффициентов в европейских нормах определяются более точно для конкретного места строительства. Кроме того, нельзя не учитывать, что Еврокоды содержат ссылки на значительное число поддерживающих стандартов (стандарты на материалы, методы испытаний, производство работ и пр.), требующих изучения, что усложняет внедрение их в строительную практику России. Однако введение европейских норм, осуществляемое в настоящее время в некоторых странах, бывших республиках СССР, несомненно требует внимательного изучения теоретического и практического опыта их применения.

### **Библиографический список**

1. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. – М., Минстрой России, 2017.
2. Гульванесян Х. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 1: воздействия на сооружения /Гульванесян Х. и др. – М., Изд. МИСИ – МГСУ. 2012. – 344 с.
3. ТКП EN 1991-1-3-2009 (02250) Еврокод 1. Воздействия на конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки. – Минск, Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. 2009
4. Изменение № 2 / ОР ТКП EN 1991-1-3-2009 (02250). – Минск, Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. 2015.
5. Насонов, С.Б. Руководство по проектированию и расчету строительных конструкций. В помощь проектировщику 5-е издание/ С.Б. Насонов. – М., Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2019 г. – 816 с.

УДК 69.035.4

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТПОРА ГРУНТА НА РАБОТУ ПОДЗЕМНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ**

*Ксенофонтова Татьяна Кирилловна, доцент ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова*

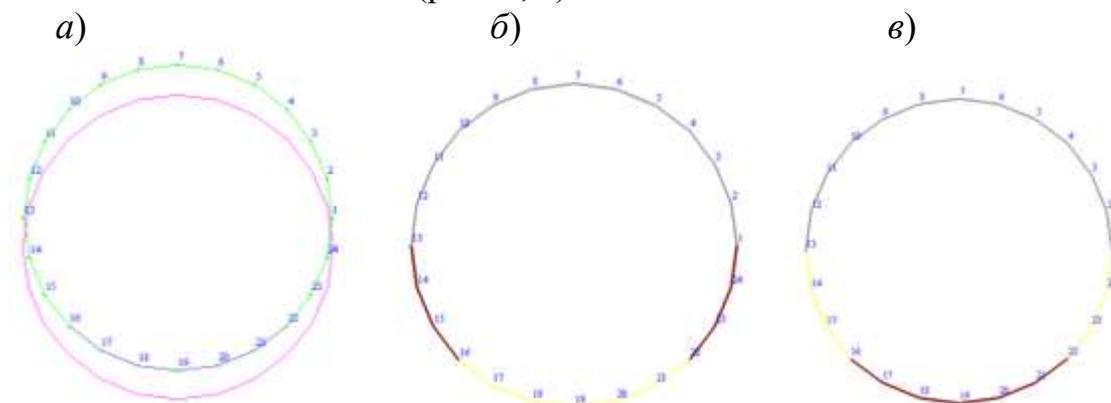
***Аннотация:** в ходе исследований было получено, что для железобетонных труб больших и средних диаметров учет реактивного отпора грунта, возникающего при деформации оболочки трубы, оказывает значительное влияние на внутренние усилия и, следовательно, армирование труб.*

***Ключевые слова:** Железобетонные трубы, реактивный отпор грунта, внутренние усилия в оболочке трубы.*

Укладка подземных железобетонных труб часто производится на спрофилированное грунтовое основание или фундамент в насыпи обратной засыпки, выполненной из песчаного грунта. При расчете подземных железобетонных труб считается, что они являются жесткими конструкциями, их деформации малы и, следовательно, влияние отпора грунта на работу труб невелико. Однако, в безнапорных и низконапорных трубах большого и среднего диаметров возникают деформации, которые могут вызвать заметное влияние отпора грунта на внутренние усилия, особенно при образовании трещин в их оболочке. Учет отпора грунта при расчете снижает внутренние усилия в оболочке труб, что может привести к экономии арматуры.

Исследование этого вопроса проводилось на примере расчета трубы диаметром 1000 мм, уложенной на спрофилированное грунтовое основание, сложенное суглинками с углом охвата  $90^{\circ}$ . Грунт обратной засыпки – мелкозернистый песок с коэффициентом пористости 0,65 и модулем деформации  $E_0 = 28$  МПа. Глубина заложения – 3 м.

Расчет проводился для расчетного участка трубы длиной 1 м в условиях плоско-деформированного состояния с использованием ПК «ЛИРА-САПР 2018», в котором реализована модель грунтового основания с двумя коэффициентами постели П.Л. Пастернака по методике, предложенной автором этой статьи [2]. Расчет выполнялся в следующей последовательности. Вначале проводился расчет трубы без учета отпора грунта в зоне обратной засыпки. В зоне опирания трубы на грунтовое основание отпор грунта учитывался. В ходе расчета вычислялись перемещения оболочки трубы в грунтовом массиве и определялись участки оболочки, перемещения которых направлены в сторону грунта (рис.1, а). Для этих участков определялось среднее давление грунта, направленное по нормали к оболочке трубы. На основе полученных значений давления грунта с помощью ПК «ЛИРА-САПР 2018» вычислялись значения коэффициентов постели для параметров реактивного отпора грунта, направленного по нормали к оболочке трубы  $C_1$  (рис. 1, б), и реактивного давления грунта, направленного по касательной  $C_2$  (рис. 1, в).



**Рисунок 1 – Деформации кольца подземной трубы (а), распределение коэффициентов постели по окружности оболочки трубы:**

б) по нормали к оболочке трубы  $C_1$ ; в) по касательной к оболочке трубы  $C_2$

Затем расчет выполняется повторно. На основе полученных внутренних усилий в трубе определялись зоны образования трещин по [1] из условия

$$M > M_{crc}, \quad (1)$$

где  $M$  – изгибающий момент в расчетном сечении;

$M_{crc}$  – момент трещиностойкости расчетного сечения с учетом влияния момента от продольного усилия относительно точки ядра сечения наиболее удаленной от растянутой зоны.

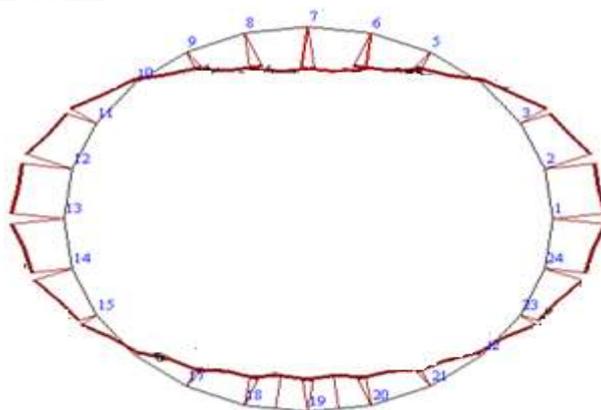


Рисунок 2 – Эпюра изгибающих моментов в кольце трубы

Таблица 1

Изгибающие моменты в трубе диаметром 1000 мм, кН·м/м

№ расчета	Вид расчета	Сечение трубы		
		шельга	лоток	боковое сечение
1	Без учета трещин и отпора грунта	5,567	6,174	5,978
2	С учетом трещин, но без отпора грунта	4,754	4,892	5,820
3	Без учета трещин и с учетом отпора грунта	4,104	3,156	4,037
4	С учетом трещин и отпора грунта	2,215	3,679	4,598

Для зон оболочки трубы с трещинами производилось определение новых жесткостей сечений, и расчет повторяется вновь. На рис. 2 приведена расчетная эпюра изгибающих моментов в оболочке трубы, а в табл. 1 – изменение изгибающих моментов за счет учета влияния отпора грунта и образования трещин.

Как видно из табл. 1, учет отпора грунта приводит к уменьшению изгибающих моментов в оболочке трубы. Так в шельге трубы за счет отпора грунта изгибающий момент уменьшился на 26,39%, в лотке – на 48,78%, а в боковом сечении – на 32,44%. Аналогичный результат был получен автором в [3], а также С.В. Виноградовым в [4].

Как показали расчеты, за счет уменьшения величины изгибающих моментов в опасных сечениях изменились зоны образования трещин в оболочке трубы, они уменьшились. При учете отпора грунта трещины имеются только в зоне шельги трубы. Образование трещин в трубе ведет к изменению распределения жесткостей по кольцу трубы, и ввиду этого возникает дополнительно уменьшение в опасных сечениях внутренних усилий. Так при эксплуатации, из-

гибающий момент в шельге с учетом перераспределения усилий при образовании трещин и отпора грунта составляет 2,215кНм/м. Изменение момента составило 60,2%. Аналогичные результаты получены и в других характерных сечениях трубы: в лотке момент уменьшился соответственно на 40,4%; в боковом сечении трубы – на 23,1%.

После учета перераспределения усилий от вышеуказанных факторов форма эпюры изгибающих моментов изменилась. Если без учета этих факторов опасным сечением с максимальным изгибающим моментом являлось сечение в лотке, то после учета перераспределения усилий опасным сечением стало боковое сечение.

### **Библиографический список**

1. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. – М.: ФАУ «ФЦС», 2013. – 155 с.
2. Ксенофонтова, Т.К. Методика учета влияния реактивного отпора грунта при расчете подземных железобетонных труб/ Т.К. Ксенофонтова // Научно-технический вестник Поволжья, № 4, 2016, с. 80 – 82.
3. Ксенофонтова, Т.К. Расчет подземных железобетонных труб с учетом цилиндрической анизотропии по методу функциональной аппроксимации расчетных параметров (МФА) / Т.К. Ксенофонтова // Научно-технический вестник Поволжья, № 8, 2019, с. 77 – 79.
4. Виноградов, С.В. Влияние упругого отпора грунта на прочность подземной железобетонной трубы / С.В. Виноградов // Труды / МГМИ. – М., 1979, т. 64, с. 59 – 65.

УДК 666.965

## **СИЛИКАТНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ ВЧЕРА И СЕГОДНЯ**

*Клюев Александр Николаевич, доцент кафедры инженерных конструкций, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Атабиев Исхак Жафарович, доцент кафедры гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация: Приведен 120-ти летний исторический обзор становления и развития российской силикатной промышленности.*

*Ключевые слова: силикатный кирпич, силикатобетонные изделия, силикальцит, цветной кирпич, силикатные блоки, газобетон.*

Основным компонентом силикатного кирпича (85 — 90% по массе) является песок. Известь является второй составной частью сырьевой смеси, необходимой для изготовления силикатного кирпича. Сырьем для производства извести являются известняк плотный, известняковый туф, известняк-

ракушечник, мел, мрамор и другие карбонатные породы. Вода — третья составная часть. Её применяют на всех стадиях производства: при гашении извести, приготовлении силикатной массы, прессовании и запаривании кирпичасырца, получении технологического пара, который производится в котельных.

Российской силикатной промышленности более 120 лет. Россия является одной из первых стран в мире, где началось массовое производство силикатного кирпича. Датой рождения силикатной промышленности считается 1897 год. Первые пять заводов силикатного кирпича были построены к 1899 году, а к 1901 году таких заводов было уже 9 и выпускалось 15 миллионов штук кирпича в год. В 1912 году в России уже работали 40 заводов с годовым выпуском 85,1 млн штук кирпича. Предприятия того времени были оборудованы гасильными барабанами, смесителями, мельницами, прессами, автоклавами и паровыми иностранными котлами [1].

Развитие силикатной промышленности проходило в острой конкуренции с производством глиняного кирпича. Отдельные неудачи некоторых заводов силикатного кирпича приписывались всей отрасли. Научные исследования и возрастающий выпуск силикатной продукции постепенно развеяли недоверие к новой отрасли производства. К концу 20-х годов объем производства составлял 400 млн штук кирпича ежегодно. В становление и развитие силикатного производства в 1900-1910 гг. внесли исследования В.И. Курдюмова, А.А. Байкова, К.Г. Дементьева и других ученых.

Индустриализация страны и бурное развитие промышленности обусловили и без того высокую потребность в доступных и качественных строительных материалах. Силикатный кирпич идеально подходил для этих целей. В 1929-1931 гг. было построено еще более 20 заводов мощностью 40 млн штук кирпича в год. В 1940 году выпуск силикатного кирпича в СССР достиг 1 млрд штук, что составило 12% к общему выпуску кирпича.

ГОСТ 379-41 «Кирпич силикатный [известково-песчаный]» - первый государственный стандарт на силикатный кирпич. Предполагался выпуск кирпича только одного размера 250x120x65 мм, с морозостойкостью 15 циклов. Цвет светло-серый, почти белый.

В годы Великой Отечественной войны наблюдался естественный спад производства. Многие заводы перешли на выпуск продукции военного назначения. Некоторые заводы были эвакуированы за Урал.

В послевоенный период значительный вклад в развитие отрасли внесли работы А.В. Волженского, П.П. Будникова, Ю.М. Бутга, П.И. Боженова, Л.М. Хавкина и др. В СССР вопросами добавок молотого песка первым детально занимался профессор В.П. Некрасов. До конца 60-х гг. СССР удерживал лидерство в науке благодаря РОСНИИ местных строительных материалов, в последующем ВНИИстром имени П.П. Будникова.

В 1948-1949 гг. Йоханес Хинт, лауреат Ленинской премии, занимаясь улучшением технологии и качественных свойств силикатного кирпича, обосновал и доказал на практике целесообразность механической активации песка и извести методом свободного удара и получения искусственных камней без ис-

пользования цемента. В результате появился новый строительный материал – силикальцит. Он качественно превышал бетон по всем строительно-техническим показателям и был вдвое дешевле. Сначала из силикальцита делали небольшие изделия: черепицу, трубы, перемычки. В дальнейшем из известково-песчаной массы изготавливались блоки, ступени, подоконники и другие строительные детали. Таллинский завод освоил выпуск полных комплектов крупноразмерных деталей для одноэтажных домов с мансардой, которых смонтировано более 150, общей площадью 9 тыс. кв. м.

В течение 1957 года было построено и пущено 15 цехов и заводов: при Кировском и Ижорском заводах в Ленинграде, Ликино, Барнауле, Пензе, Ташкенте, Комсомольске-на-Амуре и других.

В 1957-1962 гг. в СССР в массовом порядке стали монтировать 4-, 5-этажные жилые дома. Из силикальцита в 60-х годах были построены целые города. По методу Хинта возвели дома в Эстонии, Перми и многих других регионах тогдашнего СССР. Производство крупноразмерных изделий из силикатных бетонов в 1965 году составляло 1,4 млн куб. м. В СССР работало более 40 заводов силикальцитных изделий большой и средней мощности. Лицензии на производство силикальцита проданы в Италию, Австрию, Японию, Бразилию, Судан и Финляндию [1].

Цветной силикатный кирпич начали выпускать на рубеже 40-50-х гг. вводя в его состав охру, сурик, окись хрома, ультрамарин и другие минеральные красители. Красители вводили в массу после гашения, смесь обрабатывали на бегунках, после чего прессовали.

В 50-х гг. запущено 40 силикатных заводов мощностью 60 млн штук кирпича в год, оснащенных отечественным оборудованием.

В 1957 г. по результатам научных исследований была предложена технология производства с применением известково-кремнеземистого вяжущего. В дальнейшем данная технология была внедрена повсеместно на всех производствах, что позволило в значительной мере улучшить качество кирпича. Для производства вяжущего стали использовать многие виды промышленных отходов, например, шлаки черной и цветной металлургии, золу-унос, золы ТЭС, нефелиновый шлам, отходы асбестовой промышленности.

В конце 50-х гг. в нашей стране наметилось отставание в технике от западных стран, где началось внедрение гидравлических прессов. Процесс формования является наиболее сложным и уязвимым в плане технологии. К 90-м годам это отставание стало катастрофическим.

Более 20 заводов мощностью 120 млн штук кирпича построено в начале 60-х. В них были предусмотрены весовые дозаторы непрерывного действия, проходные автоклавы и автоматы-укладчики сырца. Применение автоматов укладчиков позволило избавиться от ручного съема сырца с прессов и укладки его на вагонетки, решен вопрос механизации наиболее трудоемкого процесса, заняты на котором были преимущественно женщины. Большинство заводов в этот период переводились на газ.

Также в начале 60-х гг. освоен выпуск полуторного и пустотелого кирпича. Многие заводы осуществили переход на утолщенный кирпич формата 250x120x88 мм, тогда он назывался модульным. В некоторых областях из-за жалоб каменщиков опять вернулись к одинарному формату, но к середине десятилетия вновь стали выпускать кирпич высотой 88 мм. В соответствии с ГОСТ 379-69 модульный кирпич следовало изготавливать с технологическими пустотами, весом не более 4 кг. С 1945 по 1965 год производство силикатного кирпича выросло в 15 раз. В 1965 году в СССР насчитывалось 108 силикатных заводов. Во второй половине 60-х гг. мощность вводимых заводов выросла до 200 млн штук кирпича в год [1,2].

В 70-е гг. построено 20 заводов на оборудовании Польши годовой мощностью 100 млн штук, 13 из них располагалось в РСФСР. В начале 70-х на некоторых заводах освоен выпуск поверхностно окрашенного кирпича. Салатовый цвет получали окунанием в раствор медного купороса, терракотовый – в раствор гидрата окиси железа. На Краснопресненском, Люберецком, Бежицком и Ярославском заводах проводились эксперименты по изготовлению кирпича объемного окрашивания, с применением неорганических пигментов и отходов различных производств. В 1975 году на заводах, применяющих польские прессы, организовано производство пустотелых камней размерами 250x120x138 мм и его включили в ГОСТ 379-79. В 1975 году выпуск силикатного кирпича составил 17,5 млрд штук, но в связи с ширококомнатным крупнопанельным домостроением с конца 70-х началось замедление и стагнация в отрасли [1, 2].

В 1981 г. на Любомирском известково-силикатном заводе введена в действие экспериментальная технологическая линия для окраски кирпича полимерными красками, производительностью до 3 млн штук условного кирпича в год.

В конце 80-х гг. в СССР на 180 заводах силикатного кирпича ежегодно производилось около 14,3 млрд штук условного кирпича, что составляло 16% всех применяемых в стране стеновых материалов. Заводы силикатного кирпича располагались во всех союзных республиках. Наибольшее развитие его производство получило в РСФСР (108 заводов), Белоруссии, на Украине, в Казахстане и Прибалтийских республиках. Большинство предприятий было построено по типовым проектам Союзгипрострома. Порядка 60% заводов в Советском Союзе, в отличие от западных стран, строились и работали по полному циклу, т.е. имели свое производство извести.

Глубина отсталости имеющегося оборудования, прежде всего прессов, обусловила отсталость всей силикатной промышленности. В СССР на протяжении десятилетий занимались незначительными усовершенствованиями архаичного механического прессы.

С 1950 по 1992 г. Советский Союз прочно удерживал первое место в мире по производству силикатного кирпича.

В 1990-1991 гг. силикатный кирпич в СССР производился в количестве примерно 15 млрд штук в год, едва уступая по объему применения глиняного кирпича. В современной России это соотношение несколько изменилось в

пользу керамических изделий, сейчас доля силикатных изделий составляет примерно 25% всех применяемых стеновых материалов.

С распадом Советского Союза начался спад строительства и, как следствие, - производства силикатного кирпича. К 2001 году производство по стране сократилось в 2,8 раза – до 3,6 млрд штук. Прекратили свое существование все подмосковные заводы. Научные изыскания прекратились. ВНИИСтром пришел в упадок, Таллинн оказался за границей. Лидерство в научно-исследовательской области было утеряно.

На рубеже XXI столетия начинается активное перевооружение заводов, предприятия направляют усилия на модернизацию технической базы. Заводы приобретают немецкие прессы, часто бывшие в употреблении. Немецкое оборудование позволяет выпускать более качественную продукцию, чем отечественное [1,2].

С начала 2000-х гг. начинается массовое производство цветного кирпича объемного окрашивания с использованием железистоокисных пигментов и технического углерода. Спросом пользуются желтый и серый цвета. На доморощенных установках начинается производство колотого и рустированного кирпича. В дальнейшем кустарное оборудование заменено на специализированное для изготовления декоративного кирпича фабричного исполнения, как правило, импортное.

Начиная с 2003 года, по всей стране наблюдался рост выпуска кирпича. В 2008 году выпуск продукции составил без малого 5 млрд штук условного кирпича. В 2009-м было падение объема суммарного производства до 2,64 млрд штук, но уже со следующего года началось восстановление.

Сейчас на большинстве заводов установлены гидравлические прессы из Германии. Предприятия начинают активно приобретать новое смесительное оборудование, главным образом импортное. Что касается упаковки, в отличие от европейских заводов, оснащенных упаковочной линией на 100%, в нашей стране только треть предприятий имеют упаковочное оборудование, как правило, импортное. Весь комплекс отечественного оборудования сегодня изготавливает Челябинское предприятие «Инвест-технология».

С 2015 года наблюдается устойчивое падение выпуска всех стеновых материалов, в том числе силикатных изделий. Кризисная ситуация в экономике и строительстве привела к падению спроса на продукцию и банкротству предприятий. В 2014 насчитывалось 75 заводов, было произведено 3,85 млрд штук условного кирпича, в 2015-м – 72 завода. В 2016 году совокупный выпуск составил 2,22 млрд штук. По итогам 2018 г. доля силикатного кирпича в общей структуре потребления штучных стеновых материалов снизилась до 13%, потребление газосиликата выросло до 44%. Падение объемов выпуска силикатного кирпича наблюдалось во всех федеральных округах, за исключением Северо-Кавказского и Уральского.

На сегодняшний день насчитывается 67 постоянно действующих силикатных заводов. Передовые заводы переориентируются на выпуск новых видов

продукции – силикатных блоков, плит перегородочных и газобетона, который является наиболее востребованным стеновым материалом в России [3].

### **Библиографический список**

1. Корнев М.В. История производства силикатного кирпича в России//Спецвыпуск Белый камень. 2017. №3. С.6-13.
2. Барина Л.С., Куприянов Л.И., Миронов В.В. Силикатный кирпич в России: современное состояние и перспективы развития//Строительные материалы. 2008. №11. С.4-9.
3. Семёнов А.А. Силикатный кирпич и газосиликат. Некоторые тенденции рынка в 2018–2019 гг. // Строительные материалы. 2019. № 8. С. 3–5.

УДК 541.64:539.2

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛОУГЛОВОГО РАССЕЙЯНИЯ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРОВ**

*Ханчич Олег Алексеевич, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Забродин Владимир Григорьевич, доцент кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Рассмотрена возможность определения структурных параметров оптически анизотропных структур в гибко - и жесткоцепных полимерах с помощью поляризационно-оптических методов. Приведены соотношения, позволяющие рассчитать размеры и среднеквадратичный угол разориентации наиболее распространенных форм надмолекулярной организации полимеров: сферолитов и стержнеподобных структур. Получены соотношения, связывающие форму и размеры рассеивающих элементов.

**Ключевые слова:** жидкие кристаллы, морфология, сферолиты, жидкокристаллическое (ЖК) состояние, надмолекулярная структура.

Механические, а также другие физические (в том числе и потребительские) свойства полимеров зависят от их молекулярного строения и передаются через их надмолекулярную организацию. Под надмолекулярную организацией понимается внутренняя структура, размеры, форма, взаимное расположение в пространстве и характер взаимодействия между структурными элементами, составляющими полимерное тело [1,с.44]. При этом обычно рассматриваются вопросы структурной организации на "оптическом" масштабном уровне, так как надмолекулярные структуры часто имеют "правильную" форму и определенные геометрические размеры, сопоставимые с длиной волны видимого света [2]. Для изучения таких оптически анизотропных надмолекулярных структур наиболее часто используют поляризационно-оптические методы, которые непосредственно "настроены" на оптическую анизотропию структуры и ее морфологию. Наиболее удобным и информативным из таких методов является

малоугловое рассеяние поляризованного света (МРПС) [3]. Наши работы в этом направлении продолжают исследования, в основном, российских (С.Я. Френкель с сотрудниками) и американских (Р.С. Стейн с сотрудниками) [4] ученых по развитию метода МРПС применительно к полимерным системам.

Одними из основных форм надмолекулярной организации гибкоцепных и жесткоцепных полимеров являются соответственно сферолиты и стержнеподобные структуры. Размеры сферолитов могут быть определены микроскопически и по данным малоуглового рассеяния поляризованного света (МРПС). При микроскопических исследованиях размеры вычисляются путем усреднения результатов по 10 - 15 последовательным измерениям. Показано, что с помощью МРПС можно вычислить среднедифракционный радиус сферолита по формуле:

$$R = C \lambda / \pi (\sin \Theta_{max} / 2), \quad (1)$$

где  $C=2,05$  для модели шара;  $1,95$  для модели диска;  $2,25$  для неплотно упакованных сферолитов;  $\Theta_{max}$  – максимум радиального угла рассеяния, измеряемый на четырехлепестковой дифрактограмме (рис.1,б), имеющей вид «мальтийского» креста, характерного для неориентированных сферолитов, при азимутальном угле  $\mu = 45^0$ ;  $\lambda = 6328 \text{ \AA}$  (длина волны гелий-неонового лазера) [5].

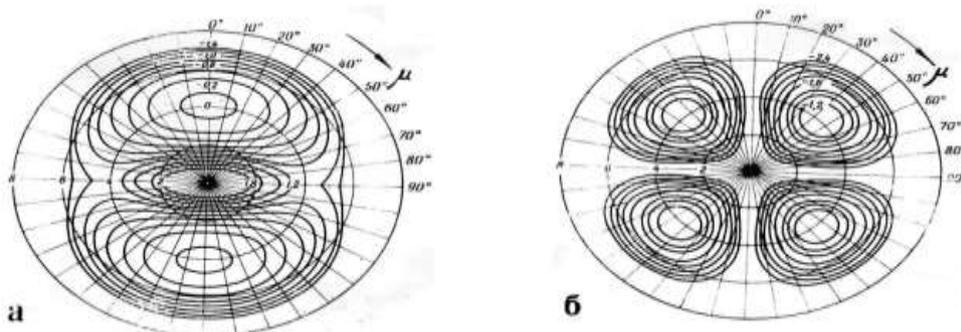


Рисунок 1 - Распределение интенсивности рассеяния при  $V_v$  (а) и  $H_v$  (б) поляризации для недеформированных сферолитов.

Стержнеподобные частицы также могут иметь четырехлепестковую форму  $H_v$  картины рассеяния, однако с монотонно убывающей интенсивностью по радиальному углу  $\Theta$  при азимутальном угле  $\mu = 45^0$ , что характерно для холестерических жидких кристаллов (ЖК). Размеры таких стержнеподобных структур предпочтительно вычислять по азимутальным углам  $45^0$  и  $0^0$  на экспериментально определяемой, путем фотометрирования, распределении интенсивности  $H_v$  дифрактограммы.

$$(I_{Hv})_{dif} = | I_{Hv}(\mu = 45^0) - I_{Hv}(\mu = 0^0) | \quad (2)$$

Показано, что для достаточно больших  $\Theta$

$$(I_{Hv})_{dif} \sim \exp(-h^2 R_q^2 / 2) U^{-1} \cos^4 \Theta / 2, \quad (3)$$

где  $h = (2\pi/\lambda) \sin \Theta / 2$ ,  $U = lh$ ,  $R_q$  - среднее сечение объемной частицы,  $l$  – длина частицы.

Зависимость  $(I_{Hv})_{dif} / \cos^4(\Theta/2)^2 \sim U^{-1}$  удовлетворительно выполняется, начиная с  $U \geq U^*$ , где

$$U^* = 4\pi(l/\lambda) \sin \Theta^* / 2 \quad (4)$$

Практически определение размеров частиц осуществляется следующим образом. Путем фотометрирования экспериментальных дифрактограмм или с помощью непосредственного измерения распределения интенсивностей стро-

ится график зависимости  $(I_{Hv})_{dif} / \cos^4 (\Theta/2)$  от  $U$ . По форме полученной кривой определяется момент начала выполнения обратно пропорциональной зависимости. Для этого значения  $U = U^*$ , используя соотношение (4), находят длину  $l$ . Расчет среднего сечения частиц выполняется из соотношения (3) путем построения графика зависимости  $\ln[h(I_{Hv})_{dif} / \cos^4 (\Theta/2)]$  от  $h^2$ .

Применение данного метода к расчету геометрических параметров стержней возможно только в том случае, если установлена с достаточной точностью природа рассеяния, т.к. в зависимости от модели величина  $U^*$  может изменяться. Для оптической модели в виде цилиндра со спиральной ориентацией эллипсоидов поляризуемости, при шаге закручивания спирали  $P \ll 20$  мкм, проведение таких расчетов также обосновано. Это обусловлено тем, что полученная нами ранее [2] формула

$$I_{Hv} \sim \int_0^{2\pi} (1/2 + \cos^2 2\alpha) F_I^2 (\Theta, \mu, \alpha) d\alpha \quad (5)$$

для + -типа рассеяния, отличается от используемых соотношений только постоянным слагаемым  $1/2$ , которое уничтожается при вычислении  $(I_{Hv})_{dif}$ . Определение размеров частиц по дифрактограммам переходного рассеяния не может быть осуществлено, так как в соотношение (5) входит сложная функция от  $\Theta$ . В этих случаях следует ограничиться менее точными микроскопическими оценками.

В случае эллиптических  $H_v$  и  $V_v$  картин рассеяния, характерных для ориентированных нематических мезофаз, вычисление длины  $l$  и диаметра  $d$  целесообразно проводить путем измерения углов в полуинтенсивностях  $H_v$  дифрактограмм при фотометрировании по двум осям эллипса ( $\mu=0$  и  $90^0$ ).

$$d=1,61/k \sin \Theta, (\mu=90^0); \quad (6) \quad l=2,78/k \sin \Theta (\mu=0^0) \quad (7).$$

Среднеквадратичный угол разориентации  $\langle c^2 \rangle^{1/2} = \sqrt{2} \{ (0,85 \mu)^{-2} [ \varphi(\exp \varphi/4 - 1/2)^{-1} + 1] - 3 \}^{-1/2}$  (8) можно определять путем измерения азимутальных углов рассеяния  $\mu_-$  и  $\mu_+$ , соответствующих полуинтенсивностям при фотометрировании в направлении  $\Theta = 10^0$   $H_v$  и  $V_v$  эллиптических картин рассеяния.

### Библиографический список

1. Френкель, С.Я. Дополнения редактора к кн. Г.М.Бартенева, Ю.В.Зеленева "Курс физики полимеров".- Л.: Химия, 1976.-С 287.
2. Ханчич, О.А. Анизотропные структуры в полимерах и их изучение методом малоуглового рассеяния поляризованного света. Монография. — М.: Издательство МТИ, 2014 - 124 с. ISBN 978-5-9905627-8-3, 124с.
3. Ханчич, О.А., Ларионов В.Б., Кузнецова С.А. Экспресс-метод исследования упаковочных полимерных пленок. Сборник научных трудов: Образовательная среда сегодня и завтра. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор Г.Г. Бубнов. 2013. С. 458-461.
4. Стейн, Р.С. Оптические методы исследования полимеров. //В кн.: Новейшие методы исследования полимеров. Под ред. Б.Ки. -М: Мир. 1966. -С.131-168.
5. Котов, Ю.И., Ханчич, О.А, Серков, А.Т., Цванкин, Л.Я. Рассеяние Релея-Ганса цилиндром со спиральной ориентацией эллипсоидов поляризуемости. //Оптика и спектроскопия. Т.40. N.3. 1976. - С.563-570.

## ОБРАЗОВАНИЕ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЫ В ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ СИСТЕМАХ

*Ханчич Олег Алексеевич, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

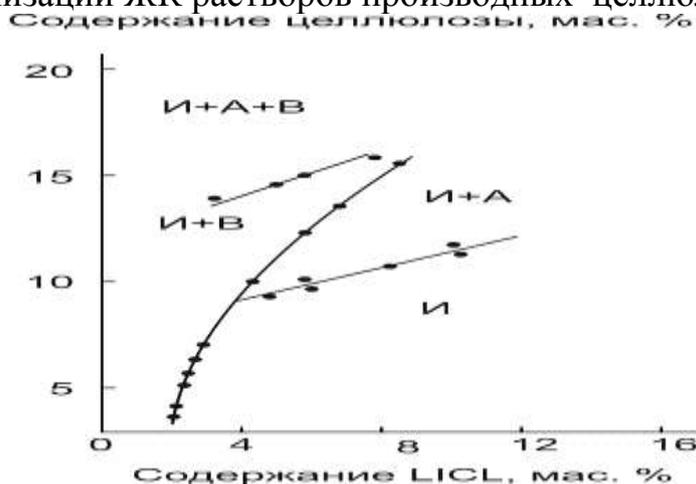
*Бирюков Алексей Леонидович, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Забродин Владимир Григорьевич, доцент кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Приведены результаты проведенных исследований по основным закономерностям перехода в ЖК состояние в концентрированных растворах целлюлозы и ее производных. Построен фрагмент фазовой диаграммы системы целлюлоза–диметилацетамид – LiCl.

**Ключевые слова:** полимеры, структурообразование, целлюлоза, ЖК состояние, структура.

Повышение концентрации жесткоцепных полимеров в растворах приводит во многих случаях к реализации ЖК состояния, которое определяет упорядоченность макромолекул в процессе формования и способствует получению высокопрочных волокон и пленок [1]. В то же время лишь незначительное количество публикаций посвящено исследованию структурно-морфологической организации ЖК растворов производных целлюлозы [2].



**Рисунок 1 - Участок диаграммы состояния системы целлюлоза–диметилацетамид – LiCl.**

И–изотропная фаза; А–анизотропная фаза; В–нерастворившееся волокно [3].

Выявленные закономерности фазовых переходов в ЖК системах на основе целлюлозы и ее производных в органических кислотах были использованы при изучении условий образования мезофазы в этих системах в технологически доступных растворителях. Обнаружено, что ацетаты целлюлозы могут переходить в

ЖК состояние в N-МП при концентрациях свыше 40%, что, вследствие высоких вязкостей растворов, затрудняет их переработку в волокна и пленки. Вследствие этого использовали менее концентрированные изотропные растворы диацетата целлюлозы (ДАЦ) в N-метилпирролидоне с низкокипящими растворителями с приемлемыми значениями вязкости. Формование в этих смешанных растворителях позволило перевести систему в ЖК состояние при испарении легколетучего компонента в процессе коагуляции. Обнаружено, что начиная с определенных скоростей течения холестерическая структура разрушается и растворы ацетатов целлюлозы становятся близки к нематическим ЖК. Фиксация такой упорядоченной структуры при испарении растворителя обуславливает возможность получения из ацетатных растворов высокопрочных волокон и пленок.

Исследовано структурообразование при переходе расплавов ДАЦ в твердую фазу при различном содержании связанной уксусной кислоты и пластификатора, а также под действием внешних полей различной природы. Обнаружено, что характерным для ЖК структуры оптическим эффектам в мезофазной области соответствует участок резкого уменьшения вязкости на кривых течения расплавов и значительное увеличение (в 2,5 раза) прочностных показателей пластифицированных пленок ДАЦ. Полнота ЖК переходов в таких системах зависит от соотношения удельных когезионных энергий полимера и пластификатора.

Полученные результаты показывают, что переход в ЖК состояние из изотропного раствора представляет собой весьма распространенное явление для производных целлюлозы и что при правильном выборе компонентов осадителя можно ожидать реализации этого эффекта для наиболее практически важного полимера - ксантогената целлюлозы (КЦ). Выбор условий осаждения для растворов КЦ был осуществлен с учетом общих рекомендаций, полученных при изучении процесса осаждения других полужесткоцепных полимеров и специфических требований, обусловленных химической нестабильностью ксантогената. Показано, что упомянутым требованиям в наилучшей степени удовлетворяют спирты и амидные растворители, которые обеспечивают достижение высоких концентраций полимера при фазовом распаде, одновременно предотвращая разложение ксантогената и кристаллизацию целлюлозы. Исследование фазового состояния целлюлозы в таких образцах, выполненные с привлечением комплекса экспериментальных методов, позволили утверждать, что в образующейся системе реализуется мезофаза холестерического типа.

Образование анизотропных структур при коагуляции вискозы в среде спиртов и амидных растворителей открыло возможность впервые для целлюлозы изучить зависимость механических свойств волокон и пленок от их надмолекулярной организации на "оптическом уровне". Это позволило получить принципиально новую информацию о факторах, влияющих на эффективность ориентационного упрочнения гидратцеллюлозных волокон и пленок, а также обосновать выбор оптимальных условий осаждения для получения высокопрочных волокон и пленок.

### Библиографический список

1. Khanchich O.A., Kuznetsova S.A. The main regularities of liquid crystal formation phases in systems based on synthetic and natural polymers. // 24th International Liquid Crystals Conference. Keystone. USA. Abstract. 2-7. –2006. – P.98.
2. Ханчич О.А., Голова Л.К., Бородина О.Е., Крылова Т.Б., Лошадкин Д.Е. Оптическая анизотропия и структура концентрированных растворов целлюлозы в N-метилморфолин-N-оксиде. //Изд.«Наука». Высокмолекулярные соединения. – 2001. Сер.А. Т.43. – №7. – С.1221-1227.
3. Диброва А.К., Ханчич О.А. Растворы целлюлозы в диполярных апротонных растворителях. Изд. «Наука». Высокмолекулярные соединения. – 2010. Сер. А. Т.52. – №12. – С. 2071–2077.

УДК 349.6:631.1:504.6

### К ВОПРОСУ О ПРАВОВОЙ РЕГЛАМЕНТАЦИИ ДЕЙСТВИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА

*Крашенинников Сергей Викторович, доцент кафедры Защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* Агропромышленное производство занимает большую территорию страны. Организацией деятельности по действиям в чрезвычайных ситуациях занимается Минсельхоз Российской Федерации совместно с МЧС.

*Ключевые слова:* чрезвычайные ситуации природного характера, комиссия по чрезвычайным ситуациям, Минсельхоз РФ, ликвидация чрезвычайных ситуаций

Агропромышленное производство охватывает большую часть территории страны, огромные территории находятся в зоне рискованного земледелия.

Чрезвычайные ситуации природного характера возникают постоянно, нанося серьезный ущерб агропромышленным предприятиям.

Основные природные угрозы, стабильно наносящие урон: землетрясения, сели, оползни, обвалы, наводнения, засухи, циклоны, смерчи, снежные заносы и лавины, длительные проливные дожди, сильные устойчивые морозы, обширные лесные и торфяные пожары, природные пожары; инфекционная заболеваемость людей; инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных; поражение сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями – все это, равно как и эпидемии, эпизоотии, массовое распространение вредителей сельского хозяйства, можно отнести к стихийным бедствиям.

Основной нормативно-правовой акт, регулирующий отношения в области защиты населения и территорий от ЧС, является федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 декабря 1994 года № 68-ФЗ. Он регламентирует полномочия

федеральных органов государственной власти, региональных органов государственной власти, органов местного самоуправления и организаций в данной области. Закон устанавливает, что в РФ специально уполномоченным федеральным органом государственной власти в области предупреждения и ликвидации ЧС является Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России).

Закон определяет порядок финансового и материального обеспечения мероприятий по защите населения и территорий от ЧС, который зависит от масштабов ЧС. Так, например, ликвидация ЧС, возникшей в границах (на территории) муниципального образования является расходным обязательством муниципального образования, а федерального и межрегионального характера – расходным обязательством РФ.

Кроме того, все органы государственной власти, местного самоуправления и организации России, в чью функцию входит предупреждение и ликвидация ЧС объединены в единую систему – единую государственную систему предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), имеющую свои координационные органы – Комиссии, органы управления, органы повседневного управления, дежурно-диспетчерские службы, действующие на различных уровнях – от федерального до объектового.

Деятельность РСЧС регулируется указанным федеральным законом и Положением, принятым Постановлением Правительства РФ в органах исполнительной власти создаются функциональные подсистемы РСЧС для организации работы в области защиты населения и территорий от ЧС в сфере деятельности этих органов.

Организацией деятельности по обеспечению в агропромышленном комплексе РФ единой политики по предупреждению и ликвидации ЧС природного и техногенного характера занимается отдел мониторинга, ликвидации и предупреждения чрезвычайных ситуаций Департамента растениеводства, химизации и защиты растений Минсельхоза.

В соответствии с Положением Департамента растениеводства, химизации и защиты растений Минсельхоза [1], в его функции входит: практическую реализацию возложенных на Министерство функций по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию, оказанию государственных услуг в сфере растениеводства (включая семеноводство, картофелеводство, овощеводство, плодоводство), безопасного обращения с пестицидами и агрохимикатами, защиты и карантина растений, селекционных достижений, плодородия почв, государственного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в агропромышленном комплексе и обеспечения химической и радиационной безопасности Российской Федерации в установленной сфере деятельности, а также в сфере государственного надзора за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники в Российской Федерации, технического и технологического обеспечения агропромышленного комплекса, а также

по управлению государственным имуществом подведомственных Министерству организаций, закрепленных за Департаментом.

Деятельность отдела мониторинга, ликвидации и предупреждения чрезвычайных ситуаций направлена на координацию деятельности функциональных подсистем единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций Министерства; организационно-техническое и информационное обеспечение работы Комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности Министерства, подготовку материалов по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности Министерства в агропромышленном комплексе в МЧС России для ежегодного государственного доклада о состоянии защиты населения и территорий РФ от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, организацию проведения агротехнических, агрохимических, агроэкологических, фитосанитарных мероприятий, а также иных мероприятий по обеспечению плодородия земель сельскохозяйственного назначения, включая земли, загрязненные вследствие радиационных аварий, работу в области защиты, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в сфере агропромышленного комплекса в пределах полномочий; проведение совместно с Российской академией наук, Федеральным агентством научных организаций и другими организациями научно-технического профиля изучения фитосанитарной обстановки с целью выработки рекомендаций по упреждению, локализации и ликвидации эпифитотий на территории РФ; государственный мониторинг плодородия земель сельскохозяйственного назначения; мониторинг карантинного фитосанитарного состояния территории РФ и определение сортовых и посевных качеств семян, предназначенных для посева на территории РФ, подготовке предложений о выделении средств на финансирование мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций в агропромышленном комплексе РФ из федерального бюджета, в том числе из резервного фонда Правительства РФ по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и последствий стихийных бедствий; проведении государственного мониторинга радиационной обстановки на территории РФ; установленном порядке во взаимодействии с органами государственной власти иностранных государств и международными организациями в установленной сфере деятельности Департамента, выполнении мероприятий по мобилизационной подготовке и мобилизации в соответствии с требованиями законодательства РФ, осуществлении законопроектной деятельности Министерства в пределах компетенции Департамента; подготовке и согласовании проектов договоров (соглашений) и дополнительных соглашений к ним по вопросам, входящим в установленную сферу деятельности Департамента.

Приказом Минсельхоза РФ от 21.07.2006 № 213 «О функциональных подсистемах единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) Минсельхоза России» утверждены Положения о функциональных подсистемах РСЧС Минсельхоза, а также создана Комиссия Минсельхоза России по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности, утвержден ее состав. Общее руководство деятельностью подсистем осуществляет Министр сельского хозяйства РФ. [2]

### Библиографический список

1. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 14 февраля 2018 г. №67 «Об утверждении Положения о Департаменте растениеводства, механизации, химизации и защиты растений»
2. Приказ Минсельхоза РФ от 21.07.2006 № 213 «О функциональных подсистемах единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) Минсельхоза России».

УДК УДК 519.905

### ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ВОДОРЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ, ВКЛЮЧАЮЩИХ ВЫБЫВШИЕ ИЗ ОБОРОТА МЕЛИОРИРОВАННЫЕ ЗЕМЛИ

**Евграфов Алексей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева;

**Харитонов Станислав Игоревич**, ст.преподаватель, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева

*Аннотация:* В статье рассмотрены вопросы экологически безопасного водоресурсного обеспечения агроландшафтов, включающих выбывшие из оборота мелиорированные земли

*Ключевые слова:* почва, минеральные удобрения, безопасность водных ресурсов.

В настоящее время незначительная доля внимания уделялось вопросам сохранения и восстановления почвенного плодородия выбывших из оборота мелиорируемых земель.

Объем органического и минерального удобрения, вносимого в почву, составляет 10–15% от потребностей. Очевидно, что это влияет на уровень использования земельных ресурсов. Продуктивность почв снижается из-за уменьшения содержания гумуса на очень больших площадях. За последние 20 лет запасы гумуса снизились на 25–30% в РФ, ежегодные потери доходят до 81,4 млн т. Около 50% пахотных земель в стране характеризуются низким содержанием гумуса, 37% – низким содержанием подвижных форм фосфора, 24% – нуждаются в известковании, и химических мелиораций.

Потери гумуса на территории Русской равнины за последние 30–40 лет составили одну третью часть от его общего содержания. Из-за эрозионных процессов их плодородный слой уменьшился на 10–15 см. Около 100 млн. га сельскохозяйственных угодий нуждаются в гипсовании и проведении мелиоративных мероприятий [1, 2, 3, 4].

Объектом охраны окружающей природной среды являются разнообразные природные ресурсы, а конкретно динамика их использования, связанная с непрерывно меняющейся во времени и пространстве антропогенной деятельностью. Этот факт ведет к необходимости рассматривать антропогенный фактор как важнейший, который влияет на изменение почвенно-земельного ресурса территории любого таксономического уровня [5].

Основными элементами системы земледелия на агроландшафтной основе являются мероприятия, проводимые с целью охраны почв от водной и ветровой эрозий, организация территории и севооборота, обработка почвы, система удобрений, система мелиорации [6].

В современный период агроландшафты подвергаются различным техногенным воздействиям, связанным с уровнем агротехники, видами применяемых удобрений и гидротехнических мелиораций.

Современная теория агроландшафтного земледелия ориентирована:

- на организацию и ведение экологически сбалансированных систем земледелия на основе фундаментальных знаний;
- исследование закономерностей организации ландшафтных систем и функционирования их регионов;
- внедрение методов моделирования агроландшафтов с целью восстановления систем земледелия с помощью основных средств управления агроландшафтными системами;
- более обдуманную систему проектирования агроландшафтных систем земледелия, определяющих высокую степень их экологичности.

Агроландшафтные системы создаются как результат взаимодействия природно-территориальных комплексов и систем земледелия и мелиоративных мероприятий.

Поэтому агроландшафтные системы классифицируют на основе выделения природно-территориальных комплексов и установления их связей с производственными, мелиоративными и другими структурами сельскохозяйственного назначения, что является предметом агроландшафтного анализа.

В настоящее время актуальна проблема, связанная с загрязнением агроландшафтов и водных объектов от хозяйственной деятельности животноводческих предприятий АПК.

Для защиты от деградации агроландшафтов необходимо разработать принципы экологически безопасного водоресурсного обеспечения агроландшафтов, включающих выбывшие из оборота мелиорированные земли.

Основными факторами, приводящими к деградации и негативным экологическим последствиям в агроландшафтах, в том числе и выбывших из оборота мелиорированных земель, и как следствие потеря плодородия земель и снижение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, являются:

- 1) Периодическое или постоянное подтопление агроландшафтов;
- 2) Дефицит влаги в почве в период вегетации сельскохозяйственных культур;
- 3) Климатические факторы стока и коэффициент увлажненности территории;
- 4) Водная эрозия почв;
- 5) Загрязнение элементов агроландшафтов, таких как почва, подстилающие грунты, грунтовые и поверхностные воды, в результате хозяйственной деятельности.

Периодическое подтопление и загрязнение приводит агроландшафты к состоянию «экологического кризиса».

Гидротехнические мелиорации культур становятся одним из основных инструментов для получения конкурентных урожаев, а так же являются основным фактором для восстановления агроресурсного потенциала агроландшафтов и сохранения плодородия почв.

Общими принципами обеспечения экологической безопасности, водоресурсного обеспечения агроландшафтов, включающих выбывшие из оборота мелиорированные земли являются:

- презумпция экологической опасности всякой производственно-хозяйственной деятельности;
- обязательность экологической экспертизы производственно-хозяйственной и иной деятельности, представляющей или могущей представлять экологическую опасность;
- осуществление такой деятельности при наличии положительного заключения экологической экспертизы;
- обязательное лицензирование производственно-хозяйственной деятельности, представляющей экологическую опасность;
- запрещение, приостановление или ограничение всякой экологически опасной деятельности;
- государственный и общественный надзор и контроль за обеспечением экологической безопасности.

Основными принципами безопасного водоресурсного обеспечения выбывших из оборота мелиорированных земель, с целью возвращения их в сельскохозяйственный оборот являются:

- разработка системы экологического мониторинга в пределах подлежащей рекультивации территории;
- разработка концепции гидротехнических мелиораций и охраны земель от подтопления и переувлажнения земель;
- разработка оптимального водного режима предотвращающего деградацию почвы восстанавливаемого агроландшафта способствующего восстановлению их плодородия;
- разработка экономического обоснования применяемых технологий с целью возвращения выбывших из оборота мелиорированных земель.
- разработка сценариев получения оптимальных урожаев на основе выше перечисленных принципов при условии предотвращения ущерба окружающей среде.

Необходимость применения гидротехнических мелиораций становится все более очевидной в связи с изменением климатических условий в сторону потепления, и как следствие, повышения температур воздуха, неравномерного выпадения осадков и уровня грунтовых вод, в различные периоды роста и развития сельскохозяйственных растений.

### Библиографический список

1. Варламов, А.А. Земельный кадастр: в 6 т.: Управление земельными ресурсами [Текст] / А.А. Варламов. – М. : КолосС, 2004. – Т. 2. – С. 527.
2. Комов, Н.В. Землеустроительные действия в управлении земельными ресурсами [Текст] / Н.В. Комов, Л.П. Подболотова // Землеустройство и земельный кадастр : сб. науч. статей, посвящ. 225-летию ГУЗ / сост. С.Н. Волков, А.А. Варламов. – М. : ГУЗ, 2004. – С. 215–231.
3. Комов, Н.В. Проблемы российского землепользования и землеустройства [Текст] / Н.В. Комов // Землеустроительная наука и образование XXI века. – М. : Былина, 1999. – 416 с.
4. Носов, С.И. Вопросы совершенствования землеустройства на научной основе [Текст] / С.И. Носов, Н.М. Матасова, А.В. Мороз // Землеустроительная наука и образование XXI века. – М. : Былина, 1999. – 416 с.
5. Шевченко, Д.А. Комплекс мер по охране земель и улучшению состояния агроландшафтов северо-западной части Ставропольской возвышенности [Текст] : дис. ... канд. С.-х. наук / Д.А. Шевченко. – Ставрополь, 2004. – 270 с.
6. Рябов, Е.И. Эрозия и дефляция как главные факторы опустынивания территории и меры их преодоления [Текст] / Е.И. Рябов // Деградация почвенного покрова и агроландшафтное земледование : сб. науч. тр. – Ставрополь, 2001. – С. 194–196.

УДК 504.005

### ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ОПАСНОСТИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

*Рачкаускас Александр Вениаминович, к.в.н., доцент ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Аннотация: В статье приведена оценка факторов опасности в сельском хозяйстве с использованием данных Государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды».*

*Ключевые слова: техногенные факторы, сельское хозяйство, минеральные удобрения, опасности.*

В статье речь пойдет о землях сельскохозяйственного назначения – это земли, находящиеся за чертой населенных пунктов, предоставленные для нужд сельского хозяйства. Земли данной категории имеют особый правовой режим и подлежат особой охране с целью сохранения их площади, предотвращения развития негативных процессов и повышения плодородия почв. За период с 2010 г. площадь земель сельскохозяйственного назначения сократилась на 10,2 млн га (или на 2,6%). В 2017 г. по сравнению с 2016 г. площадь данной категории земель уменьшилась на 0,4 млн га и составила 383,2 млн га.

На почву, как основное средство сельскохозяйственного производства, воздействовал ряд факторов опасности.

**Изъятие земель из продуктивного оборота.** Отвод земель под объекты транспортной инфраструктуры, городскую застройку, полигоны размещения отходов, хвостохранилища и отвалы пустой породы неразрывно связанные со значительным негативным воздействием на окружающую среду. Транспортные сети, связывающие города, способствовали фрагментации и деградации естественного ландшафта. Интенсивность и характер расширения городской застройки обуславливался следующими факторами: социально-экономическим развитием, спросом на жилье и протяженностью транспортных систем. Необходимо отметить, что высокий процент земельной территории, используемой для свалок, полигонов отходов, хвостохранилищ и отвалов пустой породы в целях легального или нелегального захоронения отходов, является признаком неустойчивого развития.

**Районы, подверженные эрозии почв.** Как известно, эрозия почв может быть обусловлена как собственными характеристиками почвы и ландшафта (крутизна склонов, тип почвы, количество осадков), трудно поддающимися изменению, так и характером землепользования, который может быть изменен достаточно быстро за счет применения террасирования, создания ветровых барьеров (включая лесополосы), а также изменения таких факторов, как тип, густота и возраст растительного покрова. Эрозия - естественный процесс, однако зачастую он резко интенсифицируется в результате человеческой деятельности. В большинстве случаев эрозия является результатом неустойчивого использования сельскохозяйственных земель, деятельности крупных хозяйств, чрезмерного выпаса скота, а также неэффективных систем ирригации и управления водным хозяйством. Система ведения сельского хозяйства - один из важнейших факторов, воздействующих на качество почв. В свою очередь эрозия почв является наиболее наглядным показателем неблагоприятного воздействия неприемлемых агроприемов, ведущих к потере продуктивности растениеводства и зачастую необратимому ущербу

Среди опасностей в рассматриваемой сфере интенсивно развиваются дефляция, заболачивание, засоление, опустынивание, подтопление, зарастание сельскохозяйственных угодий кустарником и мелкоколесьем и другие процессы, ведущие к потере плодородия сельскохозяйственных угодий и выводу их из хозяйственного оборота. По данным Росреестра, водной эрозии подвержено 17,8% площади сельскохозяйственных угодий, ветровой – 8,4%, переувлажненные и заболоченные земли занимают 12,3%, засоленные и солонцеватые – 20,1% сельскохозяйственных угодий. Эрозия является одним из наиболее опасных видов деградации, вызывающих разрушение почв и утрату их плодородия. Опустынивание является в настоящее время одним из наиболее интенсивных и широко распространённых процессов на засушливых территориях юга страны. В результате опустынивания аридных территорий природные пастбища теряют свою продуктивность, почвы подвергаются эрозии и засолению, пески оголяются и приходят в движение. В России опустыниванием в разной степени охвачено 27 субъектов на площади более 100 млн. га.

**Загрязнение почвенного покрова.** За последнее десятилетие наблюдения за уровнем загрязнения почв токсикантами промышленного происхождения (ТПП) – тяжёлыми металлами (ТМ), мышьяком, фтором, нефтью и нефтепродуктами (НП), сульфатами, нитратами, бенз(а)пиреном – проводились на территориях Республики Башкортостан, Республики Мордовия, Удмуртской Республики, Чувашской Республики, Республики Татарстан, Приморского края, Иркутской, Кемеровской, Кировской, Московской, Нижегородской, Новосибирской, Омской, Оренбургской, Пензенской, Самарской, Саратовской, Свердловской, Томской и Ульяновской областей. Для каждой территории определён свой перечень ТПП, измеряемых в почве. Приоритет при выборе пунктов наблюдений за загрязнением почв ТМ отдается предприятиям цветной и чёрной металлургии, энергетики, машиностроения и металлообработки, химической, нефтехимической промышленности, по производству стройматериалов, строительной промышленности. Оценка степени опасности загрязнения почв комплексом ТМ проводится по показателям загрязнения  $Z_f$  являющимся индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье человека. По показателю загрязнения  $Z_f$ , к опасной категории загрязнения почв ТМ относится 2,8% обследованных за последние десять лет населённых пунктов, их отдельных районов, одно- и пятикилометровых зон вокруг источников загрязнения, к умеренно опасной – 8,3%.

Наблюдения показали, что особенно сильно загрязнены ТМ почвы однокилометровой зоны вокруг крупного источника промышленных выбросов ТМ в атмосферу. Коэффициенты вариации массовых долей техногенных ТМ в почвах вблизи мощных источников выбросов ТМ в атмосферу, особенно в ближней зоне, могут достигать 200% и более. Это свидетельствует о высокой неоднородности (пятнистости) загрязнения почв ТМ. Почва, по сравнению с воздухом и водой, является более консервативной средой, и процесс самоочищения почв происходит очень медленно. В целом почвы территорий промышленных центров и районов, к ним прилегающих, загрязнены ТМ, которые могут накапливаться при постоянном техногенном воздействии загрязняющих веществ, поступающих из атмосферы и другими путями.

**Загрязнение почв фтором.** Источниками загрязнения окружающей среды соединениями фтора являются алюминиевые заводы, предприятия по производству фосфорных удобрений и другие. За последние пять лет зафиксировано загрязнение водорастворимыми формами фтора выше 1 ПДК в целом почв территории г. Братск и отдельных участков почв в районе городов Артём, Иркутск, Каменск-Уральский, Новокузнецк, Полевской, Тольятти, Усолье-Сибирское, Черемхово.

**Загрязнение почв нефтепродуктами.** Наблюдения за массовой долей НП в почвах и её динамикой проводились на территориях Западной Сибири, Республики Татарстан, Чувашской Республики, Нижегородской, Пензенской и Самарской областей как вблизи наиболее вероятных мест импактного загрязнения – вблизи добычи, транспортировки, переработки и распределения НП, так и в районах населённых пунктов и их окрестностях. Загрязнение почв НП (сред-

няя массовая доля НП не ниже 250 мг/кг) установлено в районе Жилкинской нефтебазы в г. Иркутск (1676 и 7269 мг/кг или 3 и 14 Ф, Ф= 534 мг/кг); на расстоянии 0,2 км вдоль нефтепровода «Дружба» в с. Лопатино Волжского района Самарской области (2516 и 3870 мг/кг или 50 и 77 Ф, Ф 50 мг/кг); на территориях городов Нижний Новгород (1699 и 30650 мг/кг или 15 и 271 Ф, Ф 113 мг/кг), Арзамас (1025 и 5480 мг/кг или 16 и 83 Ф, Ф 66), Пенза (815 и 6325 мг/кг или 20 и 158 Ф, Ф 40 мг/кг), Самара (УМН-2 813 и 1260 мг/кг или 16 и 25 Ф, Ф 50 мг/кг), Новочебоксарск (729 и 4600 мг/кг или 2 и 11 Ф, Ф 408 мг/кг), Омск (399 и 2167 мг/кг или 10 и 54 Ф, Ф 40 мг/кг), Казань (265 и 1160 мг/кг или 3 и 15 Ф, Ф 79 мг/кг). Отмечается рост (с 115 до 676 мг/кг) массовой доли НП в почвах территории, примыкающей к Жилкинской нефтебазе в г. Иркутск.

**Загрязнение почв бенз(а)пиреном.** Он является наиболее типичным химическим канцерогеном окружающей среды первого класса опасности. Наблюдения за бенз(а)пиреном в почвах проводились в районе г. Находка Приморского края. В почвах, отобранных в северном направлении на расстоянии 1 км от города, массовая доля бенз(а)пирена превысила 8 ПДК (ПДК 0,02 мг/кг). Средняя массовая доля бенз(а)пирена в почвах однокилометровой зоны (с учётом всех направлений) от города составила 1,7 ПДК, максимальная – 13,8 ПДК.

**Загрязнение почв остаточными количествами пестицидов.** Основным источником поступления пестицидов в почву является их применение в сельскохозяйственном производстве. В соответствии с Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов на территории Российской Федерации разрешены к применению более тысячи средств защиты растений, в основе которых около 300 действующих веществ. В областях, охваченных наблюдениями Росгидромета, наиболее широко применялись гербициды на основе глифосата, 2,4-Д, ацетохлора, дикамбы, инсектициды диметоат, имидаклоприд, пиримифос-этил; фунгициды тебуконазол, тирам, пропиконазол, карбендазим. В 2017 г. было проведено выборочно обследование почв различного типа на территории 40 субъектов Российской Федерации. Обследовались почвы сельскохозяйственных угодий, отдельных лесных массивов, зон отдыха в 475 пунктах наблюдений на территории 118 районов, в 174 хозяйствах. На территории 10 субъектов Российской Федерации были обследованы почвы вокруг 13 складов и мест захоронения пестицидов, не пригодных к употреблению или запрещенных к применению. Загрязненные площади составили 1,83% весной и 2,13% осенью от обследованной территории. Загрязненные участки были обнаружены на территории 15 субъектов Российской Федерации. Было отмечено загрязнение по суммарному ДДТ, гексахлорбензолу (ГХБ), по гербицидам трифлуралину, 2,4-Д и пиклоرامу, а также ПХБ и трихлорацетату натрия (ТХАН).

Несмотря на запрет применения ДДТ в России, до сих пор обнаруживаются участки, почвы которых содержат ОК этого персистентного пестицида, превышающие ПДК. Доля загрязненной площади практически не изменяется, что связано с малой скоростью самоочищения почв от этого ядохимиката.

**Внесение минеральных и органических удобрений.** При использовании минеральных и органических удобрений для повышения урожайности в

сельском хозяйстве возрастает опасность загрязнения воды, почвы и оказывает негативное воздействие на другие компоненты окружающей среды, включая нарушение естественного баланса микрофлоры почвы. Реальные экологические последствия использования удобрений зависят от методов борьбы с загрязнением, типа почвы и растений, а также метеорологических условий. Анализ данных о внесении удобрений (временных рядов) позволяет контролировать воздействие на окружающую среду. По данным Минсельхоза России, ежегодно в Российской Федерации производится около 17-18 млн. тонн минеральных удобрений в пересчете на действующее вещество, из которых в отечественном сельском хозяйстве применяется не более 2,4 млн. тонн+. Удобренная площадь минеральными удобрениями составляет около 46% от посевной площади сельскохозяйственных культур. В основном удобряются посевные площади под сахарной свеклой и зерновыми культурами.

### **Библиографический список**

1. Государственные доклады «О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации в 2012-2018 гг.»
2. Тулумбаев Р.А. Экологическая безопасность среды обитания человека. М., 2017 г.
3. Куценко В.В., Гурова Т.Ф. Экологическая безопасность: методологические подходы и способы реализации.- М.: 2013.

УДК 574.21

## **ЭКОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕГИОНАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ**

*Бирюков Алексей Леонидович, профессор кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*  
*Савостова Татьяна Леонидовна к.э.н., доцент МГИМО МИД РФ*

*Аннотация. В интересах устойчивого развития экономики Арктики необходимо развивать арктическую транспортную инфраструктуру. Освоение арктических территорий, включая добычу углеводородов, других полезных ископаемых потребовало от России активного развития и организации СМП, который в ближайшей перспективе должен стать одним из самых востребованных международных логистических маршрутов*

*Ключевые слова: государственное регулирование, Арктический регион, управление, экология.*

Глобализация экономики, усиление конкуренции на рынке углеводородов, необходимость освоения северных территорий России усиливает интерес к развитию Арктического региона, в которой добывается и производится до 80% российского газа, более 90% никеля и кобальта, 60% меди, активно развивается

нефтяная, угольная, железорудная, хромовая, вольфрамовая, золотодобывающая промышленность. Поэтому устойчивое развитие арктических и дальневосточных территорий России должно опираться на добычу полезных ископаемых, обеспечение организации и движения грузопотоков, которое невозможно реализовать без развития транспортных сетей, которые включают железнодорожные, автомобильные, речные и морские транспортные коммуникации, а также современную портовую инфраструктуру. В Арктическом регионе в рамках государственно-частного партнерства идет активное строительство новых нефте- и газо-проводов, предприятий для хранения и переработки углеводородов.

Поскольку для Арктики характерны экстремальные климатические условия, а также зависимость условий жизнеобеспечения от поставок топлива и товаров, управление устойчивым развитием Северных территорий России должно базироваться на минимизации различных рисков, в том числе, технологических и экологических, связанных как с добычей полезных ископаемых, так и с потеплением климата. С этой целью в районах добычи, расположенных на арктическом побережье, необходимо организовать системы наблюдений за загрязнениями воды, земли, воздуха, обеспечить физическую защиту морских акваторий и прибрежных территорий от возможных загрязнений. Для безопасной транспортировки углеводородов, других полезных ископаемых должны быть предусмотрены новые экологически безопасные локальные нефте- и газо-проводы, а также автомобильные, речные и железнодорожные транспортные маршруты.

В сентябре 2017 года была принята новая редакция Программы «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации», в которой в целях ускоренного социально-экономического развития северных территорий Российской Федерации законодательно закреплён статус Арктической зоны РФ, как особого объекта государственного управления [1]. Выделение Арктики в особый объект государственной политики объясняется национальными интересами России, которые связаны с экономикой, экологией, наукой и национальной безопасностью в Арктике. В этом документе определены приоритетные задачи, связанные с разработкой углеводородов и полезных ископаемых на континентальном шельфе на базе новых технологий с учетом решения экологических проблем, особенно при строительстве и вводе новых промышленных объектов. Реализация планов по формированию и развитию транспортных сетей обеспечит надежные условия жизнедеятельности северных территорий России.

В исполнение поручений Президента РФ В.В. Путина, данных им в Послании Федеральному Собранию 1 марта 2018 г. [2] и Указа Президента РФ от 7 мая 2018 г. N 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года» подготовлены и приняты стратегические документы, связанные с развитием транспортно-логистической инфраструктуры арктических территорий России. Они включают: Проект Стратегии Пространственного развития РФ, Национальный проект «Безопасные и качественные автомо-

бильные дороги», включающего 4 федеральных проекта: «Дорожная сеть», «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства», «Безопасность дорожного движения», «Автомобильные дороги не общего пользования Минобороны России», а также утвержден комплексный план модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 г. и т.д.[3].

В интересах устойчивого развития экономики Арктики необходимо развивать арктическую транспортную инфраструктуру. Освоение арктических территорий, включая добычу углеводородов, других полезных ископаемых потребовало от России активного развития и организации северного морского пути (СМП), который в ближайшей перспективе должен стать одним из самых востребованных международных логистических маршрутов. Строительство новых атомных ледоколов и включение их в транспортную сеть северных морей является важнейшим условием для реализации планов по увеличению грузопотоков.

В этих целях госкорпорация «Росатом», начиная с 2019 года планирует последовательно ввести в строй в рамках проекта 22220 три ледокола: «Арктика», «Сибирь», «Урал». Это самые мощные ледоколы с повышенной проходимостью во льдах с шириной канала 50 метров, который необходим для транспортных судов массой свыше 100 тыс. тонн со скоростью 10 узлов, что значительно увеличивает скорость проводки и коммерческую привлекательность СМП из-за сокращения времени. В рамках комплексного проекта развития Северного морского пути планируется модернизировать инфраструктуру арктических и дальневосточных портов, ремонтных баз, сформировать систему оперативного мониторинга ледовой обстановки для организации оптимальных маршрутов движения караванов судов и ввести в строй новые атомные ледоколы.

Учитывая масштабность реализуемых проектов, сложность природно-климатических условий в сочетании с прогрессирующим загрязнением и деградацией компонентов природной среды (накопление отходов, поступление загрязняющих веществ в результате трансграничного переноса), происходит усиление негативных последствий техногенной деятельности. Одним из важных условий сохранения окружающей среды является формирование экологически ответственного недропользования, развития экологически безопасной транспортно-логистической инфраструктуры, которые должны базироваться на экологически ответственном подходе освоения Арктических территорий. Решение проблем, связанных с экологической безопасностью Арктического региона должно осуществляться с применением инновационных технологий, соответствующих международным стандартам. При рассмотрении и принятии инвестиционных проектов необходима комплексная государственная экспертиза, определяющая экономические, оборонные и политические приоритеты развития Российской Федерации. Сохранение уникальной эко системы Арктики является одной из наиболее важных и приоритетных задач.

Другой важной экологической проблемой является необходимость обеспечения энергией арктических объектов, которая до настоящего времени решается путем завоза топлива с других регионов России. Анализ показывает, что арктические территории отличаются наличием обособленных энергоузлов, раз-

розненностью потребителей энергоресурсов, что приводит к серьезным потерям при передаче электроэнергии до потребителя, которые могут достигать 15-20%. Ежегодно по рекам, в ограниченные сроки летней навигации в рамках «северного завоза», по Северному морскому пути, по железным и грунтовым дорогам для дизельных и угольных электростанций доставляются десятки тысяч тонн каменного угля, сырой нефти, дизтоплива – таким способом население северных территорий и Арктики обеспечивается необходимой электрической и тепловой энергией. Физический износ существующих энергетических систем приводит к загрязнению окружающей среды и дополнительному экологическому ущербу.

Учитывая, что Арктические территории имеют очаговый характер размещения сырьевых и энергетических ресурсов, базовым элементом развития территорий Арктической зоны Российской Федерации должны стать опорные зоны, которые в основном, могут формироваться на базе существующего административного деления, с учетом особенностей развития территорий, их географии и экономических связей.

В энергетической стратегии России на период до 2030 года, утвержденной распоряжением правительства 13 ноября 2009 года, указывается, что освоение углеводородного потенциала континентального шельфа арктических морей должно стать стабилизирующим механизмом в условиях сокращения запасов разведанных месторождений [4]. Все населенные пункты, промышленные предприятия и другие объекты инфраструктуры должны быть надежно обеспечены электроэнергией. Например, на территориях Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов в малоосвоенных северных и удаленных районах неустойчивого электроснабжения (районы, геологоразведки, добычи углеводородов и т.д.) используются устаревшие электростанции малой мощности [3].

Поскольку сжигание угля, природного газа и нефтепродуктов связано с негативным воздействием на окружающую среду северных территорий России, для решения энергетических проблем изолированных северных и арктических районов предлагается использовать малые атомные установки (МАУ). Учитывая необходимость ускоренного социально-экономического развития северных территорий России, вопрос о замене существующих энерго-источников на атомные источники малой мощности до 300 МВт(э) и средней мощности до 700 МВт(э), становится крайне актуальным, поскольку используемые в настоящее время источники энергии в условиях северных территорий с точки зрения экологической безопасности и энергетической эффективности являются устаревшими. Это связано, в первую очередь, с износом используемых энергетических источников и их несоответствием экологическим стандартам.

В настоящее время на стадии реализации находится проект модульного энергоблока с реакторной установкой на быстрых нейтронах со свинцово-висмутовым теплоносителем СВБР-100. Технологии, применяемые в СВБР-100, обеспечивают безостановочную работу реактора на протяжении восьми лет и работу в режиме суточного регулирования (50–100% от номинальной мощности). Модульная структура энергоблока позволяет набирать любую мощность,

кратную 100 МВт. Работа такого модульного энергоблока основана на свойствах внутренней самозащищенности, что исключает катастрофические последствия при любых исходных аварийных событиях [4].

При наличии энергообеспеченности арктических территорий и экологически безопасного использования ресурсного потенциала Арктики, необходимо создание транспортно-логистической инфраструктуры, которая бы базировалась на концепции и принципах «зеленой» логистики.

### **Библиографический список**

1. О новой редакции Государственной программы «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации» Постановление от 31 августа 2017 №1064. URL.: <http://government.ru/docs/29164/>
2. Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 01.03.2018. URL.:
3. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. №204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» URL.: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027>
4. Зродников А. В., Драгунов Ю. Г., Степанов В. С. и др. Многоцелевой свинцово-висмутовый модульный быстрый реактор малой мощности СВБР-75/100: Доклад на Международной конференции МАГАТЭ «Инновационные ядерные технологии и инновационные топливные циклы», IAEA CN-108-36, 2003 г.

УДК 614.842.4

## **СОВРЕМЕННАЯ ПРОБЛЕМА ПОЖАРОТУШЕНИЯ В РФ**

*Пряхин Вадим Николаевич, д.т.н., профессор доцент ФГБОУ ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Мочунова Наталья Александровна, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* Дан анализ современного состояния средств пожаротушения в РФ, проведены данные по ущербу от лесных пожаров, выявлены основные причины пожаров, даны рекомендации по борьбе с лесными пожарами в РФ

*Ключевые слова:* лесные пожары; экологически безопасная техника; средства пожаротушения; критерии безопасности; стоимостный баланс; экологическая защита.

Россия является крупнейшей лесной державой. Площадь её лесного фонда и лесов, не входящих в лесной фонд, составила к концу 90-х годов 1178,6 млн. га, в том числе в управлении Федеральной службы лесного хозяйства России находились 94,2 % с.-х. формирования управления 3,6 % лесной территории.

При этом на систему Госкомэкологии России приходилось 1,6%, на другие министерства и ведомства – 0,6%. Сюда не включены 2,13 млн. га лесов, относящихся к лесному фонду, но не предусмотренных положениями лесного кодекса страны, действующего с начала 1997г.

Таким образом, общая территория, занятая лесами, превышает в РФ 1180 млн. га.

Лес как один из главных составляющих живой природы подвержен влиянию различных факторов, одним из которых является лесной пожар - стихийное, неуправляемое человеком распространение огня по лесной площади.

Лесные пожары, как правило, наносят значительный, порой непоправимый ущерб лесам. Ежегодно на земле возникает более 400 тыс. лесных пожаров, повреждающих около 0,5% общей площади лесов и выбрасывающих в атмосферу миллионы тонн продуктов сгорания. Только по России ущерб от пожаров в 1999 году составил более 1,8 млрд. руб.

В лесах РФ ежегодно возникает более 30 тыс. лесных пожаров, огнём охватывает в среднем 1 -2 млн. га, из них в районах авиаохраны – около 20 тысяч га.

По данным статистической отчётности ущерб от лесных пожаров по состоянию на 1 октября 2010 г. Оценивается в 85,5 млрд. рублей.

При этом анализ причин возникновения лесных пожаров в 2010 г. Показал, что основными причинами явились нарушение правил пожарной безопасности и неосторожное обращение граждан с огнём в лесу (в 90% случаев), проведение неконтролируемых с.-х. палов, в 10% случаев грозы и иные причины.

На рис. 1 показаны основные причины катастрофического распространения лесных пожаров.

Основные направления создания экологически безопасной и надёжной техники представлены на рис. 2



Рисунок 1 - Причины распространения пожаров

Ниже приводится анализ последствий лесных пожаров, возникших за период 2011...2018 годы.

Весной 2011 г. лесные пожары отмечались в Сибири. Там серьезно пострадал один населенный пункт. 13 мая в Подломске (Турунтаевское сельское поселение, Томская обл.) огонь перекинулся на жилые дома, в результате чего сгорели 13 частных домов и надворных построек. Жертв не было.

В 2012 г. крупные природные пожары происходили в Забайкалье, Иркутской обл. и на Дальнем Востоке.

12 апреля в пос. Баян-Булак (Онон-база) Агинского района Забайкальского края степной пал перешел на жилые деревянные дома. Сгорели 20 домов из 35. Жертв не было, 65 человек были эвакуированы, одна женщина во время эвакуации получила травму. 13 сентября пожар был потушен.

Основные направления создания экологически безопасной и надёжной техники представлены на рис. 2

Ниже приводится анализ последствий лесных пожаров, возникших за период 2011...2018 годы.

Весной 2011 г. лесные пожары отмечались в Сибири. Там серьезно пострадал один населенный пункт. 13 мая в Подломске (Турунтаевское сельское поселение, Томская обл.) огонь перекинулся на жилые дома, в результате чего сгорели 13 частных домов и надворных построек. Жертв не было.



Рисунок 2 - **Направления создания экологически безопасной и надёжной техники пожаротушения**

В 2012 г. крупные природные пожары происходили в Забайкалье, Иркутской обл. и на Дальнем Востоке.

12 апреля в пос. Баян-Булак (Онон-база) Агинского района Забайкальского края степной пал перешел на жилые деревянные дома. Сгорели 20 домов из 35. Жертв не было, 65 человек были эвакуированы, одна женщина во время эвакуации получила травму. 13 сентября пожар был потушен.

20 апреля на территории бывшего леспромхоза на окраине пос. Тыгда (Амурская обл.) возник пожар, который за несколько часов уничтожил 84 жилых дома и более 40 строений. Погибли три человека, без крова остались 346, в том числе 59 детей.

В 2013 г. от природных пожаров пострадали Амурская обл., Якутия, Тува, Бурятия. Крупного ущерба населенным пунктам нанесено не было.

В 2014 г. от пожара пострадал населенный пункт в Иркутской обл. 18 мая из-за степного пала в пос. Дальний (Нижеилимский район) был уничтожен огнем 21 дом, где проживали 30 семей - в общей сложности 84 человека, в том числе 19 детей. Жертв и пострадавших не было.

В 2015 г. сильные пожары произошли в Южной Сибири, Забайкалье, на Урале. 12-16 апреля в результате пожаров в Хакасии погибли 32 человека. Пострадали более 1 тыс. 500 человек (из них были госпитализированы 102), 4 тыс. 694 лишились жилья. Огонь уничтожил и повредил 1 тыс. 678 жилых домов в 33 населенных пунктах. Множественные очаги возгорания возникли из-за сжигания сухой травы при сильном ветре, порывы которого достигали 30 м/сек. По словам главы Хакасии Виктора Зимины, "в течение часа загорелась практически вся республика".

12 апреля степной пал перешел на населенные пункты Забайкальского края - в с. Базаново сгорели 20 жилых домов, в с. Александровский Завод - один жилой дом., 12 апреля из-за поджога сухой травы в Акатуйском лесничестве, произошел пал, который затем уничтожил дома. Кроме того, государственному лесному фонду был причинен ущерб в сумме более 2 млн руб. Осенью 2015 г. 30 апреля из-за пала травы сгорели 15 дачных домов в с. Филипповское Ярославской обл. Жертв и пострадавших не было.

В 2016 г. природные пожары нанесли ущерб населенным пунктам на Дальнем Востоке и в Иркутской обл. Но случаев уничтожения более 10 домов ни в одном из них зафиксировано не было.

Весной 2017 г. сложная пожарная обстановка сложилась в Сибири (большинство пожаров пришлось на Красноярский, Забайкальский край и Бурятию, во всем Сибирском федеральном округе был введен режим ЧС) и на Урале, где всплеск пожаров был зафиксирован в Свердловской и Челябинской областях. 28 апреля лесные пожары вызвали загорание около 100 домов на территории трех населенных пунктов в Иркутской обл. (полностью сгорел пос. Бубновка Киренского района) и двух поселков в Бурятии. В результате, по данным пресс-службы Сибирского регионального центра МЧС, без жилья остались 464 человека, все они были эвакуированы из опасной зоны. Погибших и пострадавших не было.

В 2018-м число зафиксированных возгораний увеличилось в 1,1 раза, а общая площадь лесных пожаров выросла в 1,8 раза.

Всего ущерб от лесных пожаров в 2018 году составил около 15 млрд руб. В истекшем году на территории Российской Федерации зарегистрировано свыше 12 тыс. лесных пожаров, огнем пройдено 8,5 млн га земель лесного фонда и почти 92 тыс. га земель иных категорий. Всего с начала текущего года в РФ уже возникло 9,9 тыс. природных возгораний на площади 3,2 млн га. Для сравнения, в 2017 году в лесном фонде было зафиксировано 9,2 тыс. пожаров, в то время как площадь, пройденная огнем, составила 1,4 млн га.

Необходимо отметить, что критерием экологической безопасности является стоимостный баланс между затратами на изготовление и эксплуатацию, с одной стороны, и затратами на экологическую защиту от результатов его производства и эксплуатации, а также его утилизацию после срока службы, с другой стороны.

Таким образом, возможным является также вариант стоимостного баланса, при котором затраты на изготовление изделия или оборудование и их эксплуатацию при принятии мер по экологической безопасности окажется существенно большими по сравнению с затратами на предотвращение экологического ущерба, наносимого природе при изготовлении, использовании и уничтожении этих изделий.

Следует отметить, что выбирать вариант проектного и конструктивного решения, который заставляет минимум затрат на борьбу за экологическую безопасность при создании, использовании и утилизацию техники.

### **Библиографический список**

1. Копылов Н.П., Рыжов А.Н., Хасанов И.Р. Взаимодействие пожаров с атмосферой. / М. ВНИИПО МВД России, 1977. — с. 137-156
2. Долгов А.А., Сумина Е.Н. Методология оценки лесопожарных рисков — основа поддержки принятия решений в кризисных ситуациях // Технологии гражданской безопасности. — 2007, вып. №3 (13). — с.79 — 83.
3. Пряхин В.Н., Соловьёв С.С. Безопасность жизнедеятельности в природообустройстве: курс лекций и комплект тестовых заданий для студентов вузов: Учебное пособие. 3-е изд. испр. и доп. — СПб.: изд-во «Лань», 2009. — 352с.

## **ЗНАЧЕНИЕ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Шибалова Галина Вячеславовна, доцент кафедры организации и технологии строительства объектов природообустройства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Рассмотрены основные показатели обеспечения качества строительной продукции. Дана оценка системы показателей качества продукции в строительстве. Приведены методы оценки качества строительной продукции. Рассмотрена специфика гидротехнического строительства в позиции обеспечения безопасности сооружений.

**Ключевые слова:** строительная продукция, оценка качества, показатели качества, методы оценки качества, безопасность строительства

Количественная характеристика одного или нескольких свойства строительной продукции, проявляющиеся в условиях создания, эксплуатации или потребления, определяют ее качество.

При оценке качества строительной продукции используют единичные показатели, характеризующие одно из ее свойств, и комплексные показатели, характеризующие несколько свойств строительной продукции. При этом за определяющий принимают показатель, по которому окончательно определяется ее качество.

Кроме абсолютных значений показателей качества применяется интегральные показатели, являющиеся отношением суммарного полезного эффекта рассматриваемой продукции к суммарным затратам на ее создание (сооружение), эксплуатацию (использование), потребление.

Сущность оценки качества того или иного объекта состоит в определении ряда его свойств, которые могут отвечать (характеризовать) его качество. После проведения измерений, получения численных значений показателей проводится аналитическое сопоставление результатов с аналогичными характеристиками другого объекта-эталона (образца), обладающего требуемым качеством [1].

Применяется система показателей качества продукции в строительстве (СПКПС), представляющая собой комплекс государственных стандартов, которые устанавливают определенные показатели качества промышленной продукции для конкретных ее видов и групп, используемых в строительном производстве. При этом различают показатели качества отдельных (уникальных по специфике создания и использования) сооружений и объектов массового строительства.

Показатели, определённые СПКПС, применяются при разработке строительных стандартов, технических условий, других нормативных документов, выборе оптимального варианта, аттестации продукции, прогнозировании, пла-

нировании, разработке систем управления качеством строительной продукции [2].

Качество продукции характеризуется совокупностью определенных критериев: технический уровень, стабильность показателей качества, экономическая эффективность, конкурентоспособность на внешнем рынке.

Показатели качества применяются при определении качества строительных материалов, строительных конструкций, инженерного оборудования зданий и сооружений.

Основные показатели качества строительной продукции приведены в таблице 1.

*Таблица 1*

**Определяющие показатели качества строительной продукции**

Критерии	Виды показателей	Показатели
Технический уровень	Показатели назначения	Прочность Жесткость Трещиностойкость Огнестойкость Сейсмостойкость Морозостойкость Влагостойкость Стойкость к воздействию солнечной радиации Теплоизоляция Звукоизоляция Светопропускание
	Показатели конструктивности	Геометрические размеры Форма Состав Структура
	Показатели надежности (долговечность, сохраняемость)	Вероятность возникновения отказов, разрушений, Потери свойств Стойкость к коррозии Срок службы Время и условия хранения
	Показатели ремонтпригодности (восстанавливаемости)	Продолжительность Трудоемкость Стоимость восстановления при отказах
	Показатели транспортабельности	Масса Габариты Материалоемкость и трудоемкость упаковки Возможность контейнеризации
	Показатели совместимости	Взаимная увязка размеров, допусков, видов стыков Согласованность сроков службы
	Эргономические показатели	Температурный режим Уровень токсичности

		Уровень запыленности Уровень вибрации Удобство пользования продукцией
	Эстетические показатели	Художественная выразительность Внешний вид Качество поверхностей
Стабильность показателей качества	Показатели однородности	Отклонение количественных значений продукции от номинальных значений
	Показатели соблюдения стандартов, технических условий, строительных норм и правил, проектов	Соблюдения требований нормативной документации Соответствие проектной документации Процент брака Количество рекламаций
Экономическая эффективность	Экономические показатели	Удельные капиталовложения Себестоимость Рентабельность Годовой экономический эффект
Конкурентоспособность на внешнем рынке	Патентно-правовые показатели	Показатели патентной защиты и патентной чистоты Наличие экспорта продукции

Специфика строительной продукции заключается в ее индивидуальности (даже при создании типовых сооружений). Качество определяется на основании данных полученных по измерениям на единичном здании или сооружении, причем на законченных объектах разрушающий контроль качества не применяется.

Что касается продукции, применяемой в строительстве, то она производится партиями (например, строительные материалы), оценка качества выполняется на основании выборочного контроля из партии, при этом допускается разрушение некоторого количества экземпляров.

При оценке качества строительной продукции в основном применяются косвенные методы. Непосредственные измерения применимы только при испытании инженерных сетей. Продукция, используемая при создании сооружений, может подвергаться методам прямого контроля качества [2].

В отличие от производства продукции для строительства технология производства строительного-монтажных работ предварительно не отработывается. Проектные ошибки, недостатки выполнения строительного-монтажных работ могут привести к удорожанию строительства при обнаружении брака и появлении необходимости в его ликвидации.

На качестве строительного-монтажных работ негативно сказывается нестационарность условий, состава исполнительного персонала, неустойчивость соотношения работ по их сложности, видам и принятой продолжительностью их

выполнения. При этом затруднен централизованный контроль за качеством продукции.

Неподвижность строительной продукции при постоянном перемещении технологического оборудования затрудняет эффективный производственный контроль качества продукции. Основные участники строительного процесса – проектировщик и строитель (подрядчик) как правило, организационно разобщены, что затрудняет корректировку выполнения работ, оперативное управление трудноосуществимо.

При оценке качества строительной продукции применяются различные методы. Выбранный способ определения значений показателей может повлиять на результаты оценки качества.

Измерительный метод осуществляется с использованием технических средства измерений. Регистрационный метод основывается на проведении наблюдений, их регистрации и анализа числа определенных событий.

Применение расчетного метода предполагает использование теоретических или эмпирических зависимостей показателей качества от ее параметров. Экспертный метод реализуется на основе решений, принятых экспертами.

Социологический метод применяется на основе сбора и анализа информации, полученной непосредственно от фактических или потенциальных потребителей продукции. Органолептический метод основывается на анализе восприятий органов чувств человека. Здесь важны вид, цвет, запахи.

Главная задача строительного производства – обеспечение достаточной прочности и устойчивости инженерного сооружения [3].

В соответствии с Федеральным законом № 384-ФЗ от 30 декабря 2009 года здания и сооружения должны быть спроектированы таким образом, чтобы в процессе строительства и эксплуатации не возникало угрозы оказания неблагоприятного воздействия на окружающую среду.

В сравнении с другими видами сооружений (промышленно-гражданских, водохозяйственных) строительство гидротехнических сооружений имеет ряд специфических особенностей.

При возведении таких сооружений важное значение отводится местным природным условиям (топографическим, геологическим, гидрологическим, климатическим). Уникальность строительства каждого сооружения обуславливает специфические технологии их возведения [4].

Класс гидротехнических сооружений определяется в зависимости от последствий, которые могут возникнуть при происхождении гидродинамических аварий с учетом числа пострадавшего населения, нарушений условий жизни людей, размера возможного материального ущерба, размеры распространения чрезвычайной ситуации.

Свойство гидротехнического сооружения, которое позволяет обеспечивать защиту жизни, здоровья, законных интересов населения, имущества, окружающей природной среды составляет его безопасность.

Проектом организации и производства работ по строительству сооружения должны предусматриваться специальные мероприятия по охране окружа-

ющей среды. Кроме того, должны учитываться возможные изменения природных условий, приводящие к активизации негативных физико-геологических и геодинамических процессов в основании сооружений. А так же мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций и защите от поражающего воздействия источника чрезвычайных ситуаций.

В таблице 2 приведены допускаемые значения возникновения аварий на гидротехнических сооружениях.

*Таблица 2*

**Вероятность возникновения аварий на гидротехнических сооружениях**

Класс капитальности сооружения	Уровень риска возникновения аварии, 1/год
I	$5 \times 10^{-5}$
II	$5 \times 10^{-4}$
III	$2,5 \times 10^{-3}$
IV	$5 \times 10^{-3}$

Показатели оценки качества сооружений в соответствии с СПКПС учитывают специфику создания уникальных сооружений гидротехнического строительства.

Разработка, внедрение и функционирование системы управления качеством работ регулируется комплексом нормативных документов ГОСТ Р ИСО 9000-2015 [5], определяющих критерии качества, в том числе показатели риска.

**Библиографический список**

1. Государственный стандарт СССР ГОСТ 4.200-78 Система показателей качества продукции. Строительство. Основные положения (утв. постановлением Госстроя СССР от 25 октября 1978 г. N 208) (с изменениями и дополнениями). Действующий.
2. Межгосударственный стандарт ГОСТ 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения (утв. постановлением Госкомстандарта СССР от 26 января 1979 г. № 244). Действующий.
3. Шибалова Г.В. Обеспечение качества строительной продукции, надежности и безопасности зданий и сооружений. Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 291. Ч. III. / М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2019. 559с., с. 213-217.
4. СП 58.13330.2012 Гидротехнические сооружения. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 33-01-2003 (с Изменением № 1)
5. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.

## МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

*Соломин Игорь Александрович, доцент кафедры организации и технологии строительства объектов природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Рассмотрены основные методы утилизации твердых коммунальных отходов (ТКО) с получением энергии. В статье приведены и проанализированы уровни и основные направления утилизации ТКО в странах ЕС. Показано что основу системы управления отходами составляет объективный анализ всех этапов обращения с ТКО – сбор, сортировка, обработка, утилизация и захоронение.

**Ключевые слова:** твердые коммунальные отходы, сортировка отходов, утилизация отходов, рециклинг, анаэробное компостирование, полигоны захоронения ТКО, производство электроэнергии, тепла и топлива из отходов.

По экспертным оценкам, ежегодный мировой объем образования ТКО в настоящее время составляет около 1,3 млрд. тонн; а к 2025 году ожидается его увеличение до 2,2 млрд тонн [1].

Такие огромные объемы образования ТКО уже представляют огромную проблему для большинства стран, и решение этой проблемы будет усложняться в будущем.

Такое количество муниципальных отходов можно рассматривать как возможность получения таких товаров, как компост, материалы для переработки, тепло или энергия.

Наибольшее распространение в мире получили два основных направления утилизации отходов: сжигание и рециклинг (рис. 1) [2].



**Рисунок 1 - Утилизации и захоронения ТКО в странах ЕС (EU-28), 1995-2017, %**

В индустриально развитых странах отходы успешно используются в качестве ресурса для производства электроэнергии, тепла и топлива. В этих стра-

нах отрасль утилизации отходов интегрирована в системы энергетики (таблица 1) [2].

Таблица 1

**Утилизация ТКО с получением энергии по некоторым странам ЕС в 1995 г. и 2017 г, % от количества образованных ТКО**

Страна	Год	
	1995	2017
Европейский Союз-28 стран	7,0	27,0
Бельгия	15,2	42,2
Чехия	0,0	17,3
Германия	0,1	27,4
Эстония	0,0	42,2
Испания	4,8	12,9
Франция	27,5	35,2
Италия	4,5	18,2
Латвия	0,0	2,5
Литва	0,0	18,4
Венгрия	6,9	16,1
Нидерланды	0,0	43,3
Австрия	12,4	38,7
Польша	0,0	22,8
Португалия	0,1	19,7
Финляндия	0,0	58,5
Швеция	38,5	52,7
Великобритания	5,0	36,4
Норвегия	11,5	52,9

В менее развитых странах, где превалирует захоронение ТКО, сбор, транспортировка и утилизация отходов являются актуальными вопросами и требуют детального анализа с последующей модификацией всей системы управления отходами (рис. 2).

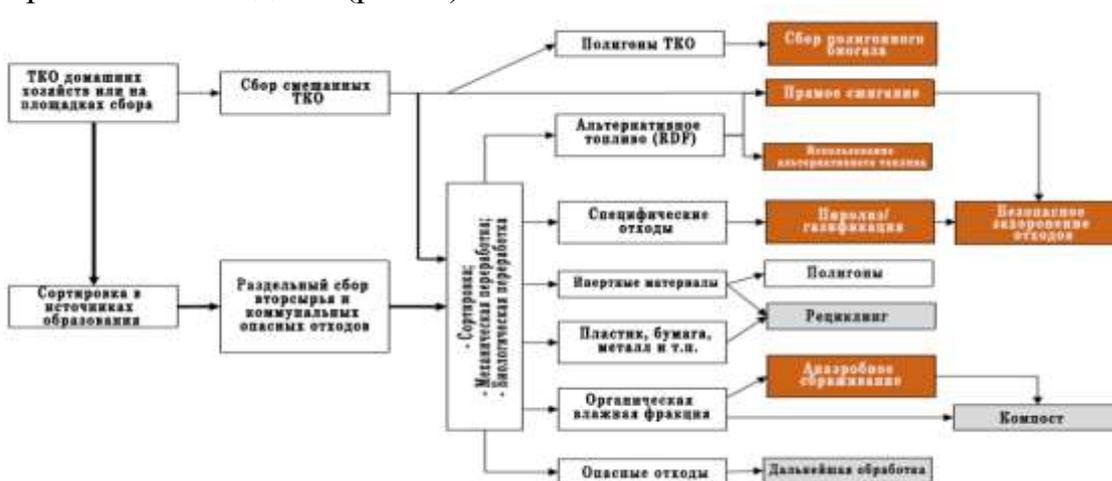


Рисунок 2 - Варианты сбора, транспортировка, обработки и утилизации ОТХОДОВ

Для большинства этих стран, технологии утилизации отходов с получением энергии являются наиболее перспективными и позволяют решать не только насущные проблемы утилизации отходов, но и другие проблемы: дефицит электроэнергии, ограниченные площади для свалок и снижение выбросов парниковых газов при их складировании на необустроенных свалках. Однако внедрению технологий утилизации отходов с получением энергии препятствуют такие факторы как устойчиво сформированное отрицательное общественное мнение, несовершенство тарифных систем для обеспечения капитальных и эксплуатационных расходов, несоответствующий надзор и контроль за соблюдением природоохранного законодательства, ограниченный квалифицированный персонал для эксплуатации предприятий, работающих по данным технологиям.

При разработке системы управления ТКО также следует рассматривать и варианты предусматривающие технологии изготовления альтернативного топлива (RDF), которое может быть получено в процессе предварительной обработки отходов.

В настоящее время экономика Российской Федерации стремится перейти от «линейной экономики» в которой предусмотрено только три основных этапа производственного цикла: «первичные материальные и энергетические ресурсы → производство и изготовление → ликвидация отходов» к более совершенной «круговой экономики» в которой получаемые при утилизации вторичные материальные ресурсы позволяют значительно уменьшать потребность в первичных ресурсах и минимизировать отходы самой утилизации.

Основными причинами перехода к «круговой экономики» являются рост стоимости добычи и транспортирования первичных энергетических и материальных ресурсов, усиливающий дефицит источников их получения, ужесточение экологического законодательства в области обращения с отходами.

Существует большое количество технологий для получения энергии из ТКО. Технологии утилизации отходов с получением энергии классифицируются как технологии биологической очистки (биохимические процессы анаэробного сбраживания в биореакторах и утилизации свалочного газа на полигонах захоронения ТКО) и технологии термической обработки (термохимические процессы -прямое сжигание).

Мусороперерабатывающие заводы, работающие по технологиям анаэробного сбраживания, объединяют процессы преобразования биомассы из твердых коммунальных отходов в биотопливо, органические удобрения, электроэнергию, тепловую энергию, и которые имеют определенную рыночную стоимость.

Для сокращения выбросов парниковых газов со свалок в атмосферу необходимо обеспечить сбор и утилизацию свалочного газа, состоящего в большей степени из углекислого газа и метана. Биогаз, генерируемый полигонами захоронения ТКО, является потенциальным источником производства возобновляемой энергии, которая еще не использовалась в полную силу. Использование свалочного газа, богатого метаном, возможно на когенерационных установках с получением электроэнергии и тепла или в качестве топлива для транспортных средств.

В процессе прямого сжигания ТКО образуются дымовые газы, содержащие большую часть энергии в виде тепла, а также пыли и газообразных загрязнителей, которые удаляются в процесс очищения. Избыточное тепло от сгорания может быть использовано для получения пара для производства электроэнергии, централизованного отопления/охлаждения или подачи пара на производственные нужды. Установки, которые используют когенерацию тепловой энергии (нагрев и охлаждение) вместе с выработкой электроэнергии, могут достичь оптимальной эффективности 80%, тогда как выработка электроэнергии только достигнет максимальной эффективности около 20%.

### **Библиографический список**

1. D. Hoornweg and P. Bhada-Tata, "What a waste: a global review of solid waste management," 2012.
2. [Электронный ресурс]: [https://ec.europa.eu/eurostat/env\\_wasmun\\_esms.htm](https://ec.europa.eu/eurostat/env_wasmun_esms.htm)
3. Ellen MacArthur Foundation, "Towards the Circular Economy, Opportunities for the Consumer Goods Sector," 2013.

УДК628.16.0

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ЧИСТОЙ ВОДОЙ**

*Филиппов Сергей Алексеевич, ассистент кафедры «Защита в чрезвычайных ситуациях», ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** С целью обеспечения различных потребителей водой со сбалансированным ионным составом, было разработано инженерно техническое решение водоподготовки включающей систему мембран с контролем ионного состава на каждом блоке.*

***Ключевые слова:** водоподготовка, мембрана, ионный состав, технологическая система, математическое моделирование, визуализация.*

Вода – один из наиболее ценных ресурсов, без воды человек не сможет прожить больше двух недель, именно поэтому задача обеспечения чистой водой населения является чрезвычайно важной, стратегической задачей. В настоящее время состояние наших водных ресурсов ухудшается, повсеместное использование воды с последующим ее сбросом в водоисточник загрязняет водные системы. Ухудшение качества воды, используемой для нужд хозяйственно-питьевого, сельскохозяйственного водоснабжения и других потребителей, неблагоприятно влияет как на экологию, так и на экономику. В результате интенсификации антропогенной деятельности водные ресурсы загрязняются гербицидами, пестицидами, тяжелыми металлами, повышается общая ее минерализация. Сформировавшийся неблагоприятный ионный состав, негативно отражается не только в сельском хозяйстве, что видно из ежегодных докладов о состояниях сельскохозяйственных земель, но и на качестве продукции и непосредственно на прямых потребителях воды. При городах есть естественные или искусственные тщательно охраняемые водоемы, предназначенные для населения, повсеместно созданы запасы воды и постоянно ведется учет водопотребления.

Однако, не смотря на развитие различных технологий, само качество воды не становится лучше.

Существующие технологии очистки воды, такие как физически, химические, биологически и другие уже не способны справиться с теми загрязнителями, которые сейчас сбрасываются в водоемы, реки и озера. Существующая система водоочистки лишь подгоняет концентрации вредных веществ до предельно допустимых. Однако в настоящее время широкое применение находит мембранные установки очистки воды. Растущие потребности в воде обуславливают необходимость динамичного развития водного сектора мировой экономики. Прогнозируется общий объем инвестиций в водный сектор до 2010 года около 800 млрд. USD. Предполагается, что объем продаж оборудования в мировой индустрии очистки воды возрастет с 23 млрд. USD в 2003 году до 33 млрд. USD в 2010 году, при этом доля Европы составит 35%. [1] Рост потребностей в мембранных материалах приводится в Таблице 1.

*Таблица 1*

### **Рост потребностей в мембранах**

Вид мембраны	Потребность (млн. USD)			Ежегодный прирост (%)	
	1998	2003	2008	2003/1998	2008/2003
Все мембраны	1 190	1 785	2 675	8,4	8,4
Микрофльтрация	626	860	1 175	6,6	6,4
Ультрафльтрация	197	329	530	10,8	10,0
Обратный осмос	234	390	620	10,8	9,7
Другие	133	206	350	23,9	21,1

Как показывает опыт и результаты научных исследований при подготовке воды и ее использовании для удовлетворения требований человека более важным показателем является ионный состав, сформировать который можно с использованием мембранных установок.

Вода, предназначенная для питьевых нужд, должна содержать кальций, основные элементы питания и микроэлементы.

Для этого недостаточно одной мембраны, а необходима система различных мембран. Такая система была предложена ранее, содержит инженерно-технические решения по модульной мембранной водоподготовке с использованием различных мембран (рис. 1) [2].

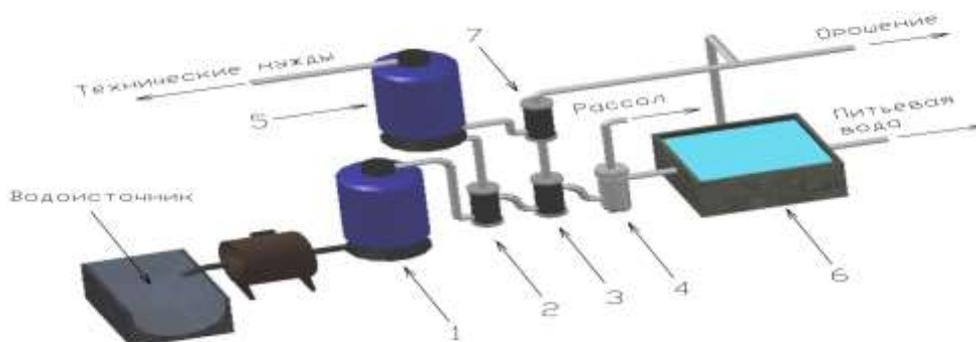


Рисунок 1 - Принципиальная схема установки подготовки воды для орошения [1]

Предложенная система сможет контролировать ионный состав воды, а при правильном подборе фильтров возможно создавать необходимое ионное качество ее для направленного формирования условий качества воды для потребления. Хотя и существует ряд проблем, связанных с механизмом переноса в обратном осмосе, исследования данных технологических процессов проводятся по мере разработки новых инженерных решений и будут совершенствоваться. Процессы обратного осмоса и нанофильтрации схожи по механизму разделения. Однако на сегодняшний день не существует единой теории, которая могла бы описать эти процессы и эффекты при использовании мембран без пор (процесс диффузии) и мембран с порами, где происходит диффузия с конвективным переносом.

Большой вклад в разработку моделей обратноосмотических процессов осуществлен отечественными исследователями – сотрудниками кафедры мембранной технологии РХТУ им. Д.И. Менделеева (МХТИ), МГСУ (МИСИ), МГУИЭ (МИХМ), ВНИИВОДГЕО, НПО «Полимерсинтез» и др. Также принимались 156 попытки обобщения мирового опыта и предлагались теоретические основы процессов мембранного разделения, методы расчета рабочих параметров установок [2-6] рисунок 2.

Модели данных процессов необходимы для совершенствования системы водоподготовки, используя их можно создать полностью автоматизированную систему. Водоподготовка, как никакой другой процесс, нуждается в автоматическом управлении, и при орошении обеспечит контроль, наблюдение и своевременное изменение тех или иных показателей.

Введение компьютеризованной системы может обеспечить многоплановый контроль за происходящими процессами в установке, а также заблаговременный прогноз изменений в технологическом процессе при возможных отклонениях проектных входных и выходных данных водного потока.

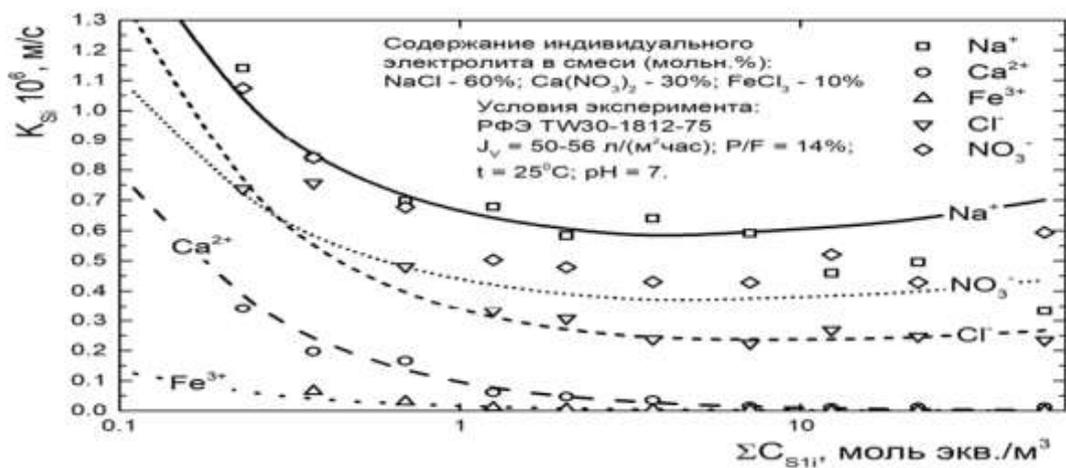


Рисунок 2 – Проверка адекватности математической модели

Таким образом, применение систем роботизации в установках водоподготовки способствует контролю ионного состава, качественному и рациональному распределению полученного водного состава, а также мгновенной корректировке установок водоподготовки при расхождении полученного состава и проектного. Обратив внимание на принципиальную схему (рис.1), мы можем обозначить некоторые «особые места» прохождения потока воды в системе, нуждающиеся в автоматизации при орошении: - на пути от водозабора (водоисточника) до пункта назначения (обеспечение водой населения) – на данной стадии вносятся данные об ионном составе забираемой воды и требования к воде, исходя из условий тех потребностей, необходимых для рота и развития человека; - в модулях 2,3,4,7 (мембранные установки) контроль состава воды с целью дальнейшей его корректировки, а также оценка состояния работоспособности мембран; - на стадиях смешения воды, прошедшей через мембрану 7 и питьевой воды из распределительного блока 6 – для получения точного ионного состава воды. Таким образом, использование данной установки в совокупности с автоматизированной системой управления технологическим процессом позволит создать полностью контролируемый процесс водоподготовки, обеспечивающий заданное качество воды по ионному составу. Включение такого модуля в гидросистему двустороннего действия позволит реально создать полностью оборотную систему. Необходимо отметить, что без должного контроля за протекающими в установке (модуле) процессами только на основе измерения параметров датчиками уже недостаточно, так как основные процессы происходят на мембране, которая закрыта для прямой визуальной оценки ее состояния, а датчики фиксируют уже совершившийся процесс или его нарушение. Для эффективной и гарантированной работы такого модуля необходимо, кроме математической модели, описывающей процесс разделения ионов, использовать визуализацию. В последние годы все более востребованными становятся возможности систем виртуального окружения (ВО), позволяющие воспроизводить в виртуальной среде объекты (их структуру, вид, поведение и взаимодействие), которые в 157 режиме реального времени могут копировать поведение своих прототипов, находящихся и функционирующих в реальной среде. Эти возмож-

ности можно кратко охарактеризовать как «видеть невидимое», точнее, получить изображение объектов наблюдения без использования средств прямого оптического видения [7]. Система ВО, в которой воспроизводятся реальные события, происходящие с объектами, предоставляет гораздо более мощные возможности по сравнению с телевизионными системами, прежде всего заключающиеся в принципиальном отсутствии ограничений на свободу передвижения наблюдателя внутри виртуального пространства. Такие системы ВО имеют ярко выраженные функциональные особенности - реальные объекты фактически управляют своими «виртуальными двойниками». В работах В.О. Афанасьева с коллегами была реализована технология, в которой поведение виртуальных объектов индуцируется поведением реальных объектов. Поэтому созданную визуальную среду назвали Индуцированным Виртуальным Окружением [8]. Следует заметить, что в реальности увидеть развитие процессов, происходящих в мембранах, невозможно, так как эти процессы протекают на молекулярном уровне. Таким образом, воссоздание осмотических процессов, на основе данных моделирования и визуализация этих процессов, несомненно, даст нам возможность более точно корректировать ионный состав и минерализацию воды, при которой обеспечиваются благоприятные условия обеспечения чистой водой населения.

#### **Библиографический список**

1. Белогорский А.А., Лапшин В.К. Тенденции и перспективы применения мембранных технологий в системах водоснабжения и водоотведения // Энергосбережение и водоподготовка. -2006. -№3. –с.9-13
2. Максименко В.П., Стрельбицкая Е.Б., Зайцев С.А. Об инженерно-техническом решении экологических проблем водопользования в сельском хозяйстве // Экология и промышленность России. – 2015. – Т. 19. - № 1. – С. 4 – 7.
3. Анисимов С.И., Орлов Н.С. Исследование массопереноса при деминерализации разбавленных растворов сильных электролитов обратным осмосом // Мембраны и мембранные технологии. - 2018. - Т8. - № 6. – С. 381-387.
4. Анисимов С.И. Исследование массопереноса при обратноосмотическом разделении растворов электролитов // Успехи в химии и химической технологии. - 2016. - Т.30. - № 2. - С. 111-113.
5. Афанасьев В.О., Байгозин Д.А., Батулин Ю.М., [и др.] Системы визуализации и виртуального окружения в задачах исследования космоса: настоящее и будущее // в книге «Космонавтика XXI века. Попытка прогноза развития до 2101». - Под редакцией академика РАН Б.Е. Чертока. - М.: Изд-во «РТСофт», 2010. - С.185-256.

## САПР В СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАК ВАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ БУДУЩЕГО СПЕЦИАЛИСТА СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ

*Зимнюков Владимир Анатольевич, доцент кафедры гидротехнических сооружений Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева*

*Зборовская Марина Ильинична, доцент кафедры гидротехнических сооружений Института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева*

**Аннотация:** *Рассматривается важность применения в процессе образовательного процесса по подготовке будущего специалиста строительного профиля компьютерных программ, позволяющих автоматизировать процесс подготовки строительной документации с учётом требований строительных норм и единой системы конструкторской документации. Показана важность применяемых технологий в совершенствовании процесса обучения и саморазвитии и самоподготовке студентов, а также в повышении конкурентоспособности выпускников вуза.*

**Ключевые слова:** *образование, информационно-компьютерные технологии, качество образования, ИКТ – компетентность, BIM – технологии, САПР, пространственное мышление, непрерывное образование.*

В сфере образования идёт интенсивное внедрение средств информационных и коммуникационных технологий в предметные области, профессиональную деятельность педагогов и организацию управления учебно-воспитательным процессом [1].

В разрезе образовательного (развивающего) процесса мы можем сегодня обозначить компетенции, которые помогают не только выжить в век цифрового «дарвинизма», но и процветать – как в социально-иерархическом, так и креативном смысле [2]: 1. Работа с информацией; 2. Выбор методов и средств познания; 3. Рациональное использование технологий; 4. Развитие коллективного взаимодействия.

Качество образования — это, прежде всего, востребованность полученных знаний в конкретных условиях, их применение для достижения конкретной цели и повышения качества жизни. На качество профессионального образования оказывают влияние следующие показатели: высококвалифицированные преподаватели; свободный доступ к учебникам и профессиональной литературе, к современным обучающим материалам и дополнительной информации; хорошо оборудованные учебные кабинеты; способность обучающегося удовлетворять требованиям современного общества. Задача преподавателя сегодня: попробовать шире взглянуть на содержание и методы обучения в своей дисциплине. Постараться совместить традиционные умения по дисциплине и умения,

составляющие ИКТ-компетентность [1]. Больше внимание со стороны преподавателя должно уделяться практической направленности учебных материалов.

Современный уровень развития ИКТ расширяет доступ к образовательным и профессиональным ресурсам, способствует интеграции национальной системы образования в мировую сеть, значительно облегчает доступ к международным ресурсам в области образования, науки и культуры. Создание образовательных сообществ имеет большое значение, открывая возможность обмена опытом, участия в профессиональных дискуссиях [1].

Мир постоянно меняется, и в результате этих изменений возникает неопределенность. Принимать решения приходится в условиях отсутствия полной информации. А если вы отказываетесь принимать решения и остаетесь на месте, мир не будет вас ждать [3].

Было бы ошибкой считать, что применение информационно-коммуникационных технологий автоматически повышает качество профессионального образования. Несмотря на все многообразие информационных источников, педагогических методик, преобразующих информацию в знания, существует только один путь превращения знаний в образование. Эта трансформация совершается в сознании обучающегося, в результате чего формируется и развивается личность. Обучающиеся нуждаются как в новых практических навыках и теоретических знаниях, так и в способности постоянно совершенствоваться.

Таким образом, влияние информационно-коммуникационных технологий на профессиональное образование не ограничивается модернизацией дидактических методов преподавания. Оно должно приводить к внутреннему развитию образовательных учреждений и их трансформации в образовательные сообщества [1].

Для технических специальностей чертёж является одним из главных носителей технической информации, без которой не обходится ни одно из производств. Мы знаем, что на производствах практически отошли от построения чертежей с помощью кульмана, и современные системы автоматизированного проектирования позволяют отслеживать процесс создания изделия и сооружения от предварительного проекта до утилизации (BIM технологии). С появлением достаточно мощных ЭВМ архитекторы и проектировщики перекочевали от гигантских чертежей и километровых бумажных расчётов в компактные компьютерные приложения, а благодаря гениальным людям — программистам, проектировщики могут теперь создавать не просто 2D чертёж, а полную информационную модель здания или сооружения, со всеми инженерными системами и т. д. (подробнее можно узнать в интернете по запросу «BIM технологии в строительстве»). Например, коротко о преимущества программы Revit Autodesk: 1) связь 2D и 3D видов + их связь с рабочей документацией; 2) огромная база семейств, которые представляют собой готовые объекты, от стен блоков до светильников и розеток; 3) возможность самому создавать готовые объекты и сохранять в семейства, например, у нас в шаблоне нет новых плит или ферм, специально выпущенных под объект — не беда, просто создаём новые,

процесс занимает считанные минуты; 4) создание аналитической модели, учёт арматуры в ЖБ конструкциях, расстановка арматуры в соответствии с расчётами; 5) расчёт простых конструкций; 6) полная связь со всеми продуктами Autodesk; 7) высочайшая эффективность работы. А благодаря фотосъёмке с дрона, в Autodesk Recap можно воссоздавать здания и сооружения в виде облака точек, и по нему выстраивать либо модель в Revit, либо создать концепт в 3D Max. Есть множество различных дополнительных программ для Revit, и не обязательно следовать исключительно известным методикам, можно находить для себя что-то новое, идти в ногу со временем [4].

Сегодня часто из-за фактического отсутствия черчения в школе, у большинства студентов практически отсутствует пространственное мышление, но информационные технологии занимают одну из ведущих позиций в сфере строительства. Современное проектирование в области строительства, архитектуры, конструирования, дизайна сейчас уже трудно представить без применения средств компьютерной графики, например такой настольной системы, как AutoCAD, которая создана компанией Autodesk и др.

Подготовка строителей связана с реальной практикой. Реальное проектирование выражается в разработке творческих курсовых проектов и ВКР [5]. Программой учебных и производственных практик предусмотрена работа студентов в проектных фирмах и на стройках. Таким образом, даже если в стенах вуза не разрабатывается комплексная документация для реального проектирования, учебный процесс не отрывается от практики.

Методика проектирования при обучении студентов аналогична той системе, которая сложилась в проектных фирмах. Чертежи выполняются в программе Автокад, для презентации запроектированного сооружения студентами может быть создан видеоролик. Видеоролик может быть выполнен в программе 3DMAX, а так же могут быть применены программы: Corona Renderer, Photoshop и др.. Огромные потенциальные возможности, заложенные в технологию цифровой обработки изображений, позволяют в короткие сроки получать впечатляющие результаты. Актуальная задача формирования нового поколения инженеров-строителей требует существенного и незамедлительного расширения спектра изучаемого компьютерного софта и программ инженера строителя, развития материально-технической базы, укрепления и обновления кадрового состава специалистов.

Пакет программ САПР как современный чертежный инструмент освобождает студента от утомительных операций выполнения чертежа, при этом обеспечивает высокое качество выполняемых графических работ.

Межпредметные и надпредметные связи являются необходимым условием успешного обучения. САПР и ВМ и позволяют реализовать межпредметные связи в преподавании черчения, геометрии, физики, информатики и специальных дисциплин. Также компьютерные программы предоставляют студенту новые возможности в успешном развитии пространственного мышления.

В ходе занятий студенты приобретают практические навыки работы с графическими редакторами, необходимых для выполнения чертежно-

конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД и действующих Государственных стандартов. Практические работы можно чередовать с уроками теоретических знаний с использованием презентаций и видеофрагментов, мультимедиа, гипермедиа и телекоммуникации. При этом возможно сочетание офлайн и онлайн обучения, что позволяет студенту вести обучение в своём темпе.

Самое интересное, что предлагает нам Autodesk — бесплатную лицензию на 3 года (студентам и преподавателям ВУЗов, и не только, подробнее на форуме Автодеск), на любой из своих продуктов, полностью без ограничений, единственное НО, это запрет на использование с целью извлечения финансовой выгоды, проще говоря, используем как хотим, но только для учебных целей. Учебные лицензии есть и у конкурентов, но они либо на короткий срок в несколько месяцев, либо весьма ограничены.

### **Заключение.**

- применение компьютерных технологий является эффективным и действенным методом оптимизации учебного процесса;
- использование САПР способствует развитию пространственного воображения, пространственных представлений, образного, логического, абстрактного мышления студентов;
- внедрение программ, например фирмы Автодеск, позволяет увеличить качество выполнения курсовых и квалификационных работ по техническим специальностям.

Таким образом, преимущества применения информационных технологий в вузах подтверждаются преподавателями, которые их активно используют в процессе обучения. Использование информационно-коммуникационных технологий позволяет совершенствовать учебный процесс, реализовать новые подходы к обучению, организовать самостоятельную, творческую деятельность, выстраивать индивидуальные траектории обучения; предоставить новые способы поиска и обработки информации, увеличить долю экспериментальной и исследовательской деятельности учащихся; мотивировать учащихся к изучению материала, сохранить интерес к предмету на протяжении всего времени его изучения; расширять кругозор и повышать познавательную активность, вырабатывать потребность к непрерывному самообразованию; повысить качество и эффективность усвоения знаний.

### **Библиографический список:**

1. Андриянов, С.Е. Возможности информационно-коммуникационных технологий в профессиональном образовании. В сборнике «Новые средства информатизации и перспективы их использования»: материалы Международной научно-практической конференции (19 февраля 2016 г., г. Ульяновск). Ульяновск: ОГ-БПОУ УСК, 2016. 314 с. С. 16-18.
2. Азаренко, Е.Ю., Пальцев, А. И. Розанов Д. С. Информатизация общества через мультимедиа-продукты. Решения компании CASIO для учебного и творческого процесса. В сборнике «Новые средства информатизации и пер-

спективы их использования»: материалы Международной научно-практической конференции (19 февраля 2016 г., г. Ульяновск). Ульяновск: ОГ-БПОУ УСК, 2016. 314 с. С. 12-13.

3. Лекция Ицхака Адизеса в Санкт-Петербурге 28 октября 2019 г. Управление изменениями. Конспект 92 с.

4. Барак Адама. Несколько причин изучать Revit, если ты инженер-строитель. Работа с 3D-графикой.

<https://habr.com/ru/sandbox/107974/>

5. Зимнюков, В.А., Рубин, О.Д., Зборовская, М.И., Зайцев, А.И. Проектирование и расчёт обделок гидротехнических туннелей. Учебно-методическое пособие. – М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2018. – 140с.

УДК 627.8

## **ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ. ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ**

*Зимнюков Владимир Анатольевич, доцент кафедры гидротехнические сооружения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова*

*Зборовская Марина Ильинична, доцент кафедры гидротехнические сооружения, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова*

***Аннотация:** опасность наводнений с точки зрения современной жизни людей, а также сооружения и мероприятия по борьбе с наводками. Приводятся виды катастрофических наводнений последних лет в России, а также рассматриваются особенности регионов и учет этих особенностей в порогах борьбы с наводнениями.*

***Ключевые слова:** наводнение, паводок, гидротехническое сооружение, безопасность, ущерб, механизмы защиты, чрезвычайные ситуации (ЧС).*

Водное хозяйство России неразрывно связано с историей нашего государства и населяющих его народов.

Слово «Русь» образовано соединением двух первичных фонетических блоков. Первый из них (-рь) означает нечто светлое, хорошее, тёплое, второй (-сь, -сть) – нечто важное. Объединение этих двух блоков кроме ординарного смысла - «река» имеет более глубокий смысл – «светлая вода» - то есть «место, где есть река или реки».

Исследования археологов показали, что первые индоевропейские племена осели в Среднем Поднепровье в третьем тысячелетии до н.э. По контрасту с засушливыми степями Приуралья и Нижнего Поволжья, откуда они появились, их новая Родина была названа – *Русь (Рось)*, то есть «*Речная страна*» или «*Страна светлых вод*».

Так слово «*Русь*», бывшее изначально топонимом, то есть «Речная страна», «Страна светлых вод», стало названием государства, а затем самоназванием великого народа.

В основу описания русской земли и отдельных её местностей на всех этапах существования российского государства легла гидрография, так как с незапамятных времён речная сеть наметила и определяла в течении сотен веков местоположение многих русских поселений, рост городов и развития торговли. Отмеченное отчётливо видно из рассмотрения «Несторовой летописи».

Крупнейшим событием в истории русской картографии и гидрографии было составление первой карты Руси, известной под названием «Большой Чертёж».

Воцарение Петра 1 сопровождалось усилением развития наук в России, систематизацией изучения её природы и гидрографии в связи с резким возрастанием значения её водных путей в развитии промышленности и торговли, в военном деле. Пётр I пригласил много зарубежных учёных и специалистов различных профилей, подготовил собственные кадры учёных и инженеров, поручил и тем, и другим осуществить обследование и описание интересовавших его регионов России. Одним из таких заданий – была разработка проекта соединения

При Иване IV Грозном в Москве создаётся первое учреждение по строительству – Каменный приказ, ведавший городским строительством, кирпичными заводами, мастерами каменного дела. Первые русские «инженеры» появились в России лишь в XVIII в. при Петре 1. Он уделял главное внимание гидротехнике и фортификации. Петровское посольство в Голландии нанимает в 1698 г. на русскую службу «слюзных да каменных дел мастеров». В 1701 г. к последним присоединился де-Бролли – первый механик, который впоследствии работал на строительстве Вышневолоцкой водной системы. В первой школе «инженерства», открытой в Москве в 1701 г. по указу Петра 1 среди прочих наук изучается «слюзное дело», а в июле 1708 г. издаётся первый в России учебник, которым оказывается переводной учебник по гидротехнике «Книга о способах, творящих водохождение рек свободное» (перевод с французского).

Среди инженеров, нанятых на службу в 1698 г. был Вилим (Иванович) де Геннин – голландец, начавший службу у Петра 1 фейерверком. В 1710 г. он уже подполковник и участвует в штурме Кексгольма. В 1717 г. Пётр 1 назначает его начальником Петровских и Олонцевских заводов. При их возведении В. де Геннин строит заводские пруды с плотинами, которые позволили «мануфактуры водой действовать». С 1722 г. В. де Геннин – генерал, которому поручено строительство уральских и сибирских заводов, а также изыскание трассы «водяной коммуникации» между р. Москвой и р. Волгой.

Одним из первых гидротехнических сооружений в Москве стали крепостные рвы, окружившие отдельные части города. Первый из этих рвов был назван Алевизовским по имени своего строителя итальянца Алевиза Фрязина (всех итальянцев тогда в России звали «фрягами» или «фряжинами»).

Михаил Иванович Сердюков был одним из первых русских гидротехников петровской поры, ярко выделившимся своей индивидуальностью и предприимчивостью. Он родился в 1678 г., а умер в 1754, то есть прожил 76 лет.

В октябре 1782 г. императрица Екатерина II издала указ о создании Гидравлического корпуса в связи с «умножением в государстве нашем различных водных работ». Предусматривалось, что в штате Гидравлического корпуса будут состоять «восемь гидравликов первой степени и восемь водяных строителей, или гидравликов второй степени». Предполагалось, что в корпусе будут работать в основном офицеры инженерных войск из Инженерного, Кадетского и Артиллерийского корпусов, а также Генштаба. Все они должны были «теми работами управлять и оные производить» и готовить «на будущее время людей в сей части искусных и способных».

Намечалось ввести в программу обучения в Инженерном корпусе механику, гидравлику, гидротехнику и иностранные языки, на которых было издано более всего книг по этим предметам.

В октябре 1782 г. новгородским губернатором, сменившим Я.Е. Сиверса на этом посту, стал генерал-аншеф, сенатор, граф Я.В. Брюс. Он же управлял всей деятельностью Вышневолоцкого водного пути. В феврале 1798 г. по подготовленному им проекту был создан Департамент водяных коммуникаций.

В июне и сентябре 1809 г. были изданы указы о преобразовании Департамента в Экспедицию водяных коммуникаций, к которой присоединили Экспедицию об устройении дорог в государстве, работавшую с 1800 г. Аппарат управления экспедиции водяными коммуникациями находится в г. Твери.

Началась работа по созданию общероссийской системы управления водными коммуникациями. В создании документов участвовал и государственный секретарь граф М.М. Сперанский (1772-1839). В ноябре 1809 г. проект системы управления водными коммуникациями был утверждён императором Александром I. Одновременно было опубликовано «Учреждение об управлении водяными и сухопутными сообщениями» и «Манифест», посвящённый необходимости указанных преобразований.

После Отечественной войны 1812 г. был составлен план развития российских водных путей. Им предусматривалось закончить создание Тихвинской и Мариинской водных систем, завершить строительство Ивановского канала для соединения Оки и Дона, провести шлюзование Северского Донца, углубить устье Дона. Предполагалось также выполнить соединение Волги с Доном, построить канал, соединяющий Северную Двину с водной системой Камы, а также провести значительные по объёму работы, которые должны были обеспечить улучшение условий судоходства в бассейнах Днепра, Западной Двины и Северной Двины. В 1820 г. был создан Департамент (Главное управление) путей сообщения. На его основе в 1832 г. появилось Главное управление путей сообщения и публичных зданий, в 1865 г. преобразованное в Министерство путей сообщения России.

Строительство водохранилищ в России началось в ХУП-ХIХ вв. Некоторые из них эксплуатируются до сих пор: на Верхней Волге для обеспечения во-

дой металлургической и металлообрабатывающей промышленности в ХУШ в. были построены Белохолуницкое (41,3 млн. м<sup>3</sup>), Большое Кирсинское (15,8 млн. м<sup>3</sup>) и другие водохранилища. Для этих же целей на Урале в бассейне р. Оби были созданы Верхнетуриновское (9,8 млн. м<sup>3</sup>), Невьянское (12,6 млн. м<sup>3</sup>) водохранилища и др.

Уже в 1938 г. было сооружено Иваньковское водохранилище на Волге. Основным регулятором стока в Волжском каскаде является Куйбышевское водохранилище, осуществляющее сезонное регулирование стока. Для многолетнего регулирования предназначено только Рыбинское водохранилище. Саратовское и Волгоградское осуществляют суточное (недельное), а остальные водохранилища каскада – сезонное регулирование стока.

В 60-70-е годы XX в. было введено в эксплуатацию несколько крупных водохранилищ на Каме, Ангаре и Енисее.

В целом по территории России сейчас находится в эксплуатации 2650 водохранилищ ёмкостью свыше 1 млн.м<sup>3</sup>. Их суммарный полезный объём составляет 342 км<sup>3</sup>, причём более 90% приходится на водохранилища, имеющие ёмкость свыше 10 млн.м<sup>3</sup>. Из общего количества водохранилищ комплексно используются около 230, а остальные – только отдельными отраслями хозяйства: для нужд энергетики – 30, сельского хозяйства – 1761, водоснабжения – 297, прочих нужд – 586.

В структуру водного хозяйства традиционно входят: водный фонд, водохозяйственные объекты (составляющие основные производственные фонды), органы управления водным фондом, водохозяйственные организации, учреждения и предприятия научного обеспечения, инженерные центры и дирекции по строительству водохозяйственных систем и сооружений.

В соответствии с Водным кодексом Российской Федерации почти 100% водных объектов находятся в государственной собственности, в том числе 95% - в федеральной. Исходя из этого, управление использованием и охраной водных объектов осуществляется на федеральном уровне от имени собственника, на местах – его территориальными органами.

Система управления водными ресурсами, кроме специального блока в центральном аппарате МПР России, включает:

- 18 бассейновых водных управлений (БВУ), выполняющих функции по управлению водным фондом в бассейнах крупных рек России;
- 108 территориальных органов, созданных в субъектах Российской Федерации.

В 2000 г. произошло некоторое изменение и функций, и структуры Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

17 мая 2000 г. вышел Указ Президента Российской Федерации № 867 «О структуре федеральных органов исполнительной власти». Этим Указом были упразднены Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды и Федеральная служба лесного хозяйства России, а их функции переданы МПР России. Система управления министерства построена по трёх-уровневой основе:

- федеральный орган (центральный аппарат МПР России);
- региональный (окружной) департамент (по России их семь, каждый распространяет своё влияние на территории нескольких субъектов Российской Федерации);
- объединённые территориальные управления природных ресурсов (на территории каждого субъекта Российской Федерации).

Сохранён бассейновый принцип управления водными ресурсами в соответствии бассейновые водные управления.

В 2015 году был представлен проектно-аналитический доклад Ю.В. Крупнова, А.А. Белякова, И.А. Мельник и др. к разработке Речной доктрины Российской Федерации. В Докладе автор выдвигает новую идеологию социально-экономического и геополитического развития России, в основе которой комплексная реконструкция речной сети с целью решения всех существующих в стране водных проблем.

В 2018 году в газете «Природно-ресурсные ведомости» была опубликована статья В.Ф. Ладыгина, Ю.Г. Богомолова и С.М. Голубева «Управление водохозяйственной отраслью», где также отмечена объективная необходимость введения единого и ответственного органа государственного управления водным хозяйством России.

#### **Библиографический список**

1. И.С. Румянцев «Страницы истории российской гидротехники». Учебное пособие –М.: МГУП, 1999. –211 с.
2. Беломорско-Балтийский канал им. Сталина. История строительства под ред. М. Горького, Л. Авербаха, С. Фирина. –М.: Изд-во ОГИЗ, 1934. –616с.
3. От голландского капитана до российского министра. Франц Павлович де Воллан (к 250-летию со дня рождения) –СПб.: Европейский дом, 2003. – 368 с.
4. Вечный двигатель. Волжско-Камский гидроэнергетический каскад: вчера, сегодня, завтра / под общ. ред. Р.М. Хазиахметова. Авт.-сост. С.Г. Мельник. –М.: Фонд «Юбилейная летопись», 2007. –352 с.
5. Строители России, XX век. Электроэнергетика. –М.: ООО «Издательство Мастер», 2003. –1164 с.
6. А.М. Черняев, Н.Б. Прохорова. Водные ресурсы, их использование и охрана. –Екатеринбург: Изд-во РосНИИВХ, 2002. –300 с.
7. Беляков А.А., Крупнов Ю.В., И.А. Мельник и др. Речная Доктрина Российской Федерации. Проектно-аналитический доклад к разработке доктрины. – М.: Международное Движение развития, Институт демографии и регионального развития, 2015г. 108 стр.

## НЕКОТОРЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ АПК

*Черных Ольга Николаевна, доцент кафедры гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** *Представлено современное видение проблем строительства и эксплуатации природоохранных гидротехнических сооружений в сельском ландшафте.*

**Ключевые слова:** *водоём и водоток, рекреация, копань, плотина, орошение, экореконструкция водных объектов.*

Русские крестьяне издревле традиционно селились на плодородных землях у рек и водоёмов не только для водообеспечения и обустройства хозяйства, но и для ловли рыбы, выпаса скота на берегах, покрытых травой и густыми лесами, строительства мельниц, а позднее сельских ГЭС, получения промышленных товаров, транспортного сообщения и, конечно же, отдыха (купание, проведения праздников, обрядов и пр.). Надо отметить, что для российских земледельцев более традиционны, а значит, и более практичны такие источники водоснабжения, как, например, колодцы, которые когда-то были обязательны в любой деревне, даже расположенной у реки, и прошли многовековую проверку. Сегодня же проще, особенно индивидуальным фермерским хозяйствам, решать проблему водоснабжения за счет доступности электричества, технологии подземного бурения, большого выбора насосов и скважин, благо бурильное оборудование позволяет быстро (хотя и недешево) их устроить. Однако лицензирование, высокая стоимость бурения и оборудования скважины, её ремонт в случае, например, засорения практически равный по затратам оборудованию новой скважины, снижают заманчивость принятия такого решения. При этом надо учитывать, что во многих районах, особенно там, где развита промышленность, подземные воды зачастую представляют собой непригодные для водоснабжения рассолы. Использование подземных вод (как самих по себе, так и в сочетании с поверхностными) часто оказывается более эффективным на единицу продукции по сравнению с орошением поверхностными водами. Наряду с подземными источниками водоснабжения, дебет и качество которых нередко не удовлетворяет потребностям хозяйства, в число традиционных источников воды входит забор воды из рек, озер и водохранилищ. Правда, некоторые современные фермеры ставят приоритетом улучшение неорошаемого земледелия и развитие мелко-масштабного орошения либо повторное использование оросительной дренажной воды как источник водоснабжения на территориях, где в данный момент практикуется интенсивное поверхностное орошение, но это отдельный вопрос для обсуждения.

Сегодня в мировой гидротехнической практике насчитывается более 45 тыс. крупных плотин («крупной» плотиной Международная комиссия по крупным плотинам определяет плотину с высотой более 15 м от основания). При-

близительно 30...40 % из 268 миллионов гектаров орошаемых земель во всем мире зависят от плотин. Причём, в мире доля плотин, возводимых для орошения и водоснабжения за последние 20 лет увеличилась с одновременным снижением количества плотин для выработки электроэнергии [1]. Постепенно в РФ получают распространение микро- и мини-ГЭС, особенно в труднодоступных сельскохозяйственных районах, где затруднено централизованное электроснабжение. В настоящее время здание водяной мельницы и энергию падающей воды чаще всего используют уже не для помола зерна, а для выработки локального электричества, организации экотуризма, как объект историко-культурного наследия, изучения крестьянского быта, создания нового центра рекреации и коммерции [1, 3]. Есть и проблемы, сопутствующие орошаемому земледелию: засоление почв и заболачивание территорий, что ограничивает урожайность выращиваемых культур и количество их видов.

В состав современного водохозяйственного комплекса РФ входит более 65 тысяч ГТС, включая плотины, дамбы, защитные валы, каналы, трубопроводы, судоходные шлюзы, насосные станции и пр., из которых 4,5 тыс. – безхозные ГТС. В государственной собственности находится около 1 % всех ГТС. Только на территории Московской области из более чем 1,5 тыс. ГТС на данный момент от 49 % до 68 % гидроузлов в зависимости от района являются безхозными. Из них 87 % требуют капитального ремонта. Они представляют собой преимущественно сельскохозяйственные пруды для мелиоративных и животноводческих комплексов, небольшие дамбы, эксплуатирующиеся для местных нужд и не являющиеся источниками потенциальной опасности. Поэтому вопрос о необходимости строительства нового водоёма, реконструкции, ликвидации, потерявшего своё водохозяйственное назначение водного объекта, или его консервации, должен решаться анализом экологических последствий для водотока и окружающих территорий.

При отсутствии возможности устроить плотинный пруд и естественных понижений рельефа вырывают котлованы, устраивая таким образом пруды-копани, иногда для этих целей целесообразно рекультивировать существующий выработанный карьер. Такие пруды желательно создавать на слабоводопроницаемых грунтах (супесь, суглинок, глина) с расположением дна на водоупоре. Во избежание подтопления близлежащей территории уровень воды в прудах должен быть ниже поверхности земли не менее чем 0,5 м. Вынутый при строительстве и дноуглублении грунт в виде дамб может быть уложен вокруг пруда. Этот грунт можно использовать для создания искусственного живописного рельефа с зелеными насаждениями. В приусадебных парках и садах дамб из вынутого грунта не делают, а землю равномерно разбрасывают в микропонижения местности. В пруду для водопоя желательно устроить пологий спуск для скота. Для формирования берегового ландшафта пруда и защиты пляжных участков от ветра, вблизи воды сеют траву или формируют имеющееся травяное покрытие (залужение или одерновка), далее сажают низкорослые деревья и кустарники, а за этим поясом — высокие деревья [2, 4]. Пляжи и поляны для отдыха устраивают на пологом берегу с одиночными деревьями, защищая их от ветра посадками деревьев и кустарников со стороны господствующих ветров.

Поскольку пруды-копани питаются в основном за счет весенних талых вод и осадков, то при выборе объёма пруда, необходимо учитывать площадь водосбора, с которой будет поступать вода в пруд. Глубина такого пруда (не менее 1,5...2 м) подбирается по двум позициям: с одной стороны, вода во время паводка и дождей не должна переполнять и размывать борта котлована, а с другой - пруд даже в конце лета должен сохранить минимально гарантированный объем воды с учетом всех потребностей, что обеспечивается качественной гидроизоляцией ложа водоёма, например, устройством защитного экрана из геосинтетических материалов - геомембраны. Для увеличения полезного объёма копань можно оградить земляной насыпью с одной или нескольких сторон (пруд-полукопань). На прудах для самотечного орошения или рыборазведения обязательно нужен водовыпуск.

В комплекс противофильтрационных мероприятий чаши любого водоема входит: заделка карстовых воронок глиной или глиноцементным раствором, солонцевание верхнего слоя чаши, искусственное уплотнение грунта, цементация, битумизация, или глинизация трещиноватых, или сильно фильтрующих грунтов, использование полиэтиленовых геомембран. Одной из современных технологий гидроизоляции является жидкая резина, по многим параметрам выигрывающая у гидроизоляции из традиционных материалов. Водоемы, изготовленные с применением прочной и эластичной мембраны из жидкой резины, могут использоваться не только как декоративные, но и для купания, разведения рыбы, пожаротушения. До появления гибкого покрытия и литых жестких конструкций декоративные приусадебные пруды в основном делались из бетона, плёнки или реже грунтоцемента. Сейчас способ строительства данного типа прудов из бетона из-за высокой стоимости и не экологичности утратил свою популярность, хотя многие до сих пор считают его самым лучшим, особенно для частного купального пруда - бассейна.

Разведение рыбы в прудах (как для платной рыбной ловли, так и промышленное рыбоводство) может быть дополнительной статьёй дохода, и для индивидуального предпринимателя, и для рыбоводных хозяйств, т.к. позволяет получать высококачественный продукт питания. В полносистемном рыбхозе технологический цикл изготовления продукции начинается с разведения мальков и заканчивается получением товарной рыбы, при этом используется целая система прудов (маточный, нерестовый, нагульный, выростной, зимовальный, нерестовый, карантинный), каналов, регулирующих и пр. природоохранных гидротехнических сооружений. В нагульных прудах можно выращивать разнообразные породы рыб: карась, линь, сазан и пр., но наибольший эффект даёт зеркальный карп, который посаженный весной, например, весом 25...30 г, к осени может достигнуть 1000 г, а при дополнительной искусственной подкормке (зерновые отходы, жмых и пр.) можно получить до 10...15 ц рыбы с одного гектара водной площади пруда. Обычно весной запускают годовиков карпа порядка 400...500 штук на 1 га водной поверхности, по возможности ограничивая количество малоценной и хищной рыбы. Также может быть выгодно в прудах и разведение водоплавающей птицы: уток и гусей. При выпуске на 1га зарыблённого пруда около 150...200 уток нагул их за лето может составить до 300 кг мя-

са с 1 га пруда, до 60 % повышается яйценоскость уток и ускоряется рост, а корма требуется при этом на 30 % меньше.

В каскадных рыбоводных водоёмах не редко водоснабжение и сброс воды из водоёма зависимы (кроме первого пруда, расположенного выше остальных) Пруды, расположенные ниже заполняются через донные водоспуски верхних прудов. Зависимое водоснабжение устраняется устройством канала вдоль каскада прудов. В нижнем пруду каскада сброс воды независимый. При пойменном расположении производственных рыбоводных прудов (система прудов может находиться, как с одной, так и с двух сторон поймы) они обваловываются земляными дамбами, а для водоснабжения их часто устраивают головной пруд, в земляной плотине которого располагается водосброс. Содержание и разведение селекционной рыбы – это достаточно весомая часть в составе затрат любого рыбоводческого хозяйства. При этом дополнительно приходится практически постоянно бороться с содержащимися в воде микроскопическими водорослями и бактериями, которые могут стать фоном для развития заболеваний лап птицы.

Необходимо отметить ещё одну тенденцию сельскохозяйственного гидротехнического строительства. Для поддержания и развития проекта цивилизованного и регионального экотуризма в России всё более актуальной становится и проблема экологического обустройства малых рек (только в РФ их насчитывается более 2,5 миллионов) и водоёмов. Для этого наряду с разработкой природоохранных мер необходимо осуществление специальных инженерных мероприятий по минимизации, ослаблению и компенсации воздействий плотин малых гидроузлов на окружающую среду. При этом опыт реабилитации малых водных объектов [1-4] показывает, что наиболее успешные результаты ренатурирования получаются при восстановлении водотоков на уровне периода, предшествующего индустриальному освоению реабилитируемой территории. Программы восстановления должны включать как мероприятия по улучшению качества воды, так и реконструкцию гидротехнических сооружений, расположенных на водном объекте и традиционных для восстанавливаемого периода. Например, во многих европейских странах восстанавливаются водяные мельницы и мельничные пруды.

Природные ландшафты России всегда были связаны с рекреационной стороной жизни населения. В результате особых режимов земле- и природопользования, предусматривавших создание мест для отдыха, праздника, общения с природой, веселья, сложились осознанные подходы и принципы оформления ландшафта как рекреационного. Вначале это могли позволить себе только дворяне, помещики, позднее амбициозные и богатые купцы, создавая русские усадьбы с водными объектами, а затем и простые зажиточные люди. К первым рекреационным ландшафтам XIV-XVIII вв. можно отнести зверинцы – просветлённые просеками леса с различными водными объектами близ усадеб царей, князей и их приближённых в окрестностях многих древнерусских городов, в том числе и столицы РФ Москвы (Сокольники, Лосиный остров, Измайлово и пр.), а позднее загородные усадьбы с одним или несколькими водоёмами, каналами, ручьями с порогами, искусственными островами, фонтанами и «кашкадами», гротами, пещерами с родниками, купальнями, аква-

аттракционами, лодочными пристанями и пр., ярким примером которых является Петровское-Разумовское – территория РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. В наиболее известных усадебных ландшафтах, основополагающее место отводилось именно водным объектам. Сейчас более 87 % усадеб (главный дом, парковая территория, малые пруды, реки и ГТС на них) пришли в состояние руинирования. Исторический опыт конструирования рекреационных ландшафтов, основанный на искусном обращении, реставрации и восстановлении водных объектов русских усадеб XVI - XVIII вв., моделировании рельефа, обогащении флоры за счёт посадок сосновых боров и лиственных роц как в помещичьих и дворянских усадьбах, так и в крестьянских общинных лесах, можно отнести к золотому фонду современной ландшафтной архитектуры России.

Подводя итоги, можно сказать, оценивая современные проблемы в развитии сельскохозяйственной гидротехники, что наиболее актуальны следующие тенденции: возведение многоцелевых плотин; рост роли плотинных гидроузлов как средств защиты от паводков; для создания локальных источников электроэнергии развитие интереса к плотинам гидроаккумулирующих электростанций и мини ГЭС; реконструкция и эквосстановление водоёмов и ренатурирование малых водотоков; реабилитация и повышение рекреационной роли водных объектов для развития экотуризма; создание прудов-копаней комплексного назначения; разработка и применение инновационных инженерно-биологических методов активации процессов самоочищения в водных объектах и инженерной системы искусственного водооборота и аэрации малых водоёмов; активное использование информационных технологий для управления и эксплуатации водных объектов сельского хозяйства; использование принципов пермакультуры при их экореабилитации.

### **Библиографический список**

1. Черных О.Н., Волшаник В.В. Роль водяных мельниц в воссоздании исторических ландшафтов. Природообустройство. №. 4. 2017. С. 47-55.
2. Черных О.Н. Алтунин В.И., Волков В.И. Проблемы и пути решения вопросов обмеления малых водоёмов Московского региона. Природообустройство. №. 5. 2015. С. 51-59.
3. Черных О.Н. Русская усадьба в выпускных работах кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева» // Вестник учебно-методического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. 2018. №11. С.166-174.
4. Черных О.Н., Алтунин В.И., Сабитов М.А. Типизированные приёмы экологического восстановления малых рек Москвы (на примере р. Сетунь). Природообустройство. №3. 2015. С. 66-72.

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ВОДОПРОПУСКНЫХ ПЕРЕХОДОВ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ  
ГОФРИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА НЕРЕСТОВЫХ  
ВОДОТОКАХ**

*Черных Ольга Николаевна, доцент кафедры гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Бурлаченко Алёна Владимировна, специалист АО «Мерседес-Бенц РУС», г. Москва*

*Аннотация:* Дан анализ природоохранных эксплуатационных мероприятий водопропускных сооружений из металлических гофрированных структур.

*Ключевые слова:* нерестовый водоток, металлические гофрированные трубы, гидравлические режимы работы, пропускная способность труб.

В последнее десятилетие при природоохранном обустройстве ландшафтов разного назначения и, в частности, в рыбохозяйственной гидротехнике при разработке проектов транспортных переходов через нерестовые водотоки и пропуске воды через каскады зарыблённых водоёмов всё чаще стали применять металлические гофрированные круглые трубы (МГК) диаметром от 1 до 7 м, арочного или другого типа, как с нормальной (МГТ), так и со спиральной (СГМТ) формой гофра [1, 2]. Например, во время ремонта мостового перехода через р. Вельга (в которой отмечены миграционные пути европейского хариуса, занесённого в Красную книгу Московской области) на Волоколамско-Ленинградском шоссе вместо существовавшего трёх-пролётного железобетонного моста была возведена МГК эллиптического сечения 5х3 м длиной 35 м. При строительстве перепускного коллектора и пригруза для проходки тоннелей под руслом реки Большая Гнилуша, на трассе автодорожных тоннелей глубокого заложения Краснопресненской автомагистрали под Серебряным Бором в Москве, использовалась МГТ диаметром 3,52 м.

Двухвековой мировой опыт строительства таких сооружений показывает, что сооружения из МГК экологически безопасны, обладают определённой эстетической привлекательностью и органично вписываются в природный ландшафт. Они совместимы при использовании с геотекстилем, габионами и георешетками. Всё это позволяет говорить о возможности минимизировать факторы негативного воздействия на экосистему в месте проведения работ и последующей эксплуатации сооружения, что в некоторых случаях является единственным решением проблемы сохранения экологического баланса в природе. При этом должны учитываться не только работы по строительству водопропускных труб, но и работы, связанные с технической рекультивацией земель придорожной полосы, а также биологический этап рекультивации, включающий в себя комплекс соответствующих агротехнических мероприятий. Анализ проектов, процесса строительства и эксплуатации таких водопропускных сооружений,

выполняемый много лет совместно кафедрой гидротехнических сооружений РГАУ-МСХ и кафедрой гидравлики МАДИ, позволил выявить ряд особенностей природоохранных мероприятий, которые необходимо учитывать при их эксплуатации.

При строительстве и эксплуатации МГК на всех стадиях производства работ следует выполнять требования по охране окружающей среды путем предупреждения и ограничения их отрицательного воздействия на природную среду до установленных предельно допустимых уровней. В связи с этим одной из основных задач при проектировании МГК, представляющего собой единый комплекс с ней, является разработка мероприятий, снижающих отрицательное воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду. Строительные решения должны исключать заболачивание пойм, эрозию почв, размывы и сносы растительного грунта, размывы берегов, изменение уровня грунтовых вод, нарушение условий развития растительного и травяного покрова на пойме в районе мостового перехода.

Поскольку водопропускные сооружения под автодорогой обеспечивают не только пропуск воды и переносимого водой материала, но и круглогодичную миграцию рыб на любой стадии их развития вверх и вниз по течению, служат единственным путём расселения рыб или выводков водоплавающих птиц, то они должны обеспечивать их свободные миграции. Естественное поперечное сечение водотока не должно существенно сжиматься трубой, а уклон водной поверхности и шероховатость дна должны поддерживаться прежними. Это относится к любым водотокам: постоянным или временным; всему водотоку или его части, используемым рыбами для нереста, нагула, зимовки или миграции; пустующим водотокам, которые исторически были рыбными и чье современное состояние позволяет восстановить численность рыб в них в будущем [3].

В период эксплуатации основными вопросами охраны окружающей среды на нерестовых водотоках, являются контроль за уровнем шума и надёжной бесперебойной работой системы водоотвода, исключающей попадание воды и других веществ с проезжей части в почву. При выполнении искусственного сооружения из МГК с параметрами, обеспечивающими свободный режим движения автомобилей, шумовое воздействие на окружающую среду со стороны транспортного потока существенно снижается [1]. Кроме того, даже после реконструкции водопропускных сооружений методом «гильзования» (релининге), который наиболее выгоден при замене малых мостов или разрушенных гладких железобетонных труб на СГМТ, габариты проезжей части обеспечивают необходимую пропускную способность сооружения, непрерывность транспортного потока, исключение вынужденных остановок транспорта, торможения и разгон автомобилей, что приводит к уменьшению загазованности воздуха в районе устройства перепускных сооружений.

Как в процессе разработки проекта, так во время эксплуатации сооружений из МГК для обеспечения экологичности и долговечности используемых конструктивных элементов (до 50...100 лет) при обеспечении гарантированной защиты МГК от абразивного разрушения водным потоком [1, 4] помимо со-

временных средств защиты от коррозии в виде полимерных покрытий применяется специальное конструктивное оформление придонной части МГК: на дне в соответствии с нормами должен быть устроен гладкий бетонный или асфальтобетонный лоток толщиной 0,1...0,3 м, а на зарыблённых водных объектах – каменная наброска либо укладка габионных матрасов по слою геотекстиля на песчаной подушке толщиной 0,05...0,5 м. Лоток защищает антикоррозионное покрытие труб от истирания взвесями, содержащимися в водном потоке, и позволяет сохранить природные условия обитания рыб. МГК в РФ обычно проектируются на пропуск расчетного расхода в безнапорном и полунапорном режимах с условием обеспечения возможности прохождения рыбы против течения по трубе [3]. Величина скорости течения воды на выходе из водопропускной трубы должна быть близка к скорости потока в зарыблённом водотоке. Если скорость на выходе из водопропускной трубы превышает максимальную, то рыба не сможет преодолеть течение и зайти в МГТ, т.е. для обеспечения спокойного выхода рыбы из МГТ скорости течения воды у выходного отверстия должны быть по возможности невысокими. При этом важно корректно оценить пропускную способность сооружения и условия прохода рыб в граничных сечениях транзитного тракта сооружения, соответственно на входе и выходе из трубы.

Эксперименты показывают, что по сравнению с гладкой трубой повышенная шероховатость МГК и улучшенные условия входа в неё способствуют тому, что даже при больших уклонах труб, как на равнинных, так и на косогорных участках МГК плавно заряжаются и устойчиво работают во всех гидравлических режимах [1]. Обеспечить устойчивый напорный режим в гладкой трубе затруднительно, поскольку зарядка гладкостенной трубы с обычными типами входного оголовка даже при малом уклоне наступает при больших напорах  $H$  и, кроме того, требуется устройство специальных конструктивных элементов: входных оголовков с устройствами препятствующими формированию вихревых воронок над ними, противофильтрационных экранов, герметизации стыковых соединений, прочных фундаментов и надёжного крепления русла в районе входных и выходных оголовков сооружения. Поэтому для гладкостенных труб данная рекомендация практически нереализуема.

Но надо подчеркнуть, что даже при назначении в качестве расчетного безнапорного режима гофрированные водопропускные трубы имеют преимущества по сравнению с гладкостенными трубами за счет небольшого снижения скоростей на выходе и увеличения пропускной способности. Последнее обуславливается тем, что гофр обеспечивает более благоприятные условия входа потока в трубу. Шероховатость гофрированных труб значительно больше, чем гладких бетонных труб. Её величина зависит от размеров гофров и может составлять примерно 0,025...0,04. Повышенная шероховатость приводит и к увеличению критического уклона гофрированных труб по сравнению с гладкими (до 0,02...0,03). Чтобы сопротивления водопропускной трубы не снижали её пропускную способность  $Q$  при безнапорном режиме, и она гарантированно работала по типу «короткой», трубу можно укладывать с критическим уклоном.

МГК допускается укладывать с уклоном 0,01, который меньше критического. Как показали экспериментальные исследования, выполненные на двух моделях при одинаковых числах Рейнольдса ( $110000 < Re < 265000$ ), заметного уменьшения пропускной способности гофрированной трубы при этом не происходит [1]. Предельный уклон дна дорожных водопропускных труб (около 5 %) принимается из условия исключения заилиения лотка трубы. При этом отметки продольного профиля трубы остаются на таком же уровне, что и отметки бытового русла в пределах входного оголовка (труба не заглубляется ниже дна). Этим обеспечивается стабильность течения воды в водотоке через водопропускную трубу до выходного оголовка и далее. Такой режим характерен для равнинных труб и особенно важен в водопропускных сооружениях на рыбохозяйственных объектах.

Сопоставление пропускной способности гладкой и гофрированной труб, а также скоростей на выходе (расчёт труб выполнялся по рекомендациям работы [4]), показывает, что при безнапорном и полунпорном режимах их значения близки только при уклоне  $i = 0,01$  и параметре расхода  $\theta = \frac{Q}{\sqrt{gd}^{5/2}}$  менее 0,7 ( $d_p$  - расчётный диаметр моделей), а при  $i = 0,03$  и 0,01 у гофрированной трубы скорость меньше (рис.). При расчётах принималось, что после затопления входного оголовка (безоголовочная труба) гладкая труба работает в полунпорном режиме, а гофрированная – заряжается и работает последовательно (с увеличением расхода) в первом частично-напорном и напорном режимах.

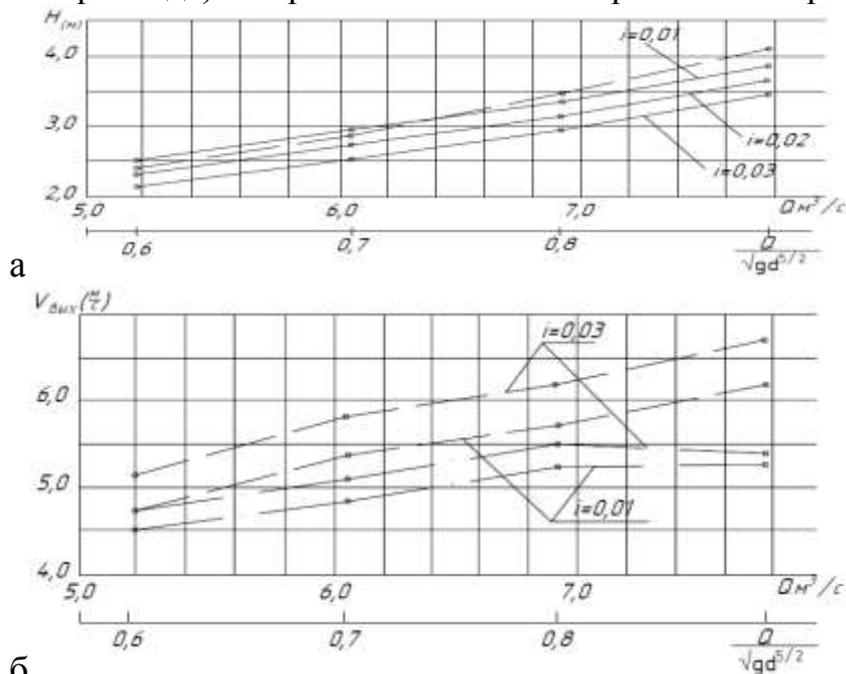


Рисунок - График зависимости  $Q = f(H)$  (а) и  $V_{вых} = f(Q)$  (б) для натуральных труб диаметром  $d = 1,5$  м длиной 20 м с уклонами  $i = 0,03...0,01$ : - - - для гладкой трубы, работающей в полунпорном режиме; — для МГТ, работающей в первом частично-напорном режиме

В нерестовых водотоках для снижения влияния фактора изменения освещённости на мигрирующих производителей для проникновения света расстояние над водной поверхностью до шельги трубы должно быть не менее 1 м. В трубах необходимо предусматривать способы устранения возможного образования местных завихрений течения и взмучивания потока. При этом скоростная структура потока по длине трубы должна быть близка к скорости потока в естественном нерестовом водотоке. В таких условиях конструктивные параметры металлических труб из гофрированных элементов назначаются в зависимости от конкретных условий, типа нерестового водотока, видового состава рыб в малом водотоке и ширины дорожного покрытия [4].

Как отмечалось, в нижней части гофрированных труб обычно устраивается лоток. При этом изменяется шероховатость, что оказывает влияние на условия их гидравлической работы в различных режимах. Не смотря на достаточно большой зарубежный опыт строительства и эксплуатации гофрированных труб изучалось только влияние гладкого лотка на величину коэффициента шероховатости, да и то только с трубами круглого сечения. В нашей же стране такие исследования пока не проводились. Все вышесказанное свидетельствует о необходимости проведения экспериментальных гидравлических исследований гофрированных труб с лотками повышенной абразивной устойчивостью разного типа, в том числе и в трубах не круглого поперечного сечения.

#### **Библиографический список**

1. Altunin, V.I. Hydraulic Resistance of Corrugated Metal Culvert Pipes with Elevated Abrasive Resistance / V.I. Altunin, O.N.Chernyh A.V.Burlachenko // Power Technology and engineering. - November 2016, Volume 50, Issue 4. – P. 385-390.
2. Черных, О.Н. Специфика вопросов охраны окружающей среды при строительстве и эксплуатации гофрированных водопропускных труб из металла / О.Н. Черных, В.И. Алтунин // Природообустройство. 2015. - № 2. - С. 33-38.
3. Леман, В.Н. Справочное пособие по природоохранным и мелиоративным мероприятиям при производстве строительных и иных работ в бассейнах лососевых нерестовых рек Камчатки / В.Н. Леман, А.А. Лошкарева. — М.: Тов. науч. изд-в КМК, 2009. — 192 с.
4. Алтунин В.И., Суэтина Т.А., Черных О.Н. Гидравлические расчёты водопропускных труб на автомобильных дорогах. Учеб. пособие. М.: МАДИ, 2016. — 92 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ ПОТОКА НА ПРОТИВОЭРОЗИОННОЕ ПОКРЫТИЕ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО ГЕОМАТА

*Еремеев Андрей Викторович, инженер, АО «Мосводоканал»*

*Гурьев Алим Петрович, профессор кафедры комплексного использования водных ресурсов и гидравлики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова,*

*Ханов Нартмир Владимирович, заведующий кафедрой гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова*

*Фартуков Василий Александрович, доцент кафедры гидротехнических сооружений, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова*

*Аннотация.* При движении воды в канале, в потоке неизбежно возникают пульсации давления, которые влияют на защитную одежду откоса. В данной статье описано исследование характеристики пульсаций потока и их влияние на противоэрозионное защитное покрытие, выполненное из геомата, заполненного щебнем с битум-полимерным вяжущим.

*Ключевые слова:* геомат, битум-полимер, битум, водная эрозия, пульсации.

Откосы гидротехнических сооружений подвержены воздействию на них водной эрозии. Для защиты откосов от водной эрозии применяются различные защитные одежды, в том числе и геомат, заполненный щебнем с битум-полимерным вяжущим [1, 2]. При движении воды в канале возникают пульсации давления потока, которые неизбежно влияют на устойчивость тонкого защитного противоэрозионного покрытия. Для определения условия надёжной эксплуатации защитного покрытия необходимы исследования влияния данных характеристик на него.

Определение характеристик пульсации потока выполнялось при помощи индукционного датчика давления ДД-10, применяемый при малых глубинах до 1,5 м, показанный на рисунке 1. Для оцифровки сигналов, полученных с датчика, использовался цифровой запоминающий осциллограф АКТАКОМ, модель АСК-3107 [3].

Измерения выполнялись на рабочем участке установки для измерения гидравлических характеристик, выполненной в виде лотка, одна из стенок которого была выполнена в виде откоса с заложением 1:1 [4]. Перед проведением измерений выполнялась тарировка датчика при статическом и динамическом нагружении. Измерения характеристик производились при трех различных расходах. При проведении исследований датчик располагался на дне и откосе.



Рисунок 1 – Индукционный датчик давления ДД-10

По результатам исследований была составлена зависимость гидродинамического давления от расхода, показанная на рисунке 2. На данной зависимости показаны результаты измерений датчиков расположенных в 4 разных точках. Изначально 1 и 2 датчики располагались на дне под покрытием и на одном уровне с ним соответственно, затем 3 и 4 датчики располагались на откосе под покрытием и на одном уровне с ним соответственно.

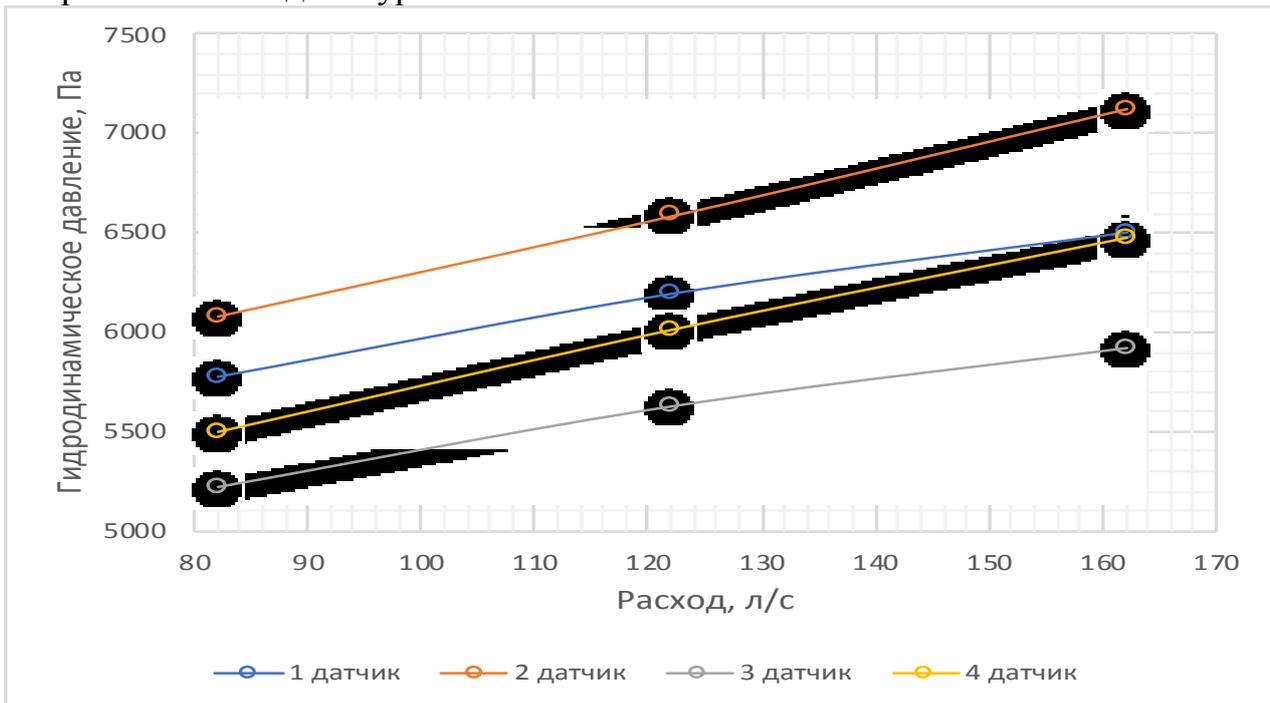


Рисунок 2 – Зависимость гидродинамического давления от расхода

По данным рисунка 2 видно, что при увеличении расхода гидродинамическое давление возрастает. Проанализировав результаты, показанные на рисунке 2, можно увидеть, что значения гидродинамического давления, полученные с датчиков, расположенных на одном уровне с поверхностью защитного покрытия, было больше, чем с датчиков, расположенных под покрытием. Превышение давления находилось в промежутке от 5,2% до 8,6% при расположении противоэрозионного покрытия на откосе и в промежутке от 5,1% до 8,8% при расположении противоэрозионного покрытия на дне.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод о том, что при использовании геомата, заполненного щебнем с битум-полимерным вяжущим, в качестве защитного противоэрозионного покрытия грунтовых откосов, опасности возникновения избыточного гидродинамического давления под защитным покрытием, превышающего давление над ним, не возникает.

### **Библиографический список**

1. Еремеев, А.В. Оптимизация структуры геомата с заполнителем из щебня и битум-полимера / А.В. Еремеев, Н.В. Ханов // Природообустройство. – 2018. – № 1. – С. 60-64.
2. Еремеев, А.В. Некоторые результаты исследований характеристик геомата на щебне с битум-полимерным вяжущим / А.В. Еремеев, А.П. Гурьев, Н.В. Ханов // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – 2019. – Т. 291. – С.22-28.
3. Еремеев, А.В. Перспективы применения геомата с заполнителем из щебня с битум-полимерным вяжущим в гидротехническом строительстве / А.В. Еремеев // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 100-летию И.С. Шатилова. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА. – 2017. – С 324-325.
4. Козлов, К.Д. Исследования гидродинамического воздействия водного потока на защитное покрытие из геосинтетического материала / К.Д. Козлов, Н.В. Ханов, В.А. Фартуков, Д.В. Козлов // Строительство: наука и образование. – 2018. – № 1. – С. 108-117.
5. Еремеев, А.В. Результаты гидравлических исследований геомата с заполнителем из щебня на битум-полимерном вяжущем / А.В. Еремеев, А.П. Гурьев, Н.В. Ханов, В.П. Букреев // Природообустройство. – 2018. – № 5. – С. 48-54.

## ПРОГРАММНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГТС

**ФАРТУКОВ В.А.**, доцент кафедры гидротехнических сооружений Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

**ЗЕМЛЯНИКОВА М.В.**, доцент кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

**Аннотация:** В работе представлена специальная система программного управления трех координатной платформой предназначенной для проведения исследований физических моделей гидротехнических сооружений. Программа позволит автоматизировать исследования физических моделей гидротехнических сооружений, проводить измерения, обработку и анализ полученных данных, определять амплитудно частотные характеристики при помощи спектрального анализа, осуществлять планирование исследований. Управление трех координатной платформой производится по специальной программе, составленной в G-кодах. Применение G-кодов для управления платформой очень сложно. Поэтому применение такой программы позволит проводить эксперименты в интерактивной форме. Система представляет собой специально разработанную программную надстройку по управлению трех координатной платформой. Программа написана на языке программирования C++, который позволяет реализовать управление платформой в режиме вопрос-ответ. В основе управления платформой находится программный пакет Mach3.

**Ключевые слова:** Трех координатная платформа, физическое моделирование, гидравлика, IT- технологии, сбор и обработка данных, спектральный и статистический анализ.

Решение и анализ сложных научно-исследовательских задач, связанных с определением гидродинамических нагрузок на конструкции гидротехнических сооружений, проведение большого объема измерений различных параметров водного потока сопряжено с единовременной работой нескольких приборов. Для согласования и синхронизации их работы и взаимодействия между собой, необходима единая платформа, которая позволит в реальном масштабе времени проводить исследования.

Целью работы является разработка программного интерфейса по управлению трех координатной платформой исследователем при проведении экспериментов с физическими моделями ГТС.

Рассматриваемый в данной работе программный комплекс позволяет проводить исследования работы физических моделей гидротехнических сооружений в интерактивной форме взаимодействия с трех координатной платформой.

Программный комплекс включает в себя следующие интеллектуальные модули:

- модуль сбора показаний датчиков, установленных на платформе;
- модуль контроля и перемещения трех координатной платформы, который перемещает датчики в любое место исследуемого водного потока;
- модуль интеллектуального контроля и управления расходом воды в гидравлическом лотке.

Трех координатная платформа позволяет проводить исследования водного потока, определять гидродинамические и статические нагрузки на физическую модель сооружения, изучать колебательные процессы и другие нагрузки по составленному плану проведения эксперимента.

Платформа осуществляет перемещение датчиков установленных для проведения исследования. Управление платформой и обработка сигналов, поступающих с датчиков, проводится при помощи специализированных программ, установленных на компьютере.

Выполнение планов исследований производится специальной программой, составленной на G-кодах, которые производят управление перемещением платформы. На платформе установлены датчики, которые перемещаются в исследуемые точки потока и производятся необходимые измерения параметров водного потока. Такое управление платформой крайне неудобно и не эффективно.

С целью решения данной проблемы была поставлена задача, разработать новую программу, которая будет являться надстройкой над существующей программой управления платформой, которая позволила бы проводить исследования быстро, точно и максимально просто.

В результате этого исследователь получает возможность составить план проведения исследований (измерений), подстраивать платформу под геометрические размеры гидравлического лотка, в котором проводятся исследования, устанавливая координаты точек водного потока, в которые необходимо будет переместить платформу с датчиками, а также время нахождения в каждой из этих точек. На основе этого плана формируется специальный файл-макрос и генерируется нужный G-код.

При загрузке файла G-код будет распознан и все необходимые для выполнения плана команды будут отправлены на платформу.

В интерфейсе разработанной программы предусмотрена возможность перехода к программному пакету для проведения анализа данных полученных от датчиков. Последующая статистическая и спектральная обработка результатов измерений так же производится программами, установленными на компьютере управления платформой.

Программа написана на языке программирования C++ при помощи кроссплатформенного инструментария Qt, который значительно облегчает создание пользовательского интерфейса [4].

Движение платформы осуществляется при помощи программного пакета Mach3.

Параметры пакета программ Mach3 [1]:

- с помощью программы LazyCam сохранение и импорт DXF, BMP, JPG и HPGL файлов и генерирование G-кодов, трехмерная графическая визуализация УП G-кодов и создание M-кодов и макросов на основе VB-скриптов для пользователя;
- применение ручных генераторов импульсов (MPG), многоуровневое релейное регулирование частотой вращения двигателей;
- обработка результатов видеонаблюдения.

При помощи анализатора спектра производится измерение и сохранение показаний датчиков, а так же их анализ, обработка и визуализация результатов [2,3].

Разработка программы осуществлялась на языке программирования C++, поддерживающий, как объектно-ориентированное, процедурное и обобщенное программирование, с обеспечением модульности, отдельную компиляцию, абстракцию данных и виртуальные функции.

Язык программирования C++ широко используется при написании различных программ управления и расчета. Компиляция программы осуществляется Microsoft Visual C++ (MSVC), входящий в комплект Microsoft.

Перемещение платформы производится командами, записанными в G-кодах. G-код это язык программирования стандарта RS274D, ISO 6983-1:2009, ГОСТ 20999-83. Однако программа, написанная на G-кодах, не позволяет осуществлять интерактивное управление платформой, программа только объединяет команды управления в группы (кадры) включающие в себя одну или несколько команд.

Разработанный программный интерфейс реализует как двухмерную, так и трехмерную компьютерную графику, который выводит на экран монитора путь перемещения платформы по осям X, Y, Z в гидравлическом лотке.

Для решения этой задачи был принято кроссплатформенное приложение OpenGL (Open Graphics Library)- спецификация, определяющая платформонезависимый программный интерфейс. Применение Open GL позволило, обеспечить высокую производительность вычислительного процесса при работе с графикой формата 2D и 3D[3].

В программу включена двухмерная визуализация перемещения платформы. На этом этапе создан прототип программы, в которой отображается путь перемещения позиционера, а функциональность, связанная с осью Z, представлена всплывающим контекстным меню.

В окне «Настройки» (рис. 1) устанавливаются геометрические размеры исследовательского лотка, а также размер шага сетки перемещения платформы. После активации программы модуля контроля расхода воды, входящим в универсальный измерительный комплекс, устанавливается расход воды, подаваемый в исследовательский лоток.



Рисунок 1 - Окно «Настройки»

## Выводы

Разработан платформонезависимый программный интерфейс, для управления трех координатной платформой при проведении лабораторных исследований физических моделей сооружений. Интерфейс является программной надстройкой осуществляющей вывод на экран трехмерной визуализации пути перемещения платформы, по осям перемещения X, Y и Z в пределах исследуемого водного потока. Программа позволяет импорт DXF, BMP, JPG и HPGL файлов и генерирование файлов УП G-кодов, легко объединяется с другим стандартным программным обеспечением, имеет простой и понятный интерфейс, что позволяет быстрое и простое его освоение и не требует специальной подготовки исследователями.

## Библиографический список

1. Официальный веб-сайт компании Newfangled Solutions [Электронный ресурс] URL: <http://www.machsupport.com/>
2. Официальный веб-сайт компании АКТАКОМ [Электронный ресурс] URL: <http://www.aktakom.ru/>
3. Веб-сайт CppStudio [Электронный ресурс] URL: <http://cppstudio.com/>
4. Официальная документация Qt [Электронный ресурс] URL: <http://doc.qt.io/>

## **ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ДАВЛЕНИЕ ГРУНТА НА ВЫСТУПЫ В ЯЧЕЙСТЫХ ГИДРОСООРУЖЕНИЯХ**

*Шарков Вячеслав Петрович, доцент кафедры гидротехнических сооружений Института мелиорации, водного хозяйства и строительства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Бахтин Бронислав Михайлович, профессор кафедры гидротехнических сооружений Института мелиорации, водного хозяйства и строительства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

**Аннотация:** *Статья посвящена изучению вертикального давления грунта-заполнителя в ячеистых подпорных сооружениях на горизонтальные выступы, установленные внутри них. Опыты показали, что сейсмические воздействия могут повысить давления до 1,6 раз по сравнению со статическими условиями, что ухудшает условия их прочности. При этом ячейка с выступами и грунтом в динамических условиях работает как система с включаемыми связями, повышая для таких сооружений на скальном основании устойчивость на сдвиг. Пояснены причины этого явления.*

**Ключевые слова:** *гидротехнические сооружения, ячейка, заполнитель, выступы, давления грунта, опыты, сейсмическое воздействие.*

Выступы, устроенные в нижней части ячеистых конструкций по их внутреннему периметру, как известно из [1], можно использовать для повышения степени зависания грунта (часть веса грунта – заполнителя, передаваемая стенкам ячейки силами контактного трения). Это позволяет для сооружений на скальных основаниях повысить устойчивость на сдвиг, поскольку под стенками каркаса коэффициенты трения больше, чем под грунтом заполнителем. Эти выступы при работе испытывают некоторые вертикальные давления грунтового заполнителя, которые определяют их прочность.

Ячеистые сооружения, как известно, строятся и в сейсмоактивных регионах, где могут испытывать динамические воздействия [2]. Опыты показывают, что при сейсмических воздействиях в ячейках, как без выступов, так и с выступами, происходит перераспределение нагрузок от заполнителя и степень зависания повышается. Возникает вопрос- может ли при этом измениться давление грунта на выступы, а также условие их прочности.

Цель работы - количественная оценка изменения вертикальных давлений грунтового заполнителя в результате динамических воздействий сейсмического характера.

Изучение этого явления проводилось на модели ячейки с внутренними размерами 25x25 см и высотой 82,5 см, заполненной сухим песчаным грунтом, в статических условиях и после динамического воздействия на неё, воспроизводимого толчком виброплатформы. Поскольку в опытах датчиков для за-

мера давления грунта на выступы не было, то их величину определяли косвенным путем. А именно, по данным экспериментальных значений степени зависания, полученным в опытах без выступов и с выступами.

Как известно, вертикальное давление грунта на выступ можно определить как отношение веса грунта, передаваемого на него, к его площади, то есть:

$$p = \Delta m G / A$$

где  $G$  – вес грунта в ячейке (принятый из опытов 71,15 кг);  $A$  – площадь выступа,  $\Delta m$  – приращение степени зависания за счет устройства выступа, равная разнице степени зависания с выступом и без него.

Ниже в таблице приведены значения степени зависания, полученные в опытах без выступов, а также с выступами различной ширины. Они приведены как для статических условий, так и после динамических воздействий.

Величины степени зависания в условиях статики  $m_1$  приняты по данным работы [1], а давления на выступы  $p_1$  разной ширины определены по указанной выше формуле по значениям приращений степени зависания от установки выступа:

$$\Delta m_1 = m_{1i} - m_0$$

где  $m_0$  и  $m_{1i}$  – степень зависания без выступов и с выступами различной ширины в статических условиях.

Аналогичным образом определялись расчетные параметры после динамических воздействий. Здесь давление грунта на выступы определялось по той же формуле по данным о приращении степени зависания:

$$\Delta m_2 = m_{2i} - m_0,$$

где  $m_0$  и  $m_{2i}$  – степень зависания без выступов и с выступами различной ширины после воздействия.

Таблица

**К расчету давления грунтового заполнителя на выступ в опытах до и после динамического воздействия**

Ширина выступа $b$ , см	0	0,12a*) (3 см)	0,18a (4,5 см)	0,22a (5,5 см)	0,5a (12,5 см)
$m_1$ , (%) (статика)	$m_0=58,6$	73,1	76,2	84,0	100
$\Delta m_1$ , (%)	-	14,5	17,6	25,4	32,5
$m_2$ , (%) (динамика)	$m_0=65,2$	85,5	93,8	95,7	100
$\Delta m_2$ , (%)	-	20,3	28,6	30,5	34,8
Давление (статика) $p_1 \times 100$ Па	-	39,1	33,9	42,1	44,6
Давление (динамика) $p_2 \times 100$ Па	-	54,7	55,1	50,5	37,5
$p_2/p_1$	-	1,4	1,62	1,2	0,84

\*)  $a$  – поперечный размер ячейки

Из данных таблицы видно, что степень зависания в статических условиях и после динамического воздействия с повышением ширины выступа увеличивается, причем после динамических воздействий её величины в основном имеют большие значения, чем в статике.

Величины приращений степени зависания за счет установки выступов в статических условиях с ростом ширины выступов, как показывает таблица, возрастают от 14,5% до 32,5%. После динамического воздействия они также возрастают, но имея большие значения на 20,3% .... 34,8%.

Давления на выступ с повышением ширины в статических условиях, как и приращение степени зависания, возрастают, а после динамического воздействия, наоборот, уменьшаются. При этом их ординаты при ширине выступа от 0 до 5,5 см (0,22а) превышают статические. Как видно из последней строки табл., это превышение составляет 1,2-1,62 раза, имея наибольшее значение при ширине выступа 4,5 см (0,18а).

На рис. 1 для иллюстрации построен график зависимости давлений на выступы при изменении их ширины для обоих случаев – в условиях статики и после динамического воздействия.

График свидетельствует об относительно плавном характере изменении давлений с ростом ширины выступа.

При этом давления после динамического воздействия до ширины выступа до 0,44а больше, чем в статических условиях. Особенно это ярко проявляется при малой ширине выступов.

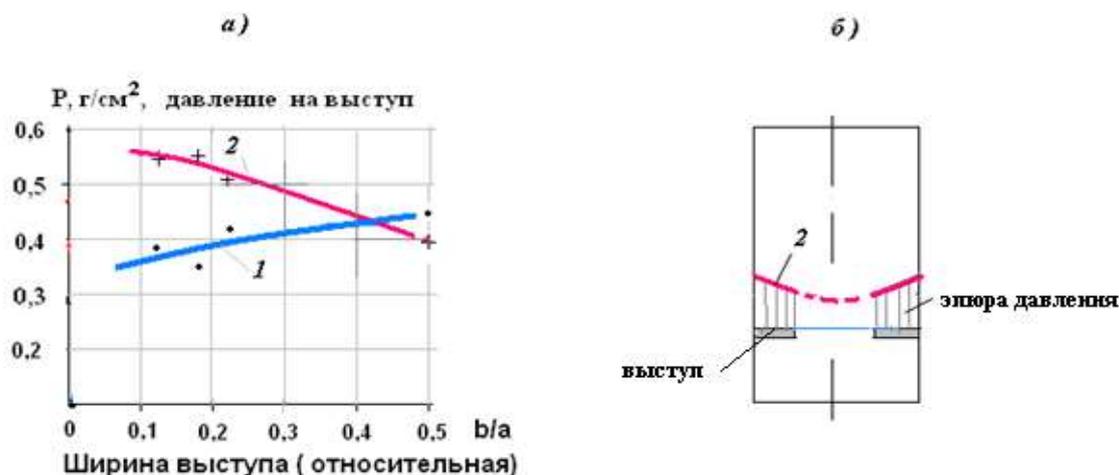


Рисунок1 - Вертикальное давление грунта на выступ (установленного на отметке 9 см от днища): а) в зависимости от ширины выступа: б) – форма эпюры давления на выступ после динамического воздействия

Причина повышения давления грунта на выступы, по нашему мнению, связана с его осадками, вызванными уменьшением сил контактного трения при динамическом воздействии, в результате которых и происходит догружение этих элементов. При этом их прочность, как видим, ухудшается. Но в то же время для подпорных сооружений ячеистой конструкции на скальном основании это явление приводит к повышению её несущей способности.

В статических условиях кривая (1), отражающая взаимосвязь давления с шириной выступа, возрастает, но рост её ординат не превышает 15-20%. Причиной этого, как показал анализ в работе, является возрастание интенсивности вертикальных давлений грунта по мере приближения к центру ячейки, что вообще характерно эпюре давления в ячеистых конструкциях [3,4,5].

После динамического воздействия (график -2) при малой ширине выступов (до величины  $0,18a$ ) давление практически постоянно, а затем с ростом ширины выступа плавно уменьшается. В целом уменьшение происходит величины давления  $0,55$  до  $0,4$  ( $\text{г/см}^2$ ), то есть в 1,37 раза.

Понижение ординат давления на выступы по мере роста их ширины связано с уменьшением приращений степени зависания. Причину этого явления, происходящего в условиях динамических воздействий, можно объяснить тем, что эпюры вертикального давления в ячейке в таких условиях могут иметь меньшую ординату, чем в центре (см. рис.б).

Поскольку при малых ширинах выступа, то есть при  $b \leq 0,22a$ , которые для использования на практике относятся к эффективным размерам выступа [1], давления отличаются незначительно, то для этих размеров выступа, видимо, можно принять постоянным, равным среднеарифметическому значению  $p = 54,3 \times 100 \text{ Па}$ , что в относительных величинах составляет  $p / \gamma R = 6,2$  ( $\gamma$ ,  $R$  - объемный вес грунта и гидравлический радиус поперечного сечения полости ячейки).

Обратная ей величина в формуле Янсена, используемой на практике для расчета давлений, имеет смысл коэффициента касательных напряжений и равна для такого давления  $k = 0,14$ . Тогда для расчета давления грунта на выступ можно использовать эту величину.

Таким образом, исследования показали, что давление грунта на выступы после динамических воздействий сейсмического характера может повышаться до 1,6 раз, что ухудшает условие их прочности. Причиной этого является осадки грунта от динамического воздействия, догружающие выступы.

Одновременно устойчивость ячеистых сооружений на скальных основаниях не ухудшается, а наоборот, повышается. То есть система «ячейка- выступы – заполнитель» при наличии сейсмических воздействий работает как динамическая система с включающимися связями.

### Библиографический список

1. Шарков В.П., Бахтин Б.М. Давление заполнителя на горизонтальные выступы в гидросооружениях ячеистой конструкции. - Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 289. Ч. I. М.: Изд-во РГАУ-МСХА.- 2016.- С. 62-63.
2. Шарков В.П. Давление грунта на ячеистые конструкции ГТС от динамических воздействий.- Журнал «Гидротехническое строительство».- 2019.- № 2.- С.146-152.
3. Шарков В.П. Давление заполнителя в сооружениях ячеистой конструкции и его связь с формой эпюры в условиях укладки без уплотнения.- Журнал «Природообустройство» . - 2017. - Вып. 4. - С. 55-61.

4. Шарков В.П., Бахтин Б.М., Метельский П.З. Влияние уплотнения грунта-заполнителя на вертикальное давление и его параметры в ячейках гидросооружений Журнал «Природообустройство» - 2017. - Вып. 5. - С. 42-49.

5. Шарков В.П., Метельский П.З., Бахтин Б.М. О взаимосвязи давления заполнителя в силосах и других ячеистых конструкциях с формой эпюры и способом его укладки. В сборнике: Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве. Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России. МСХ РФ; ФГБОУВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева». -2017. С. 402-408.

УДК 624.042; 627/ 627

## **КОЭФФИЦИЕНТ КОНТАКТНОГО ТРЕНИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЯ В СООРУЖЕНИЯХ ЯЧЕИСТОЙ КОНСТРУКЦИИ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

*Шарков Вячеслав Петрович, доцент кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Бахтин Бронислав Михайлович, профессор кафедры гидротехнических сооружений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Аннотация:* разработана формула для расчета коэффициента контактного трения заполнителя у стен ячеистых конструкций в динамических условиях, по величине меньшая, чем в статических условиях. Кроме статического коэффициента контактного трения он зависит также от угла внутреннего трения.

*Ключевые слова:* заполнитель, стенки ячеистых сооружений, динамика, коэффициент контактного трения, формула для расчета.

Угол контактного трения грунта у стен любых конструкций непосредственно влияет на величину его горизонтального давления. Не исключение здесь и ячеистые конструкции.

В статических расчетах ячеистых гидротехнических сооружений строительные правила для статических условий рекомендуют принимать его в пределах  $\delta=(0,5...2/3)\varphi$ . Для динамических условий работы специальных рекомендаций нет.

Сам угол контактного трения, как известно, напрямую зависит от степени шероховатости стен.

В динамических условиях, когда происходят осадки заполнителя в ячеистых конструкциях (например, от сейсмических воздействий) этот угол может понижаться. Об этом свидетельствуют опыты зарубежных специалистов, специально изучавших этот вопрос, изложенные в работе [1]. Уменьшение коэф-

коэффициента контактного трения был также зафиксирован в натуральных условиях в быв. СССР при опорожнении заполнителя в ячейках силосов.

Уменьшение угла трения в динамических условиях, как показано в работах [2,3], является одной из основных причин повышения горизонтального давления грунта.

Наши исследования позволили получить аналитическое выражение коэффициента контактного трения в динамических условиях для частного случая - абсолютно шероховатых стен [4,5]. Оказалось, что этот коэффициент трения в динамических условиях можно определить из простейшего выражения:  $tg \delta_D = \sin \varphi$ .

При этом расчетные значения, полученные из этого выражения, подтверждаются опытными данными на моделях с достаточной точностью.

Однако, конструкции с абсолютно шероховатыми стенками в практике строительства встречаются редко, а в большинстве случаев их поверхность можно отнести к разряду относительно гладких.

Поэтому встает задача о получении зависимости для коэффициента контактного трения для общего случая, то есть для стен с любой степенью шероховатости, в том числе и гладких.

Данная работа посвящена поиску решения этой задачи.

По определению коэффициент контактного трения может быть получен как частное от деления касательного напряжения на горизонтальное давление.

В динамических условиях в ячеистых конструкциях касательное напряжение согласно нашим исследованиям для общего случая, то есть для стен любой шероховатости, может в предельном случае достигать своих максимальных значений равных главному касательному напряжению, которое определяется из выражения:

$$\tau_D = \gamma R / \cos \varphi \quad (1)$$

где  $\gamma$ ,  $\varphi$ ,  $R$  - соответственно плотность, угол внутреннего трения грунтового заполнителя в ячеистой конструкции, гидравлический радиус её поперечного сечения [6,7].

Горизонтальное давление для стен любой шероховатости согласно другим нашим исследованиям [8,9] в предельном состоянии (в асимптотическом решении) может определяться из формулы:

$$\sigma_D = \gamma R (1 / tg \delta + \cos \beta / \cos \varphi) \quad (2)$$

где  $\delta$  - угол контактного трения в статических условиях;

$\beta$  - вспомогательный угол, определяемый из выражения:

$$tg \beta = tg \delta / (1 / \lambda - 1)$$

где  $\lambda$  - коэффициент бокового давления, определяемый по формуле Емельянова Л.М., приведенной в работе [8].

Разделив выражения (1) и (2) можем получить зависимость для определения коэффициента контактного трения. Её выражение имеет вид:

$$tg \delta_D = \tau_D / \sigma_D = 1 (\cos \varphi / tg \delta + \cos \beta) \quad (3)$$

Проанализируем формулу .

Как видим, здесь коэффициент динамического трения  $tg\delta_D$  зависит от двух углов - угла контактного трения в статических условиях  $\delta$  и угла внутреннего трения  $\varphi$ .

По нашим данным, влияние угла внутреннего трения  $\varphi$  на величину исследуемого коэффициента ранее не выявлялось не только для динамических условий, но даже для статических. Исключением является работы [8,9].

Как показывает анализ, влияние угла  $\varphi$  на динамический коэффициент трения не столь значительное, например, при углах  $\varphi = 30^0 \dots 40^0$  последний согласно формулы (3) изменяется от 0,87 до 0,77, то есть на 12 %.

На исследуемый коэффициент, как видно, существенно (через тангенс) влияет угол  $\delta$ - угол контактного трения в статических условиях, что на наш взгляд, закономерно, поскольку он является исходным.

Угол  $\beta$ , входящий в формулу (3), как показал анализ, зависит от угла  $\delta$  и коэффициента  $\lambda$ . Он на величину коэффициента влияет через функцию «косинус», то есть не столь значительно

Проанализируем величины, получаемые этой новой формулой и сравним их с величинами для статических условий.

Для возможности обобщения рассмотрим изменение динамического коэффициента контактного трения согласно формулы (3) в зависимости от его статических величин, для грунта с углом внутреннего трения  $\varphi = 38^0$ . Расчетные данные приведены в таблице.

*Таблица*

**Коэффициент динамического контактного трения в зависимости от статического в формуле (3) для песчаного грунта с углом  $\varphi = 38^0$**

Песок $\varphi = 38^0$								
$\delta^0$	$tg\delta$	$\beta^0$	$\cos\beta$	$tg\delta_D$	$\delta_D^0$	(2)/(6)	$tg\delta_D = \sin\delta$	(9)/(6)
1	2	3	5	6	7	8	9	10
20	0,364	14	0,97	0,319	17,7	1,14	0,342	1,07
25	0,466	18,5	0,948	0,378	20,75	1,23	0,422	1,116
30	0,577	24,6	0,909	0,44	23,8	1,31	0,51	1,136
35	0,70	34	0,829	0,51	27,1	1,37	0,537	1,053
38	0,781	52	0,616	0,677	31,7	1,15	0,615	1,0
Средние значения						1,24		1,075

Как видно из таблицы, значения коэффициента контактного трения в динамических условиях меньше статического во всем рассматриваемом диапазоне углов трения у стен  $\delta$ . При этом его величина возрастает вместе с углом контактного трения в статических условиях.

Как показывает столбец (8), динамический коэффициент здесь меньше статического в 1,14 ... 1,37 раза (в среднем в 1,24 раза), имея наименьшие отклонения при наиболее гладких и наиболее шероховатых стенках, а максимальные - при поверхностях, характеризующихся средней степенью шероховатостью.

Интересно, что значения динамического коэффициента, полученного для абсолютно шероховатых стен, приведенные в столбце (9) таблицы, при всех углах  $\delta^\circ$  также меньше статических. Но они больше по величине, чем по формуле (3), с отклонением от них от 5,3% до 13,6% (в среднем на 7,5%). Наибольшие отклонения сравниваемых величин наблюдается при средних углах, то есть для средней шероховатости стен. Незначительная разница свидетельствует о возможности использования этой упрощенной формулы для оценки коэффициента контактного трения в динамических условиях.

На основании исследований можно сделать следующие выводы:

1. Получена формула для определения коэффициента контактного трения грунта в динамических условиях, согласно которой он зависит от величины в статических условиях, а также от угла внутреннего трения.

2. Величина этого коэффициента, согласно полученной формулы, меньше чем в статических условиях, что подтверждается в некоторых опытах.

3. Сравнение показывает, что упрощенная зависимость  $tg \delta_D = \sin \varphi$  может также использоваться для оценки коэффициента контактного трения в динамических условиях.

4. Для проверки достоверности формулы следует сопоставить её с опытными данными, в том числе натурными.

### Библиографический список

1. Шарков В.П. К определению расчетного угла трения грунтового заполнителя в ячеистой конструкции «Природообустройство»: научно-практич. журн.- М: Изд. ФГБОУ ВПО РГАУ-МСХА, 2015.- Двухмес.-№ 3.- С.64-67.

2. Шарков В.П. Формула для расчета горизонтальных нагрузок от заполнителя на стенки силосов при их разгрузке./ Ежемесячный Журнал «Строительная механика и расчет сооружений».- 2018.- № 2.- С.32-39.

3. Шарков В.П. Методика расчета давления грунта на гладкие стенки ячеистых конструкций ГТС в условиях его осадок /Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 290. Ч. I. М.: Изд-во РГАУ-МСХА.- 2018.- С.191-193.

4. Шарков В.П. Давление грунта на ячеистые конструкции ГТС от динамических воздействий.- Журнал «Гидротехническое строительство».- 2019.-№ 2.- С.146-152.

5. Шарков В.П. Формула для расчета давления заполнителя на стенки ячеистых конструкций гидросооружений от динамических воздействий.- Тезисы докладов XII Научно-технической конференции «Гидроэнергетика и гидро-

техника. Новые разработки и технологии Санкт Петербурге 15-16 ноября 2018 г.- С.232 .

6. Шарков В.П. Касательные напряжения в грунте у стен ячеистых сооружений и их предельные значения в условиях интенсивных осадок «Природо-обустройство»: научно- практич. журн. двухмес.- М: Изд. ФГОУ ВПО МГУП, 2010. - № 5. - С .50-55.

7. Шарков В.П., Карнаухов В.М. О величине касательных напряжений у стен ячеистых гидротехнических сооружений прямоугольной формы «Природообустройство»:научно- практич. журн.- М: Изд. ФГБОУ ВПО МГУП, 2015.- Двухмес.-№ 2.- С.28-32.

8. Шарков В.П. Формула для расчета горизонтального давления заполнителя при выгрузке силоса для любой шероховатости стен.- Ежемесячный Журнал « Строительная механика и расчет сооружений».- 2019. -№ 1.- С.49-57.

9. Шарков В.П. Методика расчета давления грунта на гладкие стенки ячеистых конструкций ГТС в условиях его осадок /Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып. 290. Ч. I. М.: Изд-во РГАУ-МСХА.- 2018. С.191-193.

УДК 502/504: 532.621

## **СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ В ПАКЕТЕ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ**

*Снежко Вера Леонидовна, заведующая кафедрой информационных технологий в АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Паливец Максим Сергеевич, доцент кафедры информационных технологий в АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** В статье представлены результаты статистической и численной оценки экспериментальных исследований гидравлических сопротивлений в напорном водопропускном сооружении при расчёте его пропускной способности в пакете прикладных программ языка Visual Basic for Applications.*

***Ключевые слова:** гидравлические сопротивления, гидравлический коэффициент трения (Дарси), потери напора по длине, напорное водопропускное сооружение, эквивалентный диаметр по площади, число Рейнольдса.*

При эмпирическом определении пропускной способности в напорных водоводах, таких как гидротехнические водоводы, дюкеры, водовыпуски плотинных гидроузлов или трубопроводы систем водоснабжения необходимо экспериментально находить значения гидравлического коэффициента трения по известной зависимости Дарси-Вейсбаха [5], что является одной из сложнейших проблем механики жидкости, которая до сих пор не получила полного теоретического решения. На данный момент известно много научных работ, посвященных гидравлическим сопротивлениям напорных потоков (ссылки в работах -

[1,3,4,5]). Исследования гидравлического коэффициента трения в прямоугольных (квадратных) трубах производились отечественными и зарубежными исследователями. При промышленном применении большая часть работ содержит экспериментальные данные по трубам круглого сечения. В России широко используются графики Никурадзе, номограммы Кольбрука-Уайта для определения значений коэффициента гидравлического трения. Универсальный метод расчёта для определения  $\lambda$  предложен А.Д. Альтшулем.

При определении значений коэффициента гидравлического трения (Дарси)  $\lambda$  трубопроводов из других материалов или трубопроводов, предназначенных для транспортирования жидкостей, отличающихся от воды, применяют другие эмпирические формулы. На практике часто приходится иметь дело с турбулентным течением в некруглых трубах, применяемых, например, в различных охлаждающих устройствах, а также это могут быть дюкеры, гидродинамические стабилизаторы расхода водовыпусков низконапорных гидроузлов, гидродинамические регуляторы расхода на перепадах каналов оросительной сети, водопропускные трубы на автомобильных дорогах и т.п. [1].

В статье представлены результаты статистической оценки экспериментальных исследований гидравлического коэффициента трения в напорном водопропускном сооружении квадратного поперечного сечения. Экспериментально гидравлический коэффициент трения определялся по известной методике в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО [2] на прямом участке водовода длиной 1-1,5м. В качестве характерного линейного поперечного размера квадратного водовода выбирался эквивалентный диаметр по площади  $d_э$  [4]:

$$d_э = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}. \quad (1)$$

Определение опытного значения коэффициента гидравлического трения  $\lambda$  косвенным методом по формуле (2):

$$\lambda = \frac{2 \cdot g \cdot d_э \cdot h_l \cdot \omega^2}{l \cdot \left(\frac{Q}{\omega}\right)^2} = \frac{2 \cdot g \cdot d_э \cdot h_l \cdot d_э^4}{l \cdot Q^2} = const \cdot d_э^5 \cdot h_l \cdot l^{-1} \cdot Q^{-2}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – гидравлический коэффициент трения (Дарси);  $d_э$  – эквивалентный диаметр водовода;  $h_l$  – величина потери напора на трение на участке равной длины;  $l$  – длина участка между расчетными сечениями (пьезометрами);  $V$  – средняя скорость движения воды;  $Q$  – расход воды;  $\omega$  – площадь живого сечения водовода;  $g=9,81\text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

Значения гидравлического коэффициента трения  $\lambda$ , вычисленные экспериментальным способом при разных числах Re приведены на рисунке 1. При расчёте  $\lambda$  использовался характерный линейный размер - в числе Re принимался учетверенный гидравлический радиус (гидравлический диаметр).

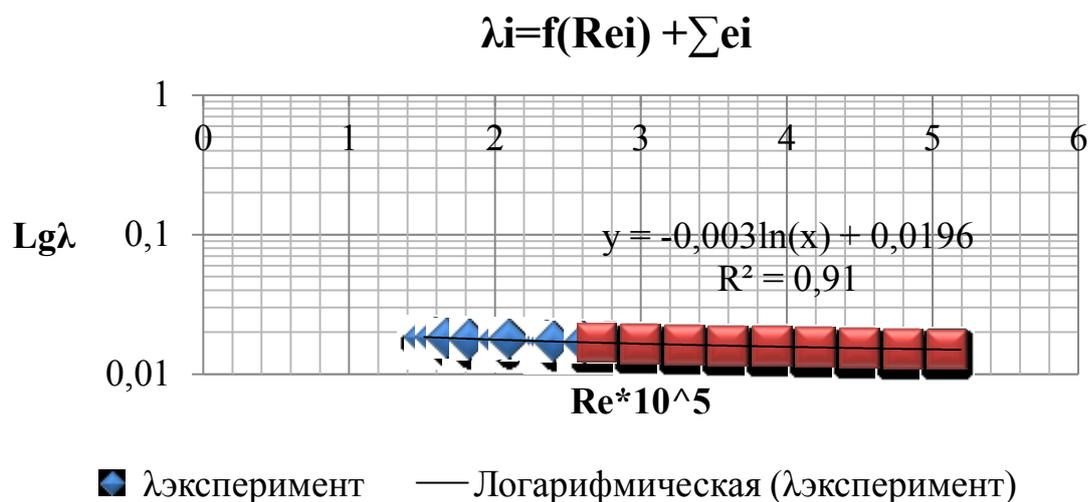


Рисунок 1 - Зависимость  $\lambda=f(\text{Re})$  преобразованная к линейному виду

Таблица 1

Результаты регрессионного анализа и его оценка

ВЫВОД ИТОГОВ						
Регрессионная статистика						
Множественный R	0,95393					
R-квадрат	0,910					
Нормированный R-квадрат	0,90436					
Стандартная ошибка	0,000159			Критическое значение критерия Фишера		
Наблюдения	18			F>Fпр кр, $\alpha$		
				Fпр кр, $\alpha$		
Дисперсионный анализ				4,49399		
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Значимость F</i>	<i><math>\alpha</math></i>
Регрессия	1	4,10577E-06	4,1057E-06	161,75891	0,0000000009	<0,05
Остаток	16	4,06112E-07	2,5382E-08			
Итого	17	4,51188E-06				
	<i>Коэффициенты</i>	<i>Стандартная ошибка</i>	<i>t-статистика</i>	<i>P-Значение &lt;0,05</i>	<i>Нижние 95%</i>	<i>Верхние 95%</i>
Y-пересечение	0,01964	0,00018	111,74039	1,4E-24	0,01927	0,02001
Переменная X 1	-0,00285	0,00022	-12,71845	8,8E-10	-0,00332	-0,00237
	<b>Критерий Стьюдента</b>	<b> tкр =</b>	2,12			

Потеря давления измерялась между двумя контрольными пьезометрами, первый пьезометр был расположен на расстоянии 2,6м от входа в водопропускное сооружение, а второй на расстоянии 1,4м от первого. По построенной экспериментальной зависимости  $\lambda = f(Re)$  на рисунке 1 можно увидеть, что значения коэффициента гидравлического трения  $\lambda$  лежат в пределах  $0,0184 \div 0,0169$ , в диапазоне чисел Рейнольдса  $Re = 1,5 \cdot 10^5 \div 2,7 \cdot 10^5$ . То есть в эксперименте значение коэффициента Дарси остается практически неизменным так как  $l_1 = 30,7 \cdot d_2 = 27,2 \cdot d_3 = 2,6м > 25 \cdot d_3 = 2,4м$ .

Таблица 2

**Результаты регрессионного анализа и оценка показателя средней относительной ошибки аппроксимации**

ВЫВОД ОСТАКА							
Наблюдение	Предсказанное Y	Остатки	Re*10^5	yi	ȳi	yi-ȳi	yi-ȳi /yi
1	0,018457	-0,000011	1,516164	0,018446	0,018457	0,000011	0,000620
2	0,017640	-0,000318	2,019839	0,017322	0,017640	0,000318	0,018367
3	0,017506	0,000068	2,117491	0,017574	0,017506	0,000068	0,003870
4	0,017506	0,000226	2,117491	0,017732	0,017506	0,000226	0,012724
5	0,017167	-0,000143	2,384747	0,017024	0,017167	0,000143	0,008400
6	0,017143	-0,000164	2,405305	0,016979	0,017143	0,000164	0,009661
7	0,017089	0,000020	2,451561	0,017109	0,017089	0,000020	0,001160
8	0,016915	0,000154	2,605747	0,017069	0,016915	0,000154	0,009037
9	0,016821	-0,000013	2,693119	0,016808	0,016821	0,000013	0,000785
10	0,018312	0,000134	1,595660	0,018446	0,018312	0,000134	0,007269
11	0,018180	0,000034	1,671387	0,018213	0,018180	0,000034	0,001841
12	0,017924	-0,000243	1,828248	0,017681	0,017924	0,000243	0,013764
13	0,017628	-0,000030	2,028382	0,017598	0,017628	0,000030	0,001715
14	0,017531	0,000240	2,098699	0,017772	0,017531	0,000240	0,013518
15	0,017206	0,000185	2,352923	0,017391	0,017206	0,000185	0,010633
16	0,017173	-0,000037	2,379968	0,017136	0,017173	0,000037	0,002180
17	0,017141	-0,000050	2,407013	0,017091	0,017141	0,000050	0,002944
18	0,016908	-0,000049	2,612556	0,016858	0,016908	0,000049	0,002932
...	...	...	...	...	...	...	...
						СУММА:	0,1214196
Показатель средней относительной ошибки аппроксимации:						$\varepsilon = \frac{1}{n} \cdot \sum  y_i - \bar{y}_i  / y_i$	1%

Регрессионное уравнение получено по экспериментальным значениям  $\lambda$  с коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,91$ :

$$Lg\lambda = Lg(-0,003 \cdot \ln Re + 0,0196) \quad (3)$$

Получена эмпирическая формула (3) для расчета гидравлического коэффициента трения. Эмпирическое уравнение (3) имеет значимые статистические оценки, которые приведены в Таблице 1 и Таблице 2, данное уравнение может быть использовано в диапазоне чисел Рейнольдса  $Re = 1,5 \cdot 10^5 \div 2,7 \cdot 10^5$ .

Рассчитанный уровень значимости  $F = 8,82125921017691E-10 < 0,05$ , что подтверждает значимость  $R^2$ . Другой подход к проверки значимости основан на проверке попадания  $F_p$  в критическую область,  $F_p = 161,7589$ , так как  $F_p$  попадает в критический интервал  $(+4,49; +\infty)$ , то гипотеза о незначимости отвергается, т.е. коэффициент детерминации  $R^2 = 91\%$ , что говорит о правильности включения параметра  $Re$  в построенную модель. Показатель средней ошибки аппроксимации  $\varepsilon = 1\%$  также подтверждает достаточно высокую адекватность построенного уравнения (3). Значения коэффициентов  $\alpha_i$  больше своих стандартных ошибок. К тому же эти коэффициенты являются значимыми, о чем можно судить по значению показателя  $P$ -значения, который меньше заданного уровня значимости. Так как значения  $t$ -статистики  $> |t_{крит}| = 2,12$  попадает в критическую область  $(-\infty; -2,12) \cup (+2,12; +\infty)$  из этого следует, что  $t$ -крит (критерий Стьюдента) входив в интервал и нулевая гипотеза о значимости коэффициентов уравнения регрессии (3) принимается.

Функция регрессии (3) определена, интерпретирована и обоснована, и оценка точности анализа соответствует требованиям.

### Библиографический список

1. Алтунин, В.И. Гидравлические расчёты водопропускных труб на автомобильных дорогах: учебное пособие / В.И. Алтунин, Т.А. Суэтина, О.Н. Черных. – М.: МАДИ, 2016. – 92с.
2. ГОСТ Р ИСО 5725-6-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Использование значений точности на практике. – Введ. 2002-04-23. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 43 с.
3. Михалев, М.А. Гидравлический расчет напорных трубопроводов / М.А. Михалев // Инженерно-строительный журнал. – 2012. – № 6. – С. 20-28.
4. Палиивец, М.С. К вопросу экспериментального определения гидравлического коэффициента трения в напорных водоводах квадратного сечения / М.С. Палиивец // Природообустройство. – 2016. – № 14. – С. 20-26.
5. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика : Учебник. – 5-е изд., стер. / Д. В. Штеренлихт. – СПб.: Издательство «Лань», 2015. – 656 с.: ил. – ISBN 978-5-8114-1892-3.

## ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КАРТОВЕЛЕВОДСТВЕ

*Ивашова Ольга Николаевна, старший преподаватель кафедры информационных технологий в АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Яшкова Екатерина Александровна, старший преподаватель кафедры информационных технологий в АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** В мире цифровых технологий во все сферы жизнедеятельности внедряют инновационные технологии. Применение и развитие информационных технологий в отраслях сельскохозяйственного производства в связи с ростом численности народонаселения мира позволит решить такие задачи как: удовлетворение спроса в продуктах питания, увеличение урожайности с 1 гектара земли, повышение производительности труда на предприятиях.

**Ключевые слова:** информационные технологии, картофелеводство, технологии возделывания картофеля, БПЛА, информатизация АПК, GPS-навигация, Internet of Things.

По последним оценкам ООН, разработанным Worldometer, общее количество людей, живущих в настоящее время в мире, составляет 7,7 миллиарда человек на ноябрь 2019 года. [1]. В условиях роста численности народонаселения (рис.) картофелеводство как отрасль сельскохозяйственного

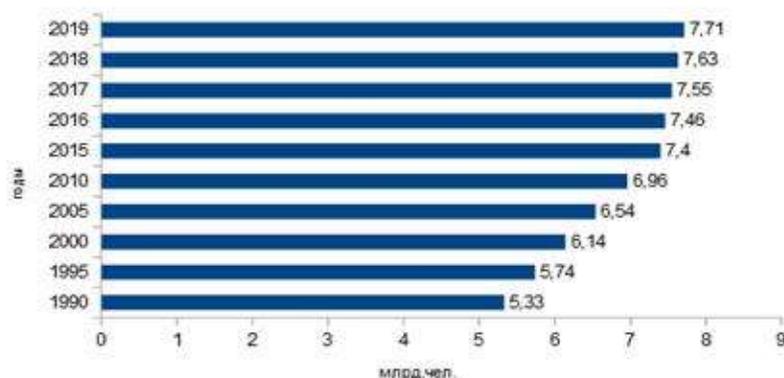


Рисунок – Народонаселение мира за 1990-2019 гг

производства играет важную роль в плане продовольственной безопасности. Уровень потребления картофеля в нашей стране на душу населения является одним из самых высоких в мире. Однако, показатели валового сбора, урожайности (табл.), переработки и хранения картофеля в России – одни из самых низких в Европе[3]. Например, в Нидерландах, Великобритании, Германии, США и других ведущих картофелеводческих странах урожайность картофеля состав-

ляет 35 - 45 т/га. Данный показатель достигается как за счет внедрения новых технологических процессов производства, так и за счет применения информационных технологий.

*Таблица*

### **Валовой сбор и урожайность картофеля в хозяйствах России**

<b>Годы</b>	<b>Валовой сбор, млн. тонн</b>	<b>Урожайность, т/га</b>
1992	38,3	11,4
2000	29,5	10,5
2005	28,1	12,4
2010	21,1	10
2013	30,2	14,5
2014	31,5	15
2015	33,6	15,9
2016	31,1	15,3
2017	29,6	15,6

Министерством сельского хозяйства разработан проект «Цифровое сельское хозяйство», посредством которого в сельскохозяйственные отрасли будут внедрены цифровые технологии и платформенные решения для обеспечения технологического прорыва в АПК и достижения роста производительности на «цифровых» сельскохозяйственных предприятиях. [3].

Одним из эффективных инструментов для достижения нового уровня цифровизации является «Интернет вещей» (Internet of Things, IoT). Под термином Интернет вещей понимается концепция вычислительной сети физических предметов («вещей»), оснащённых встроенными технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой, рассматривающая организацию таких сетей как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключаяющее из части действий и операций данными, поступающими с различных, встроенных между собой сервисов. IoT в сельскохозяйственных отраслях решает такие задачи как сокращение операционных расходов, себестоимости выращивания продукции, ресурсосбережение, увеличение урожайности культур, отслеживание неблагоприятных зон земельных участков [4].

На различных участках одного и того же поля урожайность всегда разная. Применение информационных технологий позволяет снизить данное расхождение до минимального размера.

Для отраслей сельскохозяйственного производства открываются значительные возможности при использовании современных средств мониторинга земель с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА, дроны), поддерживающих GPS и ГЛОНАСС (глобальные позиционные системы) с установленными мультиспектральными камерами, которые позволяют проводить мониторинг вегетации и состояния агрономических культур в условиях открытого грунта, а также прогнозировать урожайность, выявлять недостаточную нехватку удобрений, заболевания растений, проводить систематическое наблюдение разного рода полевых работ. Кроме этого, применение дронов позволяет формировать карты полей, строить фотопланы полевых поверхностей, вести мониторинг состояния полей под паром и посевов сельскохозяйственных культур. Наличие сформированной единой базы информационных средств позволя-

ет проводить анализ, исследования которого своевременно дают оценку состояния сельскохозяйственных земель, в результате этого оперативно разрабатываются в кратчайшие сроки меры, направленные на устранение выявленных проблем.

Обнаружить количество вредителей на определенном участке поля и автоматически распылять средства химической защиты растений только там, где это необходимо, позволяют датчики, используемые в современных системах. Действие таких датчиков основано на применении лазерно-радарной технологии (или на технологии ультразвуковых или электромагнитных установок).

При выращивании картофеля важно своевременное орошение почвы. Применение автоматизированных оросительных систем позволяет существенно сократить расход воды особенно в засушливых территориях. Специальные сенсоры, которые установлены на земельном участке, в определенное время в течение суток проводят оценку анализа влажности почвы. Основываясь на этих данных, сенсоры регулируют полив. Так, для контроля состояния сельхозугодий, российская компания «Стриж» предлагает решение, которое базируется на использовании IoT-сети на платформе LPWAN-сетей. Благодаря датчикам, подключенным к этой сети, в режиме реального времени можно контролировать такие параметры, как влажность, кислотность и температуру почвы. Использование такого решения дает возможность сбора статистических данных о влажности почвы.

В настоящий момент автоматизация и цифровизация максимального количества сельскохозяйственных процессов в отраслях сельскохозяйственного производства, включая картофелеводство, является осознанной необходимостью. Это позволит получить стабильные урожаи при оптимальных затратах, и в конечном итоге выйти на новый инновационный путь развития.

### **Библиографический список**

1. World Population Clock: 7.6 Billion People (2017) – Worldometers: [www.worldometers.info](http://www.worldometers.info) (дата обращения 17.11.2019).
2. Россия в цифрах. 2018: Крат. стат. сб./ Росстат- М., Р76 2018 - 522 с. 3. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»:
3. <http://mcx.ru/upload/iblock/900/900863fae06c026826a9ee43e124d058.pdf> (дата обращения 17.11.2019)
4. Ивашова О.Н., Яшкова Е.А. Применение цифровых технологий в сельском хозяйстве // Новые информационные технологии в образовании. Сборник научных трудов 19-й МНПК. М.:ООО "1С-Паблишинг", 2019, с.302-304.

**ТИПИЗАЦИЯ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН IV КЛАССА  
ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ТЕОРИИ  
НАДЕЖНОСТИ К РЕЗУЛЬТАТАМ ИХ ЭКСПЕРТНОГО  
ОБСЛЕДОВАНИЯ**

*Симонович Ольга Сергеевна, старший преподаватель кафедры информационных технологий в АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*  
*Снежко Вера Леонидовна, заведующая кафедрой информационных технологий в АПК, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* Анализ проектирования и строительства грунтовых плотин IV класса доказал возможность рассматривать их как типичные сооружения. На примере плотин, расположенных на территории Московской области, показана правомерность использования методов теории надежности для прогноза уровня безопасности при отсутствии служб эксплуатации.

*Ключевые слова:* гидротехническое сооружение, грунтовая плотина, уровень безопасности, типовой проект.

Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 16 июня 1966 года «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур» вызвало небывалый подъем строительства гидротехнических объектов мелиоративного назначения. В эксплуатацию вводились тысячи малых плотинных гидроузлов, служащих для регулирования местного стока малых рек, ручьев, небольших водотоков в целях орошения сельскохозяйственных культур. Основными потребителями воды были колхозы и совхозы. Помимо нужд растениеводства аккумулируемая в малых водохранилищах вода использовалась в животноводстве и прудовом хозяйстве, для целей пожаротушения и местных нужд. Реализация решений правительства привела к росту объемов сельскохозяйственной продукции, в период с 1966 по 1990 годы площади орошаемых земель в СССР достигли 21 миллиона гектаров и составили 12 % от площади всех сельскохозяйственных угодий.

Разработкой проектов мелиоративных гидротехнических сооружений занимались созданные в то время практически во всех регионах страны проектные институты: «Южгипроводхоз», «Гипроводхоз», «Росгипроводхоз», «Ленгипроводхоз», «Дальгипроводхоз», «Башгипроводхоз», «Брянскгипроводхоз», «Вологдагипроводхоз», «Востоксибгипроводхоз», «Дальгипроводхоз», «Запсибгипроводхоз», «Ивановогипроводхоз», «Калинингипроводхоз», «Калугагипроводхоз» и др. Использование типовых проектов малых водохранилищных гидроузлов позволило свести к минимуму время на проектирование и возведение сооружений. Примером только малой части таких проектов могут служить:

- Типовой проект 820-4-023.86 Плотины земляные насыпные высотой до 12 м с уположенным верховым откосом. Ленгипроводхоз Минводхоз СССР. (Однородные плотины из суглинка высотой 5,8, 10, 12 м):

- Типовые проектные решения 820-04-16.86. Ледозащитные устройства для водосбросных сооружений. Ленгипроводхоз, Минводхоз СССР.
- Типовой проект 820-04-28.87 Плотины земляные насыпные высотой до 15 м с крепленным верховым откосом
- Типовые материалы для проектирования 820-04-28.87. Ленгипроводхоз Главчерноземводстроя Минводхоза СССР. Плотины земляные насыпные высотой до 15 м с крепленным верховым откосом.
- Типовые материалы для проектирования 820-04-36.90 Водовыпуск-водозабор трубчатый при земляной плотине на расход воды до 1,5м<sup>3</sup>/с при напоре до 12 м. Ленгипроводхоз, Минводхоз СССР.
- 820-4-045.92 Водовыпуски трубчатые автоматизированные на расход воды 1,5м<sup>3</sup>/с при напорах от 5 до 12 м с затвором в нижнем бьефе.

Для реализации проектов по всей стране была создана сеть строительных объединений: «Алтаймелиоводстрой», «Амурмелиоводстрой», «Астраханводремстрой», «Башмелиоводстрой», «Белгородводстрой», «Бурятводстрой», «Главастраханрисстрой», «Главволговодстрой», «Главдонводстрой», «Главкрасноярскводстрой», «Главкубаньрисстрой», «Главленмелиоводстрой», «Главнечернозёмводстрой», и др. Более 700 специализированных наименований строительной техники и технических средств для эксплуатации мелиоративных систем и сооружений было сконструировано и произведено в эти годы.

Класс гидротехнического сооружения в соответствии с действующими нормативными документами определяется в зависимости от грунтов основания и высоты плотины, формирующей напорный фронт [1]. Грунтовые плотины IV класса (класса низкой опасности), возведенные на не скальных основаниях, должны иметь высоту до 15 м, максимальный напор на сооружение не превышать 8 м, при использовании водохранилища для мелиоративных целей его объем не должен составлять более 50 млн.м<sup>3</sup>, а возможный ущерб от аварии менее 100 млн. рублей.

Классификация уровня безопасности гидротехнических сооружений по значению дозы вредного воздействия  $D$  представлена в таблице [4].

*Таблица*

#### **Классификация уровня безопасности ГТС**

Уровень безопасности ГТС	Доза вредного воздействия $D$
Нормальный уровень безопасности	Не более 0,15
Пониженный уровень безопасности	Свыше 0,15, но не более 0,3
Неудовлетворительный уровень безопасности	Свыше 0,3, но не более 0,5
Опасный	Более 0,5

Большинство ГТС, созданных в период развития мелиорации земель, относятся к IV классу. Московская область также была охвачена проектом «широкой мелиорации земель». В период с 1965 по 1991 год здесь было построено более 850 водохранилищ местного регулирования стока, напорный фронт кото-

рых формировали низконапорные грунтовые плотины. Доля этих сооружений сегодня составляет более чем 70% от общего числа плотин, построенных на территории современной Московской области за последние 300 лет (рисунок).

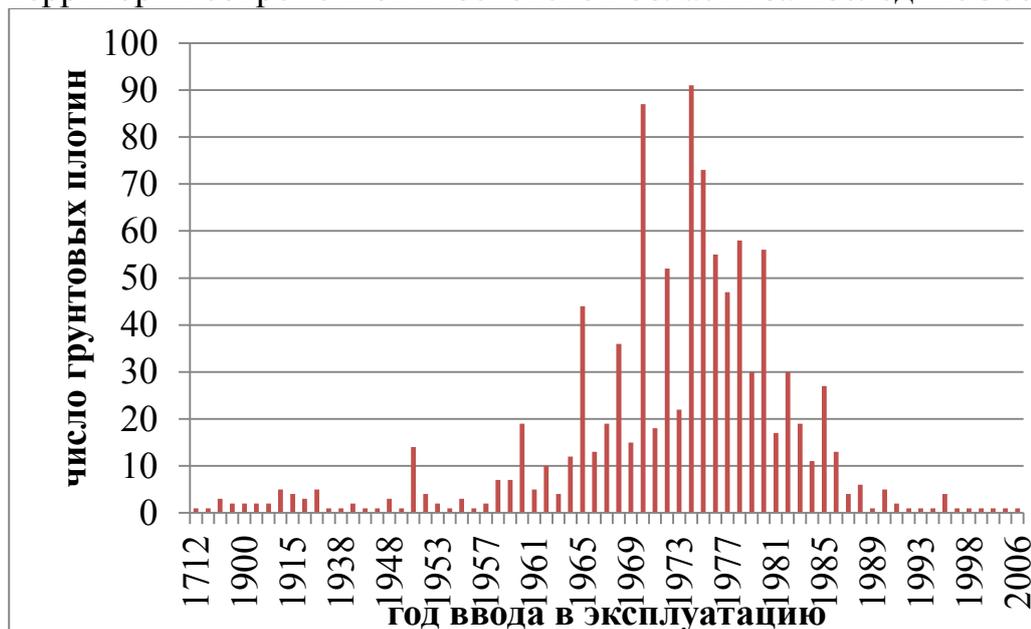


Рисунок 1 -Ввод в эксплуатацию низконапорных плотин IV класса

Благодаря использованию типовых проектных решений, местных строительных материалов, типовых методов производства строительных работ и специально разработанной техники в год на территории Московской области могли вводиться в эксплуатацию до 90 малых водохранилищных гидроузлов. Другими словами, период 1965-1991 годов можно считать периодом массового строительства типовых мелиоративных гидротехнических сооружений.

Закрытие программы мелиорации, ликвидация Министерства водного хозяйства СССР и последующие годы перестройки не могли не отразиться на сооружениях мелиоративного и водохозяйственного назначения. Большинство из них утратили собственника, то есть оказались бесхозными в результате банкротства колхозов и совхозов. Многие объекты перешли в частную собственность организаций, не имеющих в штате не только квалифицированных специалистов-гидротехников, но и эксплуатационных служб как таковых. Практически все предприятия (а это фермерские хозяйства, сельскохозяйственные производственные кооперативы, общества с ограниченной ответственностью и т.д.) не имели необходимых денежных средств не только на ремонт сооружений, но и на диагностику их технического состояния.

В 1992-2013 гг. в РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева были выполнены работы по экспертному обследованию гидротехнических сооружений Московской области [2]. Из 1218 обследованных гидроузлов 84% не имели службы эксплуатации, в том числе 590 (58%) ГТС оказались бесхозными. Огромный массив данных по техническому состоянию грунтовых плотин на момент обследования необходимо было подвергнуть анализу с целью разработки прогноза снижения их уровня безопасности в будущем.

При оценке безопасности ГТС используются подходы [3]: АО «НИИЭС», основанный на рекомендациях Международной комиссии по большим плотинам (ICLD), методика Ростехнадзора, методические рекомендации «НИИ ВОД-ГЕО» и методика ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. Первые три методики используют концепцию оценки безопасности, основанную на качественных оценках с применением балльных шкал, четвертая концепция использует, в том числе, и методы теории надежности.

Для исследования снижения уровня безопасности грунтовых плотин IV класса с течением времени при отсутствии служб эксплуатации впервые было предложено использовать методы теории надежности и теории случайных процессов. Выбор был обусловлен типичностью этих сооружений и базировался на оценке вероятности соответствия сооружения одному из уровней безопасности по частоте.

Как известно, частота массового случайного события обладает свойством устойчивости. Это означает, что при многократном воспроизведении эксперимента в идентичных условиях будут получены частоты, близкие к вероятностям. Такой подход приемлем только к типовым объектам при многократных испытаниях в одинаковых условиях. Безусловно, плотины I, II и даже III класса являются уникальными и использование предложенного метода для них неправомерно. Их проектные решения редко повторяют друг друга и разрабатываются индивидуально с учетом условий района строительства, назначения сооружения и т.д. Все эти сооружения имеют службы эксплуатации, оборудованы контрольно-измерительной аппаратурой. Но на территории Российской Федерации общее число комплексов сооружений I, II или III класса составляет всего лишь 1117, в то время как остальные 28887 ГТС это сооружения класса низкой опасности. Большинство сооружений IV класса введено в эксплуатацию в период интенсивной мелиорации земель, то есть их возраст приближается к 50-ти годам или границе нормативного срока эксплуатации.

Объектом исследований стали однородные грунтовые плотины IV класса, расположенные на территории Московской области. Все 1018 плотин, уровень безопасности которых был установлен в результате экспертного обследования, не имели эксплуатационных служб. Они были построены в период интенсивного мелиоративного строительства по типовым проектам одинаковыми способами в одном природно-климатическом районе из местных материалов можно и считались условно типичными. Повреждения плотин, снижающие их уровень безопасности, были также типичны: вертикальные и поперечные трещины, во-

ронки и просадки, выход фильтрационного потока на низовой откос, заиливание обратных дренажных фильтров, разрушение креплений верхового откоса и т.п.

На основании фактических данных обследования вычислялись частоты соответствия плотины каждому из уровней безопасности. Далее производилась проверка соответствия эмпирической функции распределения частот теоретическому (экспоненциальному) распределению. Расчеты показали, что сохранение в течение года грунтовой плотинной IV класса исходного уровня безопасности (при отсутствии ремонта либо технического обслуживания) описывается экспоненциальными кривыми с интенсивностями отказов  $\lambda$  [1]. В теории надежности эти кривые называются кривыми надежности. Интенсивности отказов для каждого уровня безопасности имели различные значения, но возрастали при снижении уровня на порядок. Для нормального и пониженного уровня безопасности интенсивности отказов являлись постоянными, для неудовлетворительного и опасного уровня изменялись после достижения плотинной возрастом 25 лет.

Выполненные на основании типизации плотин исследования позволили по результатам разового экспертного обследования составить прогноз снижения уровня безопасности плотины на всем протяжении ее нормативного срока службы для случая отсутствия эксплуатационных мероприятий.

#### **Библиографический список**

1. Снежко В.Л., Сидорова С.А., Симонович О.С. Прогноз уровня безопасности низконапорных грунтовых плотин // Природообустройство. 2019. № 2. С. 72 – 80.
2. Волков В.И. Каганов Г.М. Обобщение результатов обследования состояния гидроузлов в Московской области за 2002-2012 гг. // Мелиорация и водное хозяйство. 2012. № 3. С. 5 – 8.
3. Мельник Г.В. Концептуальные положения действующих методических рекомендаций по контролю технического состояния и оценке безопасности суходонных гидротехнических сооружений // Безопасность энергетических сооружений: науч.-техн. и производств. сб. АО «НИИЭС». 2015, № 2 (20). С. 16 – 31.
4. ГОСТ Р 22.2.09–2015. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Экспертная оценка уровня риска аварии гидротехнических сооружений. – М.: Стандартинформ, 2016. 26 с.

УДК 631.445.4:631.417.2

**СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ФИЗИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ  
ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ ТРАДИЦИОННОЙ К НУЛЕВОЙ ОБРАБОТКЕ**

*Борисов Борис Анорьевич, профессор кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Рогожин Данила Олегович, аспирант кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* на черноземе южном Волгоградской области сравнивали возделывание зерновых культур при традиционной обработке почвы (с оборотом пласта) и при технологии No till. При переходе к No till отмечено достоверное повышение содержания легкоразлагаемого органического вещества, и некоторое улучшение показателей физического состояния почвы.

*Ключевые слова:* нулевая обработка, органическое вещество почвы, физические свойства почвы.

В настоящее время широко внедряется технология «нулевой обработки» почв, которая позволяет значительно снизить затраты хозяйств на проведение механической обработки почв, хотя при использовании такой технологии и появляются дополнительные затраты на применение химических средств борьбы с сорной растительностью. При постоянном использовании отвальной обработки (с оборотом пласта) происходит активная минерализация органического вещества почвы, разрушается почвенная структура, почва сильно распыляется, становится менее устойчивой как к водной эрозии, так и к дефляции – наступает состояние выпаханности [2,3]. Выпаханность является начальной стадией деградации почвенного плодородия [1]. Преимуществами нулевой обработки являются: энергоресурсосбережение, экономичность, защита почвы от эрозии, дополнительное снегонакопление, сохранение влаги, снижение темпов минерализации органического вещества, сокращение потерь минерального азота, мульчирующий эффект, улучшение сложения почвы, перспективы экологизации. Недостатками же являются: ухудшение фитосанитарной ситуации, необходимость применения гербицидов, усиление дефицита минерального азота, ограничения при повышенном увлажнении, солонцеватости и переуплотнении почв, дифференциация пахотного слоя, невозможность внесения органических удобрений и мелиорантов [4,5].

При внедрении данной технологии остаются малоизученными изменения, происходящие со свойствами почв. В результате использования нулевой обработки изменяются условия поступления и трансформации органического веще-

ства и физические свойства почв. Данная технологии способствует как увеличению поступления органических остатков в почвы, так и снижению минерализации органического вещества вследствие отсутствия механических обработок. Поэтому можно предположить, что при внедрении нулевой обработки в первую очередь будет увеличиваться содержание легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ).

Объектом наших исследований являлись образцы чернозема южного, отобранного в Новоаннинском районе Волгоградской области на поле, где в течение 5 лет сравниваются традиционная (с оборотом пласта) и нулевая обработки почвы при выращивании зерновых культур. Исследуемые участки находились на одном поле с одинаковым почвенным покровом

Целью нашей работы было проведение сравнения некоторых агрономически значимых свойств чернозема южного Волгоградской области (чернозем южный среднемощный среднесуглинистый на лессовидном суглинке освоенный), обрабатываемого по традиционной технологии с оборотом пласта и по технологии нулевой обработки.

Отбор образцов производился в пятикратной повторности с площадок размером 50x50 м, на частях поля с традиционной и с нулевой обработкой.

Лабораторные анализы почв выполнялись по общепринятым методикам, содержание легкоразлагаемого органического вещества определяли по методике, предложенной Ганжарой и Борисовым [1], основанной на отделении ЛОВ от минеральной части почвы и стабильных гумусовых веществ с помощью тяжелой жидкости плотностью 1,8 г/см<sup>3</sup> (концентрированный раствор иодида натрия), а для более тонкого препаративного отделения проводили повторную флотацию в тяжелой жидкости с плотностью 1,6 г/см<sup>3</sup>.

В рамках нашей работы было проведено сравнительное исследование физических свойств и состояния органического вещества в образцах почв, отобранных с участков, которые в течение пяти лет использовались в условиях применения различных технологий – традиционной обработки почвы с оборотом пласта и нулевой обработки. Были определены некоторые показатели состояния органического вещества исследуемых почв и их физические свойства.

В таблице 1 представлены результаты определения содержания гумуса и

*Таблица 1*

**Содержание гумуса и состав гумуса в черноземе южном при традиционной и нулевой обработке**

Вариант	Глубина, см	Содержание гумуса	Собщ	Сгк	Сфк	Сгк Сфк
Традиционная обработка	0-10	5,21	3,03	1,22	0,58	2,1
	10-20	5,22	3,01	1,25	0,60	2,1
No till	0-10	5,39	3,13	1,44	0,62	2,3
	10-20	5,20	3,02	1,26	0,61	2,1
НСР <sub>05</sub>		0,24	0,14	-		

состава гумуса в почвах исследуемых вариантов. Из данных таблицы 1 видно, что при традиционной обработке путем вспашки с оборотом пласта содержание гумуса в слоях 0-10 см и 10-20 см практически не отличалось так как данные слои представляют собой единый пахотный горизонт, который постоянно гомогенизируется в результате вспашки.

После проведения нулевой обработки в течение пяти лет содержание гумуса в слое 10-20 см осталось на том же уровне, как в пахотном слое при традиционной обработке, а в слое 0-10 см наметилась тенденция повышения содержания гумуса по сравнению со слоем 10-20 см, а также с пахотным слоем при традиционной обработке, хотя различия пока недостоверны. Также при использовании технологии No till проявилась тенденция к повышению содержания гуминовых кислот и к расширению соотношения Сгк к Сфк в слое почвы 0-10 см, по сравнению с пахотным горизонтом той же почвы, обрабатываемой по традиционной технологии с оборотом пласта. Отмеченные различия, по-видимому, связаны с тем, что при технологии No till в верхнем слое накапливается основное количество послеуборочных остатков, вследствие этого происходит постепенное обогащение слоя 0-10 см органическим веществом.

В таблице 2 представлены результаты определения содержания, запасов и степени гумификации легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ) в черноземе южном, при различных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

*Таблица 2*

**Содержание, запасы и степень гумификации легкоразлагаемого органического вещества в черноземе южном при традиционной обработке и при использовании технологии No till**

Вариант	Глубина	Содержание ЛОВ, %	Запасы ЛОВ, т/га	Степень гумификации ЛОВ, %
Традиционная обработка	0-10	0,28	6,9	7,6
	10-20	0,25		7,6
No till	0-10	0,45	9,1	8,5
	10-20	0,27		7,4
НСР <sub>05</sub>		0,11	-	-

Из данных, представленных в таблице 2 видно, что при традиционной обработке почв с оборотом пласта в слое 0-10 см было несколько более высокое содержание ЛОВ, чем в слое 10-20 см, однако, данное превышение было недостоверным. Более высокое содержание легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ) в слое 0-10 см, по-видимому, связано с повышенным количеством корневых остатков в этом слое в момент отбора образцов. В почве участка, на котором в течение пяти лет применяется нулевая технология, отмечено достоверное превышение содержания легкоразлагаемого органического вещества в слое 0-10 см по сравнению как со слоем 10-20 см данной почвы, так и с пахотным горизонтом почвы, используемой по традиционной технологии.

В результате применения технологии нулевой обработки произошло увеличение запасов ЛОВ в слое почвы 0-20 см на 2,2 т/га по сравнению с традиционной обработкой.

Также проявилась заметная тенденция к увеличению степени гумификации ЛОВ при переходе от традиционной к нулевой обработке в слое 0-10 см.

В таблице 3 представлены результаты определения плотности, плотности твердой фазы и общей пористости исследуемых почв.

Измерения выполнялись на рабочем участке установки для измерения гидравлических характеристик, выполненной в виде лотка, одна из стенок которого была выполнена в виде откоса с заложением 1:1 [4]. Пред проведением измерений выполнялась тарировка датчика при статическом и динамическом нагружении. Измерения характеристик производились при трех различных расходах. При проведении исследований датчик располагался на дне и откосе.

Таблица 3

**Результаты определения плотности, плотности твердой фазы и общей пористости исследуемых почв**

Вариант	Глубина	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Плотность твердой фазы, г/см <sup>3</sup>	Общая пористость, %
Пшеница, традиционная обработка	0-10	0,91	2,53	64,4
	10-20	0,93	2,52	63,2
Пшеница, нулевая обработка	0-10	0,90	2,44	63,0
	10-20	1,02	2,55	60,1

Из данных таблицы 3 видно, что все исследованные почвы характеризовались благоприятными величинами плотности. Слои 0-10 см и 10-20 см в почве при традиционной обработке характеризовались примерно одинаковой плотностью, а при нулевой обработке верхний слой 0-10 см имел значительно меньшую плотность по сравнению с нижним слоем 10-20 см. По-видимому, это связано с преимущественным накоплением растительных остатков в верхнем слое

Почва, обрабатываемая по традиционной технологии, а также почва при нулевой обработке имели примерно одинаковую величину плотности твердой фазы – 2,52-2,55 г/см<sup>3</sup>, а почва при нулевой обработке в слое 0-10 см характеризовалась заметно более низкой величиной плотности твердой фазы – 2,44 г/см<sup>3</sup>, что объясняется, по-видимому, высоким содержанием растительных остатков в почве.

Величина общей пористости практически не различалась в вариантах с различной обработкой и в разных слоях почв

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Проведено исследование изменения некоторых показателей состояния органического вещества чернозема южного и его физических свойств при переходе от традиционной обработки почв с оборотом пласта к нулевой (No till) обработке. В течение пяти лет одна половина поля, почвенный покров которого

представлен одной и той же почвенной разностью, обрабатывалась по традиционной, другая по нулевой технологии.

При нулевой обработке наблюдалась определенная дифференциация по содержанию гумуса между слоями 0-10 см и 10-20, хотя увеличение содержания гумуса в верхнем слое оказалось недостоверным.

Содержание легкоразлагаемого органического вещества (ЛОВ) в слое 0-10 см при нулевой обработке было существенно выше, чем в слое 10-20 см и чем в пахотном горизонте почвы при традиционной обработке, что связано, по-видимому, с активным накоплением растительных остатков в слое 0-10 см.

Величина плотности всех исследованных почв была благоприятной для развития растений, при этом в слое 0-10 см при использовании нулевой обработки плотность была заметно меньше, чем в слое 10-20 см, что объясняется преимущественным накоплением растительных остатков в верхнем слое.

Плотность твердой фазы почвы в слое 0-10 см при нулевой обработке была несколько ниже, чем в слое 10-20 см, что также связано, по-видимому, с повышенным накоплением растительных остатков.

Величина общей пористости практически не различалась в вариантах с различной обработкой и в разных слоях почв. При этом во всех исследованных почвах общая пористость находилась в оптимальных пределах.

Таким образом, проведенное сравнительное исследование показало, что в результате перехода к нулевой обработке наблюдалось достоверное увеличение содержания легкоразлагаемого органического вещества и тенденция к увеличению содержания гумуса и содержания гуминовых кислот в его составе. Отмечено также некоторое снижение плотности и плотности твердой фазы почвы.

### **Библиографический список**

1. Борисов Б.А., Ганжара Н.Ф.- Органическое вещество почв (генетическая и агрономическая оценка).- Москва, 2015.-214 с.
2. Ганжара Н.Ф., Байбеков Р.Ф., Борисов Б.А., Надежкин С.М. Оптимизация содержания лабильного органического вещества в почвах лесостепи Поволжья.// Плодородие, 2010, № 5. -С. 15-17.
3. Ганжара Н.Ф., Верзилин В.В., Байбеков Р.Ф., Борисов Б.А. Состояние органического вещества и соединений азота черноземов выщелоченных в зависимости от способов возделывания культур.// Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, 2005, № 3. -С. 1-13.
4. Кирюшин В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия// Земледелие, 2006, № 5. - С. 12-14.
5. Шарков И. Н., Самохвалова Л. М., Мишина П. В. Изменение органического вещества чернозема выщелоченного при минимизации обработки в лесостепи Западной Сибири. // Почвоведение, 2016, №7.- С. 892-899.

## ПОЛИМЕРНЫЙ ФОСФОР В ИНТЕНСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

*Гармаш Нина Юрьевна, главный научный сотрудник ФИЦ «Немчиновка»*

*Политыко Петр Михайлович, заведующий лабораторией ФИЦ Немчиновка»*

*Гармаш Григорий Александрович, заведующий лабораторией ФИЦ Немчиновка»*

*Морозова Галина Борисовна, старший научный сотрудник ФИЦ «Немчиновка»*

*Смолина Татьяна Владимировна, старший научный сотрудник ФИЦ «Немчиновка»*

**Аннотация:** *В полевых опытах изучали эффективность применения листовых обработок жидкими полимерными фосфорными удобрениями. В результате проведенных исследований установлено, что обработка вегетативной массы яровой пшеницы в фазу кущения жидкими полимерными фосфорными удобрениями положительно влияла на урожай и его качество.*

**Ключевые слова:** *листовые обработки, яровая пшеница, жидкие полимерные фосфорные удобрения, интенсивные технологии.*

Приемы повышения эффективности минеральных удобрений, одним из которых является внекорневое питание растений, заслуживают в последнее время особого внимания. Очевидно, что внесение элементов питания путем листовых обработок вегетирующих растений может рассматриваться в определенных условиях как необходимый прием, также как и внесение удобрений в почву. Такой способ применения удобрений позволяет избежать химического и биологического связывания почвой необходимых растениям веществ. Кроме того, внекорневую подкормку можно осуществлять в разные фазы развития растений, позволяя регулировать качество урожая. Изучению некорневых подкормок макро- и микроэлементами различных сельскохозяйственных культур посвящено много работ и, в основном, они касаются листовых обработок азотными удобрениями зерновых культур. Многочисленные исследования показали, что некорневые азотные подкормки в ранние фазы развития зерновых культур положительно влияют на урожай, в то время как поздние азотные подкормки незначительно повышают урожай, но в большей степени влияют на содержание белка в зерне. Влияние некорневых подкормок других важных макроэлементов, таких как фосфор и калий, на урожай сельскохозяйственных культур и его качество изучено значительно меньше по сравнению с азотными подкормками.

Отсутствие достаточного количества фосфорных удобрений и их высокая цена в земледелии России свидетельствуют об актуальности применения жид-

кой препаративной формы фосфора для листовых обработок при производстве зерновых культур.

Растения пшеницы крайне чувствительны к фосфатному голоданию в самом раннем возрасте, когда усваивающая способность их неразвитой еще корневой системы весьма слабая. Фосфорное голодание приводит к слабому использованию растениями азота и других питательных элементов.

Сведения об эффективности жидких минеральных удобрений, содержащих фосфор и другие элементы питания в минеральной форме, малочисленны, а их применение после 1992 г. резко сократилось, и в 2000 г. составило 3,8 тыс. т ЖКУ (жидкие комплексные удобрения) и 16 тыс. т КАС (раствор карбамида и аммиачной селитры) [1]. Данных о влиянии подкормки жидкими полимерными фосфорными удобрениями на урожай и качество сельскохозяйственных культур в отечественной научной литературе найти не удалось, хотя в сельскохозяйственном производстве применяют подобные препараты зарубежного производства (Германия, Польша, Франция).

В 2015-2016 гг. проведены полевые опыты по изучению эффективности применения листовых обработок жидкими полимерными фосфорными удобрениями в интенсивных технологиях производства яровой пшеницы. Опыты были заложены по общепринятой методике (Доспехов, 1985) на опытном поле ФИЦ "Немчиновка" в звене севооборота пар - озимые зерновые - яровые зерновые - картофель - озимые зерновые - яровые зерновые. Площадь опытной делянки - 100 м<sup>2</sup>, повторность опыта - четырехкратная.

Почва опытных участков - дерново-подзолистая среднесуглинистая окультуренная, типичная для пахотных почв Московской области и Нечерноземной зоны РФ. Среднее содержание гумуса в почве - 2,0%, гранулометрический состав - средний суглинок к легкому. Отличительная особенность почв опытного участка - высокое содержание фосфора (порядка 250-270 мг/кг), и повышенное калия (150-160 мг/кг).

Основное внесение удобрений по фону составляло: N 30, P 60, K 120. В фазу кущения проводили подкормку азотными удобрениями в дозе N 30 кг/га.

До посева семена на всех вариантах опыта, включая контрольный, обрабатывали инсектицидом Пикус (1,0 л/т) и протравителем семян Винцит Форте (1,25 л/т). По всходам применяли гербицид Линтур 150 г/га и инсектицид Данадим 1,0 л/га.

Агрозимикат, используемый в опытах, представляет собой полимерное жидкое фосфорное удобрение с содержанием фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) - 40 г/л.

Некорневую подкормку растений на опытных делянках проводили в фазу кущения путем опрыскивания растений при помощи ранцевого опрыскивателя двумя дозами - 1 л/га и 4 л/га препарата. Рабочий раствор из расчета 300 л/га готовили непосредственно перед выполнением обработок: отмеряли требуемое количество препарата и растворяли в небольшом количестве воды. Затем доливали воду в опрыскиватель до необходимого объема, раствор еще раз тщательно перемешивали. Обработка вегетирующих растений в фазу кущения прове-

дена в вечерние часы в безветренную погоду, при скорости ветра не более 3 м/сек и температуре воздуха 20°C.

Высевали сорт Злата селекции ФИЦ «Немчиновка». Сорт раннеспелый с продуктивностью от 6 до 10 т/га, отзывчив на применение агрохимикатов, при их применении имеет хорошие и стабильные по годам хлебопекарные качества.

В наших исследованиях при опрыскивании растений яровой пшеницы сорта Злата в фазу кущения полимерным фосфорным удобрением в биомассе в фазу выхода в трубку увеличилось содержание азота по сравнению с контролем, на уровне тенденции также можно говорить об увеличении фосфора и калия (таблица 1).

Таблица 1

**Влияние полимерного фосфорного удобрения на содержание N, P и K в биомассе пшеницы в фазу выхода в трубку, 2015 г.**

Вариант/показатель	Содержание, %		
	N	P	K
Контроль - Фон NPK	1,74	0,24	1,18
Контроль + 1 л/га	1,93	0,28	1,29
Контроль + 4 л/га	1,89	0,28	1,15

Урожай пшеницы, полученный при обработке посевов полимерным фосфорным удобрением, был достоверно выше по сравнению с контролем (таблица 2). Увеличилось содержание белка в зерне, масса 1000 зерен и содержание азота. Количество фосфора и калия в зерне не изменилось.

Следует указать, что дозы внесения препарата 1 л/га и 4 л/га приводили к сопоставимому положительному эффекту на урожай зерна и его качество: прибавка составила 0,22 и 0,19 т/га соответственно.

Таблица 2

**Влияние полимерного фосфорного удобрения на урожай яровой пшеницы сорта Злата и его качество, 2015 г.**

Вариант/показатель	Урожай, т/га	Масса 1000 зерен, г	Содержание, %			
			N	P	K	Белок
Контроль - Фон NPK	2,55	37	2,34	0,41	0,44	13,4
Контроль + P 1 л/га	2,77	38	2,77	0,40	0,40	15,3
Контроль + P 4 л/га	2,74	37	2,56	0,40	0,44	14,1
НСР <sub>05</sub>	0,20					1,2

Аналогичные результаты были получены в полевых опытах в 2016 г. при применении полимерных фосфорных удобрений при листовых обработках посевов яровой пшеницы сорта Агата.

Известно, что в результате комплексной химизации 70-х – 80-х годов прошлого столетия пахотные почвы с содержанием фосфора (по Кирсанову) свыше 200 мг/кг составляют в Московской области не менее половины. Результаты предшествующих многолетних полевых исследований, проведенных ФИЦ "Немчиновка" (ранее НИИСХ ЦРНХ) на высоко обеспеченных фосфором почвах, показали, что основное внесение фосфорных удобрений не приводит к

прогнозируемому положительному эффекту: прибавке урожайности и повышению качества зерна. Кроме того, неблагоприятные погодные условия вегетационного периода настолько сильно влияют на поступление элементов питания из почвы в растения, что вносимые минеральные удобрения могут вообще не оказывать положительного воздействия на урожай при недостаточном количестве влаги в почве [2]. Поэтому применение даже высоких доз дорогостоящих минеральных удобрений не всегда приводит к увеличению урожая.

Результаты проведенных исследований показали, что применение такого биологически важного и дорогостоящего элемента питания, как фосфор, при листовых обработках посевов яровой пшеницы при норме расхода фосфора менее 1 кг д.в./га может давать сопоставимый эффект с внутрпочвенным применением фосфорных удобрений на высокообеспеченных фосфором почвах.

Выводы. Применение жидких полимерных фосфорных удобрений на почвах Московской области с высоким содержанием фосфора обеспечивало достоверную прибавку урожая яровой пшеницы и положительно влияло на качество зерна.

### **Библиографический список**

1. Марченко Л.А., Мочкова Т.В., Колесникова В.А., Козлова А.И. Состояние производства и применения жидких минеральных удобрений в сельском хозяйстве//Сельскохозяйственные машины и технологии. - № 6. - 2015. – С. 36-40.
2. Гармаш Н.Ю., Гармаш Г.А. Гуматизированные удобрения и их эффективность//Агрохимический вестник. - № 1. – 2013. - С. 19-21.

УДК 579.64

## **ВЛИЯНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА ЯСНОТКОВЫЕ (*LAMIACEAE*) НА МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ПОЧВЫ**

*Жаркова Екатерина Константиновна, аспирант кафедры микробиологии и иммунологии, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Железова Алена Дмитриевна, научный сотрудник отдела биологии и биохимии почв, ФГБНУ Почвенный институт имени В.В. Докучаева*

*Ванькова Анна Андреевна, доцент кафедры микробиологии и иммунологии, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Почвенные микроорганизмы являются важной частью агроценозов. Одним из методов оценки особенностей микробных сообществ является метод количественной ПЦР в реальном времени. В результате исследования установлено наличие зависимости между содержанием бактериальной и грибной ДНК в почвенных образцах и степенью их удаленности от лекарственных растений.

**Ключевые слова:** почва, ризосфера, лекарственные растения, копии генов ДНК, бактерии, микромицеты.

Лекарственные эфиромасличные растения семейства Яснотковые (*Lamiaceae*) – важные сельскохозяйственные культуры [1, 2]. Интродукция и культиви-

вирование эфиромасличных растений сопряжены с изучением их микробоценозов. Почвенные микроорганизмы являются важной частью агроэкосистем: улучшают доступ питательных веществ к культивируемым растениям, являются антагонистами фитопатогенов и возбудителями заболеваний. Поэтому изучение микробного сообщества культурных растений является важной задачей для исследования [1]. Микроорганизмы в почве размещаются не однородно [3]. Наибольшее количество микробов обычно присутствует в ризосфере – области почвы, примыкающей к корню на 2-4 мм [4]. Одним из методов анализа микробных сообществ является метод количественной ПЦР в реальном времени, позволяющий определить содержание копий рибосомальных генов в ДНК, выделенной из исследуемых образцов [5].

Объектами исследования служила почва с делянок коллекционного участка УНПЦ «Овощная опытная станция им. В.И. Эдельштейна». Использовали почву междурядий лекарственных культур, беспрерывно выращиваемых в течение 6 лет, а также ризосферную почву с молодых корней здоровых растений душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.), мяты перечной (*Mentha piperita* L.), тимьяна обыкновенного (*Thymus vulgaris* L.), тимьяна ползучего (*Thymus serpyllum* L.), шалфея обыкновенного (*Salvia officinalis* L.). Контролем являлась свободная от растений дерново-подзолистая окультуренная почва, расположенная на расстоянии 1 м от делянок. Образцы почвы отбирали во второй декаде июня, в фазу массового отрастания побегов культивируемых растений, при облачной погоде, в 14:00–14:30. Выделение ДНК проводили по стандартной методике, количественную оценку рибосомальных генов бактерий и микромицетов осуществляли методом ПЦР в реальном времени [5].

В результате исследования установлено, что почва ризосферы содержит большее количество искомого генетического материала микроорганизмов, чем контрольная почва. Суммарное содержание копий рибосомальных генов бактерий и грибов в ризосфере лекарственных растений по сравнению с контролем было выше в 1,7 раза. Почва междурядий также превышала контрольные образцы в 1,2 раза, что подтверждает привлекательность данных экологических ниш для различных видов микроорганизмов (рис. 1).

Количество копий рибосомальных генов бактерий в ризосфере различных видов лекарственных растений было не одинаково (рис. 2). Наибольшее количество копий генов выделено из ризосферной почвы тимьяна обыкновенного (*T. vulgaris* L.), наименьшее обнаружено в ризосфере душицы обыкновенной (*O. vulgare* L.).

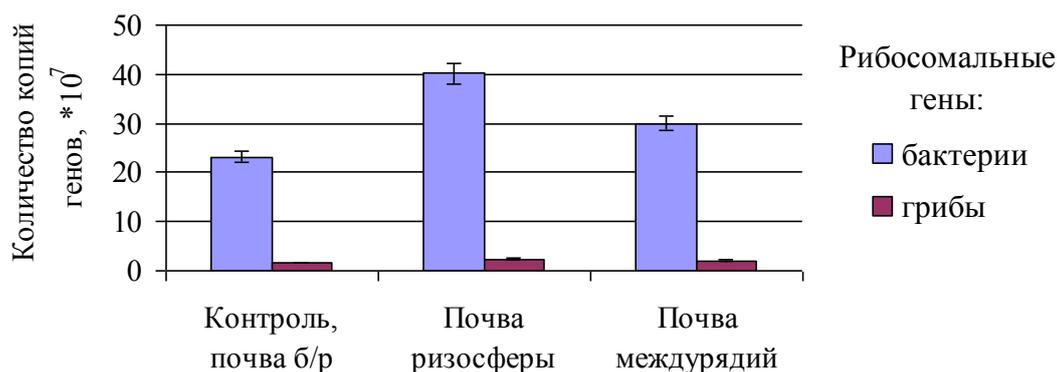


Рисунок 1 - Количество копий рибосомальных генов бактерий и грибов в различных почвенных образцах

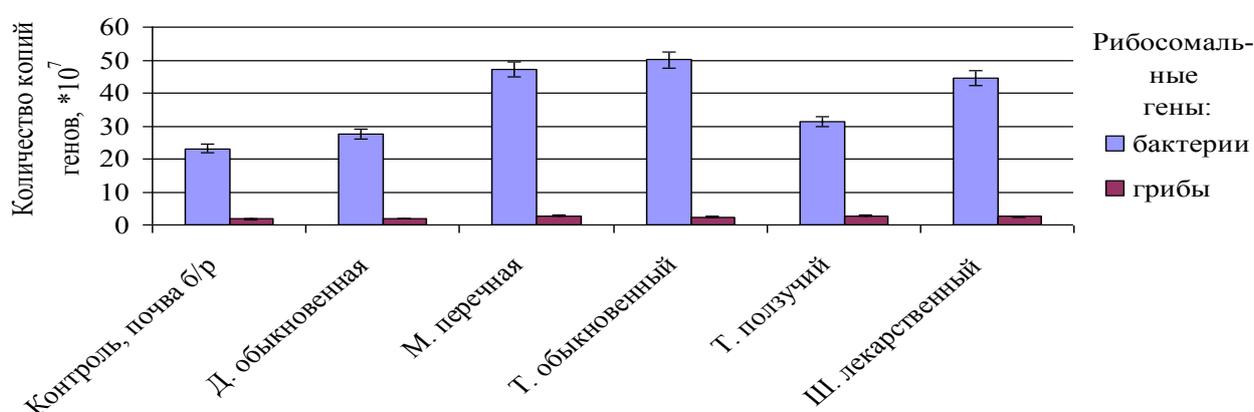


Рисунок 2 - Количество копий генов бактерий и грибов в ризосфере лекарственных растений

Таким образом, установлена прямая линейная зависимость количества копий рибосомальных генов бактерий и грибов в почве от степени удаленности лекарственных растений. Во всех образцах преобладали гены бактерий. Ризосфера различных видов эфиромасличных культур не одинакова. Наибольшее количество копий генов выделено из ризосферы тимьяна обыкновенного (*T. vulgaris* L.), наименьшее – из ризосферы душицы обыкновенной (*O. vulgare* L.).

### Библиографический список

1. Ванькова, А.А., Маланкина, Е.Л., Жаркова, Е.К. Оценка антимикробной активности эфирных масел различных видов растений семейства Яснотковые (*Lamiaceae*) / Сборник трудов международной научной конференции «Перспективы лекарственного растениеводства». – М.: ВИЛАР. –2018. – С. 286–288.
2. Маланкина, Е.Л. Сравнительная характеристика представителей рода Тимьян (*Thymus*) по содержанию эфирного масла / Е.Л. Маланкина, Е.Н. Еремеева, С.Г. Солопов // Международная научная конференция: Аграрное образование и наука в XXI веке: вызовы и проблемы развития. – М.: РГАУ–МСХА. – 2016. – С. 392–394.

3. Умер Мустафа Исмаил, Ванькова, А.А. Микробиологическая активность на поверхности и внутри почвенных агрегатов // Известия ТСХА. – 2011. – № 6. – С. 78–83.

4. Kuzyakov Y., Bahar S. Razavi Rhizosphere size and shape: Temporal dynamics and spatial stationarity // Soil Biology and Biochemistry. – 2019. – № 135. – PP. 343–360.

5. Железова, А.Д., Тхакахова, А.К., Ярославцева, Н.В., Гарбуз, С.А., Лазарев, В.И., Когут, Б.М., Кутовая, О.В., Холодов, В.А. Микробиологические показатели агрегатов типичных черноземов в многолетних полевых опытах // Почвоведение. – 2017. – № 6. – С. 711–717.

УДК 349.6

## ПРАВОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ПОЧВЫ

*Кобрин Николай Андреевич, кандидат юридических наук, доцент кафедры конституционного и административного права, ВГАУ имени императора Петра I*

*Аннотация:* Приоритетным направлением охраны окружающей среды является организационно-правовые меры охраны почвы. Земельное и экологическое законодательство Российской Федерации призвано обеспечить формирование эффективной системы правовых мер и рациональное использование и охрану почв, как одного из важнейших природных компонентов окружающей среды.

*Ключевые слова:* земля, почва, охрана окружающей среды, обеспечение рационального использования и охраны почвы, экологический вред почвам.

Экологическая и природоресурсная законодательство Российской Федерации развивается с учетом приоритетов в сфере охраны окружающей среды, определенных базовыми международно-правовыми актами. В преамбуле Всемирной хартии природы [1,5] отмечается, что человечество является частью природы и жизнь зависит от непрерывного функционирования природных систем, которые являются источником энергии и питательных веществ. Человек может своими действиями или их последствиями видоизменить природу и исчерпать ее ресурсы, и поэтому он должен в полной мере осознавать насущную необходимость сохранения равновесия и качества природы и природных ресурсов.

Всемирная хартия природы определив универсальные правила использования природных ресурсов отмечает, что производительность почв поддерживается или улучшается благодаря мерам по сохранению их долгосрочного плодородия и процесса разложения органических веществ и по предотвращению эрозии и любых других форм саморазрушения.

Интенсификация сельскохозяйственного производства, создание крупных агропромышленных и животноводческих комплексов, химизация сельскохозяйственных угодий в целях наращивания продовольственного фонда требует внимательного и бережного отношения к почве. Охрана почв и их рациональное использование имеют первостепенное значение для экологического и социального развития России.

По оценке группы депутатов Государственной Думы текущее состояние качества сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения в России характеризуются активным развитием процессов деградации почв. При общей площади сельскохозяйственных угодий 197,7 млн га, - 35,4 % почвы слабо гумусированные, а – 25,3% средне гумусированные. Снижение содержания гумуса и элементов питания в почвах сельскохозяйственных угодий прослеживается почти в каждом регионе РФ. Площадь кислых почв в 2017 году составляло 51,5 млн. га, засоленных -16,3 млн га, солонцеватых -22,9 млн га, переувлажненных -16,1 млн га, заболоченных – 9,6 млн га. [10,1]

По данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, осуществляющего мониторинг земель сельскохозяйственного назначения, общая площадь эродированных деформированных и дефляционно-опасных сельскохозяйственных угодий в РФ составляет более 50%, причем доля эродированных и деформированных почв продолжает неуклонно увеличиваться [10,2]

Дальнейшая потеря продуктивности почв неизбежно ослабит продовольственную безопасность, в связи с чем необходимо содействовать обеспеченно неистощительного землепользования, в основе которого лежит эффективное управление почвенными ресурсами. Статья 12 Земельного кодекса Российской Федерации [5,12] устанавливает, что целями охраны земель является предотвращение и ликвидация загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожение земель и почв и иного негативного воздействия на эти объекты, а также обеспечение рационального использования земель, в том числе для восстановления плодородия почв на землях сельскохозяйственного назначения и улучшения земель.

Основы правового регулирования охраны земель отраженные во второй главе Земельного кодекса Российской Федерации с учетом изменений внесенных в 2016 году по новому определивших ряд ключевых положений не нашли отражения в смежных законодательных актах. Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» не был приведен в соответствии с принятыми изменениями. [7,2]

В статье 13 Земельного Кодекса РФ проведение мероприятий по воспроизводству плодородия земель сельскохозяйственного назначения признано обязанностью собственников земельных участков, землепользователей, землевладельцев и арендаторов земельных участков. В текущей редакции Федерального закона «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» проведения мероприятий по воспроизводству плодородия земель сельскохозяйственного назначения отнесено к правам собственников, владельцев, пользователей, в том числе арендаторов земельных участков. [7,3]

Устранение данного противоречия приведет рассматриваемые положения Федерального закона от 16.07.1998г. №101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» в соответствии с Земельным Кодексом Российской Федерации с учетом того, что воспроизводство плодородия земель сельскохозяйственного назначения – это сохранение и повышения плодородия земель сельскохозяйственного назначения посредством систематического проведения агротехнических, агрохимических, мелиоративных фитосанитарных, противоэрозионных и иных мероприятий.

Россия является единственной страной, обладающей самыми богатыми земельными ресурсами в мире, уникальными по своей природе и плодородию черноземами и не имеющей органов государственной власти по управлению земельными ресурсами и контролю за их использованием. Роскомзем перестал существовать в 2005 году и вместе с ним закончились плановые мероприятия по почвенным обследованию сельскохозяйственных земель, составлению проектов систем земледелия и внутрихозяйственного землеустройства.

Актуальной правовой проблемой остается организация и систематизация открытой и доступной информации о земле и качественном состоянии почвы. В первую очередь необходимо уточнить обязанности собственников, владельцев, пользователей, в том числе арендаторов земельных участков в части обеспечения проведения систематических почвенных, агрохимических, фитосанитарных и эколого-токсикологических обследований земель сельскохозяйственного назначения. Особое внимание требуют изменения в Федеральный закон от 19.07.1997г. №109-ФЗ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» по вопросам учета при применении пестицидов и агрохимикатов и результатов оценки качества почвы.

Необходимость принятия изменений будет способствовать повышению эффективности государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения. Информация о качественном состоянии почвы должна быть одним из обязательных условий договора аренды или купли-продажи земельного участка, и в полном объеме отражена в документах кадастрового учета.

Конституция Российской Федерации не закрепила в качестве основы природоохранной политики концепцию устойчивого развития. Однако основной закон России в статьях 9, 36, 42, 58 определил конституционные основы рационального природопользования и охраны окружающей среды которые в полной мере отвечают экологическим вызовам современности. [4,15] Необходимость правовой защиты окружающей среды и в первую очередь почвы обусловлено особой значимостью и необходимостью сохранения благоприятной среды для жизнедеятельности человека. В связи с этим одним из главных направлений совершенствования действующего законодательства Российской Федерации, его гармонизации с нормами международного права в области обеспечения экологической безопасности является экологизация национального законодательства, совершенствование правового инструментария обеспечения экологической безопасности, повышения эффективности действия норм об ответственности за экологические правонарушения, а так же акцентированная

защита почвы, подвергающаяся активному антропогенному воздействию. В.В. Докучаев считал, что для России по сравнению с другими европейскими странами у почвы особая роль: « В Европе нет другой страны, для которой земля имела хотя бы половину того значения, какое имеет она для нашего отечества».

### Библиографический список

1. Всемирная хартия природы. Принята Генеральной Ассамблеей ООН (Резолюция 37/7 с 28.10.1982) // Международное публичное право. Сборник документов. Т.2.М.: 1966. С. 132-135.

2. Декларация по окружающей среде и развитию. Принята в г. Рио-де-Жанейро 14.06.1992г. на Конференции ООН по окружающей среде и развитию // Международное публичное право. Сборник документов. Т.2.М., 1996. С.135 – 138.

3. Резолюция от 20.12.2013г. №68/232, принята Генеральной Ассамблеей ООН «Всемирный день почв и Международный год почв» // Интернет-ресурс: <http://daccess-dds-nu.un.org/doc/UNDOC/GEN/NII/476/12/PDF/N1147612.pdf?OpenElement>.

4. Конституция Российской Федерации принята всенародным голосованием 12.12.1993 (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7-ФКЗ от 05.02.2014 [№ 2-ФКЗ](#), от 21.07.2014 [№ 11-ФКЗ](#)) // СЗ РФ. – 2014. - № 30 (Часть I). - Ст. 4202.

5. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 02.08.2019) // Москва. Проспект. – 2019. – 272 с.

6. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» ФЗ №7-ФЗ от 20.12.2001г. Москва: Проспект, 2014. – 80 с.

7. Федеральный закон «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения» от 16 июля 1998г. № 101-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 2001. – № 44. – Ст. 4147.

8. Доклад о состоянии окружающей среды на территории Воронежской области. Департамент природных ресурсов и экологии Воронежской области. – Воронеж. – 2019. – 240 с.

9. Приказ Минприроды России от 08.07.2010 №238 «Об утверждении Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды». Зарегистрирован в Минюсте России 07.09.2010 №18364. Действует с изменениями, внесенными Приказом Минприроды России от 25.04.2014 №194. Текст нормативно-правового акта с учетом поправок см.: СПС «КонсультантПлюс».

10. Пояснительная записка «К проекту Федерального закона № 83224-3 «Об охране почв» // Интернет-ресурс: <https://www.lawmix.ru/lawprojects/62709>

11. Харьков В.Н. Почва как объект правовой охраны.- Известие ТулГУ Экономические и юридические науки. – 2015. – №3

12. Пышьева Е.С. Мелиорация земель: земельно-правовой, охранно-правовой и цивилистические подходы. // Е.С. Пышьева.– М.: Юстицинформ.– 2018. – 214 с.

## ПРОТЕКТОРНАЯ РОЛЬ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ГОРОХА СЕЛЕНОМ И КРЕМНИЕМ В УСЛОВИЯХ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ

*Лапушкина А.А.* аспирант кафедры агрономической, биологической химии и радиологи, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева,

*Верниченко И.В.* профессор, д.б.н. кафедры агрономической, биологической химии и радиологи, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

**Аннотация:** Изучено влияние предпосевной обработки семян селеном и кремнием на урожайность растений гороха сорта Атаман к недостатку влаги в почве.

**Ключевые слова:** селен, кремний, засуха, горох, защитный эффект.

В последние годы на долю почти каждого лета выпадает такой неблагоприятный период как продолжительная засуха, которая застаёт врасплох не только людей, но и растения. Причем, случается она в важные периоды жизни для сельскохозяйственных культур, тем самым влияя на количество и качество получаемого урожая. [1].

И для того, чтобы изучить возможные пути снижения этого стресса, были проведены исследования по изучению действия предпосевной обработки семян селеном и кремнием на устойчивость растений гороха к нарастающему дефициту увлажнения.

Для решения поставленных задач в 2019 г. был проведен вегетационный опыт на кафедре агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева по изучению влияния предпосевной обработки семян (п.о.с.) селеном и кремнием на урожай и его качество растений гороха сорта "Атаман" в условиях почвенной засухи.

Опыты проводились на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве, привезенной с Долгопрудной агрохимической опытной станции, которая характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 2,0 %,  $pH_{KCl}$  – 4,5;  $N_g$  – 2,86 мг-экв/100 г почвы;  $S$  – 9,3 мг-экв/100 г почвы;  $V$  – 76 %. Обеспеченность почвы обменным калием была на уровне II класса, подвижным фосфором (по Кирсанову) III класса, валовое содержание селена в почве составило 64,3 мкг/кг. При набивке сосудов, емкостью 5 кг почвы, в сосуды дополнительно вносили NPK в дозе 150, 100, 100 мг/кг. [2]

В вегетационном опыте изучалось влияние кратковременной почвенной засухи, которая создавалась путем прекращения полива на VII (в фазу интенсивного роста стебля и всех ранее заложенных элементов цветка) у гороха путем прекращения полива. При достижении влажности почвы уровня устойчивого завядания (14% ПВ), полив возобновляли до конца вегетации растений.

Схема опыта включала в себя варианты с предпосевной обработкой семян (п.о.с.) Se и Si и их смесью, путем смачивания соответствующими растворами (5% от веса семян) в норме 2,5 и 50 г элемента на гектарную норму семян соот-

ветственно. Микроэлементы применяли в виде растворов солей  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , в качестве контроля семена обрабатывали дистиллированной водой.

По результатам, проведенных нами исследований, можно отметить, что при оптимальных условиях выращивания предпосевная обработка семян селеном способствовала увеличению урожая на 12% относительно контрольного варианта обработки семян, то есть, п.о.с. дистиллированной водой.

В условиях дефицита влаги масса товарной и нетоварной частей урожая гороха резко снизилась по сравнению с оптимальными условиями выращивания. Так, при п.о.с. дистиллированной водой масса семян снизилась на 71%, а соломы на 31% относительно той же п.о.с. на контрольных условиях выращивания. Если сравнивать данные, полученные только при недостатке влаги, то можно отметить, что применение селена способствовало увеличению урожая зерна на 25%, а совместная обработка семян селеном и кремнием - на 37% относительно п.о.с. водой.

Таким образом, можно отметить, что искусственно созданный дефицит влаги существенно снизил массу, как соломы, так и зерна. А предпосевная обработка семян селеном смогла дать прибавку урожая, как в условиях своевременного полива, так и в условиях недостатка влаги в почве.

#### **Библиографический список**

1. Верниченко И.В., Яковлев П.А. Изучение протекторного действия Se, Si и Zn на устойчивость зерновых культур к почвенной засухе. *Агрехимический вестник*. 2014. № 4. С. 14-17.
2. Практикум по агрохимии (под ред. В.В.Кидина). - М.: КолосС, 2008. - 601 с.

УДК 631.416.9

#### **СОДЕРЖАНИЕ КОБАЛЬТА В АГРОЦЕНОЗАХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Лукин Сергей Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия*

*Жуйков Денис Валерьевич, аспирант института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия*

**Аннотация:** *В работе анализируются данные локального агроэкологического мониторинга агроценозов Белгородской области. Установлены содержание и закономерность распределения кобальта в пахотных почвах, основной и*

побочной продукции белого люпина, сои, гороха, а также в многолетних травах (люцерна, эспарцет, клевер).

**Ключевые слова:** кобальт, почва, люпин, соя, горох, люцерна, эспарцет, клевер.

Микроэлементы содержатся в растениях в ничтожно малых количествах (от 0,1 до 0,00001%). В зависимости от обеспеченности микроэлементами растение может испытывать серьезные изменения в характере и скорости протекания жизненных процессов. Одним из основных микроэлементов является кобальт.

Кобальт относится к незаменимым элементам. Его необходимость в биологических процессах животных и людей, в первую очередь, связана с синтезом витамина В<sub>12</sub> – сложного органического вещества, требующегося для формирования кровяных клеток, синтеза ДНК, работы мозга и нервной системы.

В растениях кобальт усиливает интенсивность дыхания и фотосинтеза, способствуя образованию хлорофилла, белков, углеводов. Положительно влияние кобальта на азотфиксирующую способность растений, образование бактерий в клубеньках и листьях бобовых культур.

Кобальт повышает общее содержание воды в растении, благодаря чему улучшается устойчивость культур к засухе. Данный металл также участвует в ауксиновом обмене, стимулируя рост растений. Накапливаясь в пыльце, кобальт ускоряет ее прорастание.

Недостаток кобальта в растениях вызывает замедление роста растений, пожелтение и хлороз листьев, низкую активность клубеньков и фиксацию азота, что в конечном итоге приводит к снижению урожайности.

При низком уровне содержания кобальта заметны признаки азотного голодания, особенно у сои, люцерны, клевера. Важно наличие кобальта в растительной продукции в кормопроизводстве.

В кормовых растениях дефицит кобальта рассматривается в основном с точки зрения потребностей жвачных животных, так как он является компонентом витамина В<sub>12</sub>.

Почвы с содержанием кобальта менее 5 мг/кг могут давать травостой, который является кобальт-дефицитным для нормального роста животных. Критический уровень кобальта для жвачных животных составляет около 0,08-0,1 мг/кг сухой массы корма [5]. Постоянный дефицит кобальта в кормах животных способствует эндемическому заболеванию – а kobальтозу, развивается анемия и малокровие. Оптимальное содержание кобальта в кормах для сельскохозяйственных животных составляет 0,25–1,0 мг/кг [4].

Многочисленные исследования в вопросе поглощения кобальта из почвы показывают, что на обогащенных данным элементом почвах растения накапливают кобальта больше.

Поскольку атомная масса кобальта составляет 58,9 а. е. м., к нему справедливо применяется понятие «тяжелый металл». Российским законодательством валовое содержание кобальта в почвах не регламентируется, однако эле-

мент относится к тяжелым металлам второго класса опасности. В зарубежных источниках допустимое значение содержания кобальта составляет 250 мг/кг почвы.

Избыточная аккумуляция кобальта в почве может отрицательно влиять на окружающую среду, а также угрожать здоровью человека. Загрязнение чернозема кобальтом ведет в основном к ухудшению его эколого-биологических свойств. Кларк кобальта в почве по разным оценкам варьирует от 7,3 мг/кг до 11,3 мг/кг. Пространственное распределение кобальта в почвенном покрове практически однородно (10-16 мг/кг для черноземов) и в большей степени зависит от содержания данного элемента в почвообразующей породе.

**Цель данной работы** – установить закономерности внутрипрофильного распределения кобальта в почвах лесостепной и степной зон Белгородской области, а также содержание этого элемента в растениеводческой продукции.

**Методика исследования.** Территория Белгородской области расположена в двух почвенных зонах: лесостепной и степной. Лесостепная зона занимает около 75% площади области и представлена чернозёмами типичными, выщелоченными и тёмно-серыми лесными почвами, почвенный покров степной зоны - чернозёмы обыкновенные, карбонатные, остаточно-карбонатные (меловые) и солонцеватые [2]. В работе используются материалы отдельно проведенных исследований агроландшафтов лесостепной (на примере Прохоровского района) и степной (на примере Ровеньского района) зон Белгородской области.

Таблица 1

**Вариационно-статистические показатели содержания кобальта в черноземе типичном и черноземе обыкновенном, мг/кг**

Генетический горизонт	Средняя мощность горизонта, см	Валовое содержание			Содержание подвижных форм		
		$\bar{x} \pm t_{0,5S} \bar{x}$	lim	V, %	$\bar{x} \pm t_{0,5S} \bar{x}$	lim	V, %
<b>Чернозем типичный</b>							
Апах	0-25	8,48±0,37	5,91-9,64	10,0	0,08±0,01	0,04-0,15	31,1
А	26-46	8,34±0,36	6,39-9,26	9,8	0,07±0,01	0,04-0,10	25,6
АВ	47-90	8,23±0,42	6,43-10,1	11,6	0,06±0,01	0,02-0,11	38,2
В <sub>Ca</sub>	91-111	7,14±0,55	4,87-9,68	17,3	0,10±0,01	0,05-0,15	27,3
ВС <sub>Ca</sub>	112-134	6,61±0,38	5,14-8,45	12,9	0,14±0,01	0,08-0,20	21,1
С <sub>Ca</sub>	>135	6,71±0,53	4,24-9,14	17,8	0,14±0,02	0,08-0,24	26,3
<b>Чернозем обыкновенный</b>							
Апах	0-25	9,51±0,46	7,80-10,9	11,0	0,09±0,01	0,06-0,13	23,6
А	26-43	9,55±0,44	7,10-10,9	10,3	0,09±0,01	0,05-0,12	25,8
АВ	44-72	9,37±0,52	6,60-11,5	12,6	0,09±0,01	0,05-0,16	28,8
В <sub>Ca</sub>	73-90	8,67±0,47	6,10-10,8	12,2	0,11±0,02	0,06-0,22	32,0
ВС <sub>Ca</sub>	91-124	8,01±0,55	6,10-10,5	15,6	0,13±0,01	0,09-0,21	24,2
С <sub>Ca</sub>	>125	7,74±0,47	5,90-9,5	13,7	0,14±0,01	0,09-0,22	19,5

В рамках единой системы государственного экологического мониторинга на территории Белгородской области осуществляется локальный агроэкологический мониторинг за состоянием агроценозов. Образцы сельскохозяйственной продукции были отобраны с реперных участков (4-40 га), расположенных практически во всех административных районах области. Аналитические исследования проводились в испытательной лаборатории ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский». Подвижные формы извлекались ацетатно-аммонийным буфером (ААБ) с рН 4,8 по ГОСТ Р 50683-94. Определение валового содержания кобальта проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии после извлечения кобальта раствором 5М HNO<sub>3</sub> (ЦИНАО, 1992 г.). Определение содержания кобальта в растениеводческой продукции проводилось в соответствии с ГОСТ 30692-2000.

Статистическая обработка полученных результатов включала расчет доверительного интервала для среднего значения ( $\bar{x} \pm t_{0,5} S \bar{x}$ ), максимальных и минимальных концентраций элемента (lim), а также коэффициента вариации (V, %).

**Результаты и их обсуждение.** По результатам проведенных исследований установлено, что валовое содержание кобальта в пахотном слое чернозема обыкновенного выше, чем в черноземе типичном: 9,51 и 8,48 мг/кг соответственно. Заметна тенденция к снижению содержания элемента с глубиной, что связано с повышением рН и снижением органического вещества (табл. 1).

Содержанием кобальта в почве обусловлено поступление этого микроэлемента в растения, поэтому определяется содержание в почве его подвижных форм.

Распределение по профилю подвижного кобальта противоположно распределению его общего содержания, что объясняется, скорее всего, выносом данного элемента урожаями сельскохозяйственной продукции, а также вымыванием вниз осадками. Подвижный кобальт накапливается в нижней части почвенного профиля и имеет элювиальный тип распределения, что обусловлено высоким содержанием карбонатов в нижних горизонтах, увеличением содержания здесь илистой фракции почв, а также изменением в сторону подщелачивания рН почвенного раствора [1].

Источниками поступления кобальта в агроценозы являются выбросы металлургических мероприятий, сточные воды, микроудобрения. Незначительное количество данного элемента содержится в минеральных удобрениях. Важным источником поступления кобальта в почву являются органические удобрения. В 1 т навоза КРС кобальта содержится в среднем 250 мг.

Для подвижных форм этого металла установлена ПДК 5 мг/кг. По данным сплошного агрохимического обследования 99,3% почв области характеризуются низким содержанием данного микроэлемента (менее 0,15 мг/кг) [3]. Фоновое содержание подвижного кобальта в большинстве естественных ландшафтов также оценивается как низкое.

В ходе исследования определялось содержание кобальта в основной и побочной продукции белого люпина, сои и гороха, а также в многолетних кормовых травах (люцерна, эспарцет, клевер). Действующим законодательством нор-

мируется максимально допустимый уровень (МДУ) содержания кобальта в кормах для сельскохозяйственных животных - 1 мг/кг корма.

Таблица 2

**Содержание кобальта в растениеводческой продукции,  
мг/кг абсолютно сухого вещества**

Сельскохозяйственная культура		$\bar{x} \pm t_{0,95} \bar{x}$	lim	V, %
Белый люпин	зерно	0,88±0,14	0,51-1,41	31,8
	солома	0,54±0,08	0,33-0,89	28,3
Соя	зерно	0,14±0,01	0,10-0,19	17,2
	солома	0,19±0,03	0,08-0,25	30,5
Горох	зерно	0,18±0,01	0,15-0,21	10,0
	солома	0,10±0,01	0,06-0,12	16,0
Люцерна	сено	0,21±0,01	0,17-0,24	9,3
Эспарцет	сено	0,07±0,01	0,04-0,08	17,0
Клевер	сено	0,07±0,01	0,05-0,12	21,7
Луговое разнотравье	сено	0,09±0,01	0,04-0,15	30,6

По результатам анализов установлено, что больше всего кобальта накапливает белый люпин - 0,88 мг/кг в зерне (табл. 2). В основной продукции сои валовое содержание кобальта меньше, чем в побочной: 0,14 и 0,19 мг/кг в абсолютно сухом веществе соответственно. Обратная ситуация с горохом: в основной продукции содержание кобальта 0,18 мг/кг, в побочной - 0,10 мг/кг (табл. 2). Среди многолетних кормовых трав наибольшее содержание металла отмечено в люцерне (0,21 мг/кг), что в 3 раза больше, чем в эспарцете и клевере. Фоновое значение содержания кобальта в степном разнотравье на территории участка «Ямская степь» государственного заповедника «Белогорье» составило 0,09 мг/кг.

**Выводы.** Чернозем обыкновенный из-за более тяжелого гранулометрического состава отличается от чернозема типичного более высоким валовым содержанием кобальта. Содержание элемента в пахотных почвах Белгородской области не превышает предельно допустимых уровней. Обеспеченность почв подвижными формами данного элемента характеризуется как недостаточная. В зерне белого люпина кобальта накапливается в 4 раза больше, чем в сое и горохе, и в 10 раз больше, чем в естественной растительности целинных почв. Превышения МДУ содержания данного металла в кормовых культурах не установлено.

## Библиографический список

1. Дубовик Д.В., Дубовик Е.В. Тяжелые металлы в черноземах типичных на склонах различной крутизны и экспозиции // Почвоведение. 2016. №1. С. 39.
2. Лукин С.В. Агроэкологическое состояние и продуктивность почв Белгородской области: монография. 2-е изд., доп. Белгород: КОНСТАНТА, 2016. 344 с.
3. Лукин С.В. Динамика агрохимических показателей плодородия пахотных почв юго-западной части Центрально-Черноземных областей России // Почвоведение. 2017. № 11. С. 1367-1376.
4. Рак М.В., Пукалова Е.Н. Кобальт в почвах и растениеводческой продукции Беларуси и эффективность применения кобальтового удобрения // Почвоведение и агрохимия. 2016. №2 (57). С. 90-99.
5. Kabata-Pendias, A. (2011) Trace Elements in Soils and Plants, 4th ed. Taylor and Francis Group, Boca Raton, p. 534.

УДК 631.4

### АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ КАРТОГРАММ ТИПИЗАЦИИ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*Лукин Сергей Викторович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия*

*Костин Илья Григорьевич, аспирант института наук о Земле, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия*

**Аннотация:** В статье рассматривается практическое использование геоинформационных систем для автоматизации построения картограмм. На примере картограммы типизации земель описаны основные этапы, которые выполняются в процессе выполнения алгоритма. Сверены картограммы, построенные специалистом и ГИС, сделан соответствующий вывод.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, ГИС, данные, почва, типизации земель, база данных, картограмма.

В настоящее время почти везде, где это возможно, применяются различные информационные системы, которые облегчают и ускоряют работу специалистов, работающих с ними. Одними из таких систем являются географические информационные системы (ГИС). ГИС используются там, где есть необходимость привязки данных к местности.

Геоинформационная система (*географическая информационная система, ГИС*) — система сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных и связанной с ними информации о не-

обходимых объектах. Понятие геоинформационной системы также используется в более узком смысле — как инструмента (программного продукта), позволяющего пользователям искать, анализировать и редактировать как цифровую карту местности, так и дополнительную информацию об объектах. Геоинформационная система может включать в свой состав пространственные базы данных (в том числе под управлением универсальных систем управления базами данных сокр. СУБД), редакторы растровой и векторной графики, различные средства пространственного анализа данных [1].

В работе агрохимической службы России повседневно используются ГИС для сбора, хранения, обработки и отображения данных по агрохимическому и почвенно-эрозионному обследованию. Все данные полученные при мониторинге плодородия почвы вносятся в базу данных и в последующем используются для анализа в ГИС. Без использования ГИС работа специалистов занимала бы больше времени на обработку данных и построение различных отчетов. Наиболее сложной задачей является построение картограмм почвенно-эрозионного обследования. Одной из картограмм, построение которой можно реализовать программным методом, является картограмма агроэкологических типов земель (типизации земель).

Определение агроэкологических типов земель является неотъемлемым этапом в проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия (АЛСЗ).

Земли как объект производства характеризуются значительной пространственной изменчивостью, пестротой, мелкоконтурностью почвенного покрова, совместным распространением почв, резко различных по плодородию и технологическим свойствам. В данной ситуации на территории сельхозпредприятия становится необходимой глубоко дифференцированная оценка агроэкологических условий как начальный элемент проектирования индивидуальных подходов (систем земледелия, агротехнологий, отдельных приемов) к использованию земель. Конечным итогом агроэкологической оценки является типизация земель, или разделение их на территории предприятия таким образом, чтобы каждый тип земель со своей внутренней неоднородностью плодородия почв и технологических условий выступал тем не менее как единый объект использования и применения одинаковых агроприемов [2].

В 2012 году Соловиченко Владимир Дмитриевич и Тютюнов Сергей Иванович определили агроэкологические типы земель для Белгородской области. На территории Белгородской области выделено 5 агроэкологических классов и 22 типа земель [3]. На основе данных агрохимического и почвенного обследования, а также предварительно подготовленных картограмм подтипов почв, крутизны склонов, экспозиции и эрозии специалисты агрохимической службы России разрабатывают картограммы типизации земель. Результатом является картограмма типизации земель, загружаемая в базу данных ГИС Агроэколог Онлайн, пример которой представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1- Картограмма агроэкологических типов земель**

Этот процесс занимает много времени и зависит от площади участков в проекте. Поэтому для ускорения работы специалистов было принято решение разработать функционал для ГИС Агроэколог Онлайн, позволяющий автоматически создавать картограммы агроэкологических типов земель.

Для решения поставленной задачи был написан алгоритм обработки данных и определения типизации земель на языке SQL в базе данных ГИС. Данный алгоритм учитывает всю информацию по рабочему участку, а именно агрохимическую и почвенно-эрозионную характеристику с предварительно подготовленными картограммами. Так как процесс определения состоит из нескольких этапов, то результаты каждого этапа записываются в промежуточную (временную) таблицу с данными для дальнейшей обработки.

Можно выделить следующие этапы: 1. Объединение полигонов одинаковых подтипов почв, которые были разделены по рабочим участкам. 2. Объединение полигонов одинаковой эрозии почв. 3. Пересечение полигонов подтипов почв и эрозии, образование новых временных полигонов. 4. Разделение коллекций объектов на составные объекты. 5. Удаление ошибок топологии и лишних объектов (точек, линий). 6. Определение агроэкологических типов земель используя разработанный алгоритм, состоящий из множества условий. 7. Пересечение полигонов типизации земель и участков. 8. Разделение коллекций объектов на составные объекты, полученных полигонов. 9. Удаление ошибок топологии и лишних объектов (точек, линий). 10. Объединение полигонов одинаковых агроэкологических типов земель в пределе каждого рабочего участка. 11. Запись результата в итоговую таблицу базы данных ГИС.



Рисунок 2 - Автоматическая картограмма агроэкологических типов земель

Результат построения картограммы типизации земель программным методом представлен на рисунке 2.

Весь процесс создания картограммы типизации земель занимает примерно 10 минут. По сравнению с временем, которое затрачивает специалист на построение данной картограммы, время работы заметно сокращается.

Стоит заметить, что при сравнении картограмм между собой принципиальных отличий нет, за исключением мелких объектов не полигонального типа, которые были образованы в процессе пересечения полигонов и в дальнейшем удалены. В целом результат положительный и его можно использовать в работе.

На примере автоматического построения картограммы агроэкологических типов земель можно сделать вывод о том, что программная реализация построения картограмм ускоряет работу, выполняет её достаточно точно, не требуя особого внимания в процессе работы алгоритма. Всё что нужно специалисту, так это проверить результат и в случае ошибки подправить его, а для более качественной работы необходимо учитывать все возможные варианты и условия при разработке алгоритма и написания его кода на языке SQL в базе данных ГИС.

### Библиографический список

6. Геоинформационная система [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Геоинформационная\\_система](https://ru.wikipedia.org/wiki/Геоинформационная_система) (07.11.2019)
7. Добротворская, Н. И. Агроэкологическая типизация земель – необходимый этап в проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия / Н. И. Добротворская // Вестник НГАУ – № 1 (50). – 2019. – С. 7—17.
8. Соловиченко, В. Д. Агрландшафты, агроэкологическая типизация земель и адаптивно-ландшафтная биологическая система земледелия Белгородской области [Текст]: учебно-производственное пособие / В. Д. Соловиченко, С. И. Тютюнов. — Белгород: «Отчий край», 2012. — 56 с.

## ВЗАИМОСВЯЗЬ РОСТА И ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСНЫХ ДЕНДРОЦЕНОЗОВ С МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ

*Хлюстов Виталий Константинович, профессор кафедры сельскохозяйственных мелиорации, лесоводства и землеустройства, ФГБОУ РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Наумов Владимир Дмитриевич, заведующий кафедрой почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБУ РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Каменных Наталья Львовна, доцент кафедры почвоведения, геологии и ландшафтоведения ФГБУ РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Ганихин Александр Максимович, аспирант кафедры экологии, ФГБУ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* В статье показана статистическая модель взаимосвязи хода роста элементов дендроценоза (древесных пород) по средней высоте с характеристикой почв. Адекватность модели отвечает требованиям лесоустроительной инструкции и может быть использована в лесном хозяйстве, экологии и почвоведении для оценки продуктивности лесов.

*Ключевые слова:* Ход роста, продуктивность древостоев, элемент дендроценоза, морфология почв, почвенно-типологическая модель роста.

В настоящее время экологические основы ведения лесного хозяйства базируются на учениях Г.Ф. Морозова, В.Н. Сукачёва, Е.В. Алексеева, П.С. Погребняка и др. о типах леса и типах лесорастительных условий. Впервые исследования хода роста, основанные на характеристике добротности почв, получили своё начало в 50-х годах XIX века в работах А.Р. Варгаса де Бедемара [2]. В последующем в лесотипологических исследованиях, связанных с построением таблиц хода роста, были предложены методы, подробно изложенные Н.П. Анучиным [1]. Из существующих методов лесотипологический следует признать наиболее обоснованным, так как он исключает использование бонитерочных шкал с заведомо заданными значениями средней высоты древостоев в соответствующем возрасте. Как правило, в этом случае использовалась либо шкала профессора М.М. Орлова, либо шкала ВНИИЛМ [3].

Условность этих шкал очевидна, так как они не характеризуют экологических условий мест произрастания лесообразующих пород. Для устранения этих недостатков была предложена методика построения градуированных шкал, соответствующих конкретному типу леса, группе типов леса или типу лесотипологических условий [4, 5].

Вместе с тем, использование лесотипологических классификаций с последующей их градацией по классам средних высот также является условным, так как в их основу положено наличие индикаторов - определенных представителей живого напочвенного покрова. В связи с тем, что один и тот же тип леса

может формироваться на разных почвах, целесообразно усовершенствовать методический подход моделирования хода роста древостоев, переводя лесотипологические закономерности в более дробные - почвенно-типологические.

Всё изложенное предопределило цель исследования, которая заключалась в выявлении взаимосвязи средней высоты элементов дендроценоза (древесных пород) с характеристикой почв.

Объектом исследования являлась Лесная опытная дача РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, представляющая лесной массив на территории города Москвы. В качестве опытного материала были использованы данные средних высот древесных пород, составляющих как чистые, так и смешанные древостои. Почвенный покров Лесной опытной дачи представлен дерново-подзолистыми почвами, различающихся по степени проявления подзолистого и дернового почвообразовательных процессов, а также оглеения. Преобладающая разновидность – суглинок легкий и средний, почвообразующая порода- моренные отложения. На ключевых площадках для каждого однородного участка дендроценоза была определена присущая ему характеристика почвенной разности (табл.1). В целом, для статистического моделирования было использовано 635 лесотаксационных участков, представленных 14 разностями почв и 11 древесными породами с разным долевым участием в запасе древостоев. В соответствии с целевой установкой была поставлена задача разработки полифакторальной модели влияния почв на ход роста средней высоты отдельных элементов дендроценоза.

В соответствии с методическими указаниями [4, 5] проведено кодирование названия почв и древесных пород, показанное в матрицах бинарных переменных (табл. 1, 2)

Таблица 2

**Матрица кодирование древесных пород блоковыми фиктивными переменными**

Древесная порода	Блоковые фиктивные переменные древесных пород									
	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Z <sub>5</sub>	Z <sub>6</sub>	Z <sub>7</sub>	Z <sub>8</sub>	Z <sub>9</sub>	Z <sub>10</sub>
Береза	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Вяз	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Дуб	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Ель	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Клен	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Липа	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Лиственница европейская	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Лиственница сибирская	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Лиственница Сукачева	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Сосна	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Ясень	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Таблица 2

Матрица кодирования почв блоковыми фиктивными переменными

Название почвы	Блоковые фиктивные переменные названия почвы												
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	X <sub>11</sub>	X <sub>12</sub>	X <sub>13</sub>
Среднедерновая среднеподзолистая оглееная тяжелосуглинистая	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Маломощная дерновая среднеподзо- листая среднесуглинистая	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Маломощная дерновая среднеподзо- листая супесчаная	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Маломощная дерновая сильноподзо- листая среднесуглинистая	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Среднедерновая среднеподзолистая оглееная среднесуглинистая	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Среднедерновая среднеподзолистая оглееная супесчаная	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Среднедерновая среднеподзолистая легкосуглинистая	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Мощнодерновая сильноподзолистая оглееная легкосуглинистая	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Мощнодерновая сильноподзолистая суглинистая	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Мощнодерновая слабоподзолистая легкосуглинистая	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Мощнодерновая среднеподзолистая легкосуглинистая	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Мощнодерновая среднеподзолистая супесчаная	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Среднедерновая среднеподзолистая среднесуглинистая	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Среднедерновая среднеподзолистая легкосуглинистая	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Объединение обеих матриц в одну, как это изложено в методике, позволяет представить структуру модели в общем виде:

$$H = \exp \left( \sum_{k=0}^2 \ln^k A \left( a_k + \sum_{i=1}^n b_{k,i} X_i + \sum_{j=1}^m c_{k,j} Z_j \right) \right) \quad (1)$$

где:

$H$  – средняя высота (м) древесной породы;

$A$  – возраст древостоя, лет;

$X$  – фиктивная переменная, кодирующая название почвы;

$Z$  – фиктивная переменная, кодирующая название древесной породы;

$a, b, c$  – параметры модели;

$k, i, j$  – индексы.

В результате регрессионного анализа массива данных было получено уравнение вида:

$$H = \exp (-1,90391 - 0,05130X_1 - 0,04862X_2 - 0,07620X_3 - 0,09941X_4 - 0,10421X_5 - 0,05386X_6 - 0,11917X_7 - 0,07269X_8 - 0,06738X_9 - 0,06158X_{10} - 0,03414X_{11} - 0,01673X_{12} - 0,05802X_{13} - 0,27609Z_1 - 0,25237Z_2 - 0,14383Z_3 - 0,13074Z_4 - 0,12009Z_5 - 0,41818Z_6 - 0,15158Z_7 - 0,51837Z_8 - 0,12288Z_9 - 0,25231Z_{10} + 2,24692 \ln A - 0,23786 \ln^2 A + \ln A (-0,26190X_1Z_2 - 0,70979X_3Z_5 + 0,03101X_3Z_7 - 0,48066X_3Z_9 - 0,40364X_4Z_5 - 0,44033X_4Z_9 - 0,76102X_6Z_9 - 0,14088X_{10}Z_2 - 0,07583X_{10}Z_5 - 0,21548X_{10}Z_9 - 0,29025X_{11}Z_5 + 0,09728X_{12}Z_6 + 0,10350X_{13}Z_6) + \ln^2 A (0,06131X_1Z_2 + 0,02263X_1Z_6 - 0,05696X_2Z_4 - 0,05881X_2Z_5 + 0,17476X_3Z_5 + 0,02107X_3Z_6 + 0,02822X_3Z_8 + 0,10307X_3Z_9 + 0,09109X_4X_5 + 0,09747X_4Z_9 + 0,16206X_6Z_9 + 0,02530X_8Z_6 - 0,02025X_9Z_5 + 0,03296X_{10}Z_2 + 0,01750X_{10}Z_5 + 0,02340X_{10}Z_6 + 0,00352X_{10}Z_7 + 0,02679X_{10}Z_8 + 0,04810X_{10}Z_9 + 0,07393X_{11}Z_5 + 0,00762X_{12}Z_7 + 0,00858X_{13}Z_1 + 0,02700X_{13}Z_8))) \quad (2)$$

$R^2=0,885$ ;  $SE=\pm 6,9\%$ ;  $F=72,268$  при  $P<0,05$ ;  $t=|5,3; 2,0; 1,3; 3,0; 4,1; 3,4; 2,5; 4,0; 2,4; 2,7; 3,2; 1,6; 0,8; 2,8; 12,3; 18,7; 5,54; 7,5; 5,4; 6,6; 5,9; 4,8; 7,64; 6,2; 11,4; 3,2; 4,8; 2,4; 2,1; 2,3; 3,0; 3,2; 4,1; 2,0; 5,3; 3,1; 5,4; 6,1; 3,5; 4,9; 3,2; 3,3; 4,5; 5,3; 4,4; 2,1; 2,4; 3,1; 3,1; 6,7; 3,1; 4,4; 2,1; 6,6; 2,0; 4,9; 5,5; 3,2; 3,0; 2,3; 4,7| > t_{05}=1,96$ .

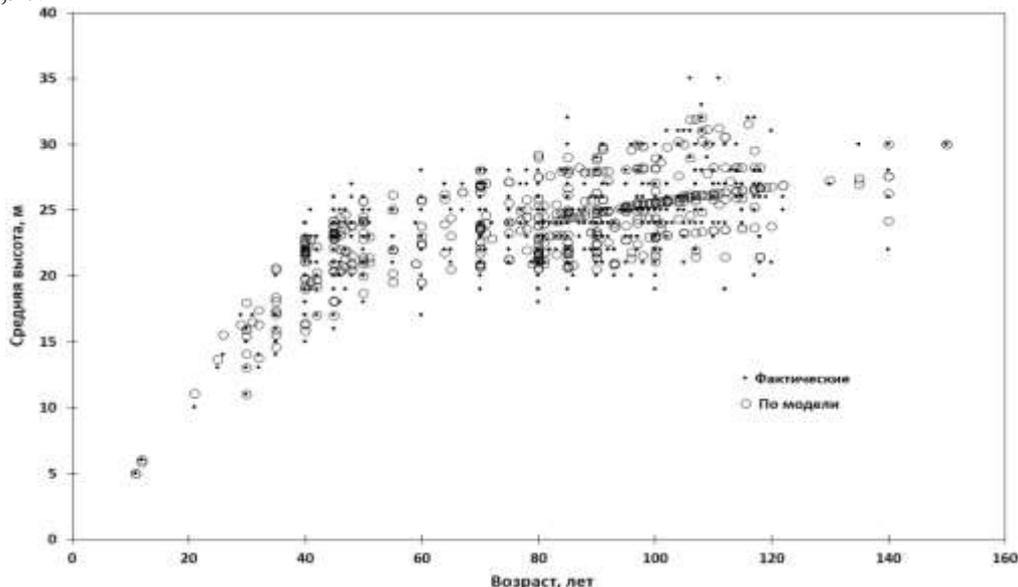


Рисунок 1 – Сопоставление фактических и теоретических значений средних высот древесных пород разного возраста

Представленная статистическая модель средней высоты включённых в анализ древесных пород характеризуется показателем детерминации  $R^2=0,885$ , указывающим на то, что принятая структура уравнения охватывает 89% дисперсии (разброса) данных лесного массива в 4-х мерной системе координат ( $Y$  – высота,  $X_1$  – возраст,  $X_2$  – почва,  $X_3$  – порода).

Ошибка уравнения укладывается в диапазон  $\pm 7\%$ , что соответствует требованиям лесоустроительной инструкции. Значимость численных коэффициентов по  $t$ -критерию указывает на существенное влияние предикторов, включённых в модель ( $t > t_{05}=1,96$ ).

Графическое представление степени соответствия теоретически полученных значений средней высоты древесных пород фактическим данным наглядно показано на рисунке 1. Полное соответствие теоретических значений фактическим данным проявляется при совпадении маркеров условных обозначений.

Результатом моделирования хода роста древостоев на почвенно-типологической основе является ранжирование почвенных разностей для конкретного элемента дендроценоза. Так, например, продуктивность берёзового элемента в убывающем порядке оценивается рядом:

*1. Среднедерновая среднеподзолистая легкосуглинистая; 2. Среднедерновая среднеподзолистая легкосуглинистая; 3. Мощнодерновая среднеподзолистая супесчаная; 4. Мощнодерновая среднеподзолистая среднесуглинистая; 5. Мощнодерновая слабоподзолистая легкосуглинистая; 6. Мощнодерновая сильноподзолистая легкосуглинистая; 7. Мощнодерновая сильноподзолистая оглееная легкосуглинистая; 8. Среднедерновая среднеподзолистая легкосуглинистая; 9. Среднедерновая среднеподзолистая оглееная супесчаная; 10. Среднедерновая среднеподзолистая оглеенная среднесуглинистая; 11. Маломощная дерновая сильноподзолистая среднесуглинистая; 12. Маломощная дерновая среднеподзолистая супесчаная; 13. Маломощная дерновая среднеподзолистая среднесуглинистая; 14. Среднедерновая среднеподзолистая оглеенная тяжелосуглинистая.*

#### **Библиографический список**

1. Анучин, Н.П. Лесная таксация: учебник для вузов / Н.П. Анучин. - 5-е изд., доп. - М.: Лесн. пром-сть, 1982 - 552с.
2. Варгас де Бедемар Альфонс Романович // Энциклопедия лесного хозяйства. - М.: ВНИИЛМ, 2006. - Т. 1. - С. 81- 82.
3. Загреев, В.В. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В.В. Загреев, В.И. Сухих, А.З. Швиденко, Н.Н. Гусев, А.Г. Мошкалёв. – М.: Колос, 1992. – 495 с.
4. Хлюстов, В.К. Комплексная оценка и управление древесными ресурсами: модели-нормативы-технологии / В.К. Хлюстов. – Москва: РГАУ-МСХА, М., 2015, Книга I - 399 с., <http://elib.timacad.ru/dl/local/233.pdf/view>, Книга II - 449 с., <http://elib.timacad.ru/dl/local/234.pdf/view>.
5. Хлюстов, В.К., Елекешева М.М. Лесотипологическая и таксационная классификация пойменных насаждений Урала. Научно-справочное издание / В.К. Хлюстов, М.М. Елекешева - Уральск: WESTA, 2018. - 280 с.

**90 ЛЕТ ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ НА ФАКУЛЬТЕТЕ  
ПОЧВОВЕДЕНИЯ, АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ ТИМИРЯЗЕВКИ**

*Белопухов Сергей Леонидович, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО  
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Старых Светлана Эдуардовна, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО  
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** *Физическая и коллоидная химия как отрасль знаний необходима для студентов аграрных вузов страны. Показан путь развития кафедры физической и коллоидной химии в Тимирязевской академии и роль этой дисциплины на современном этапе развития университета. Особое внимание уделяется преподаванию химии в новом тысячелетии.*

**Ключевые слова:** *кафедра физической и коллоидной химии, история кафедры, факультет почвоведения, агрохимии и экологии*

В начале 20 века физическая и коллоидная химия была ведущей областью в химии. Недаром среди первых лауреатов Нобелевской премии по химии более половины были физикохимиками – Якоб Вант-Гофф, Сванте Аррениус, Вильгельм Оствальд, Вальтер Нернст и другие ученые. Разделы, которые сегодня входят в курс «Физической и коллоидной химии» начал читать в Тимирязевской академии академик И.А. Каблуков, научные исследования которого были посвящены электрохимии неводных растворов, методу термического анализа для изучения взаимного обмена солей в расплавах, физико-химическому анализу и химии минеральных удобрений, комплексным соединениям. По учебникам и учебным пособиям И.А. Каблукова «Основные начала физической химии», «Правило фаз» (совместно с Е.Н. Гапоном и М.А. Гриндель), «Термохимия» обучались студенты аграрных и химических ВУЗов страны [1].

В развитии физической и коллоидной химии в 20-х 30-х годах прошлого века принимали участие выдающиеся химики Тимирязевской академии - М.А. Гриндель, Н.Я. Заозерский. Академик Н.Я. Демьянов разработал курс «Физико-химические основы биологической и агрономической химии». Академик В.Р. Вильямс занимался проблемами физики и химии почв, дал систематику дисперсных систем и был инициатором создания в 1930 году кафедры физической и кафедры коллоидной химии, которые были объединены в 1933 году. Новой кафедрой физической и коллоидной химии руководил профессор Е.Н. Гапон [2].

Е.Н. Гапон выполнил более 200 экспериментальных и теоретических работ по кинетике химических реакций, термодинамике процессов сорбции, хроматографии, физикохимии почв.

После скоропостижной смерти Е.Н. Гапона в 1950 г. обязанности ведущего кафедрой физической и коллоидной химии исполнял С.Н. Алешин. На кафедре были продолжены работы по физикохимии почв: была разработа-

на методика определения ёмкости поглощения почв, адсорбции анионов, проведены работы по изучению почвенной кислотности, теории электродиализа и др. Методика определения ёмкости поглощения почв, разработанная С.Н. Алешиним, вошла в ряд практических руководств по агрохимии и химии почв.

Под руководством С.Н. Алешина научная работа на кафедре развивается в трех направлениях. Научная группа под руководством доцента А.И. Курбатова занимается вопросами химии почвенных коллоидов. Особое значение уделяется изучению роли электростатического фактора в генезисе и мелиорации засоленных почв. В группе А.И. Курбатова работали М.М. Овчаренко, Н.А. Гурьева, В.В. Окорков, Рабиндра Натх (Индия), П.П. Гончаров, З.Р. Токков, Т.В. Шнее.

Второе научное направление – разработка диагностических показателей гумусного состояния почв в условиях техногенеза под руководством В.А. Черникова. В группе работали В.А. Касатиков, В.А. Раскатов, И.Г. Правдолюбов, А.Ю. Томащук, С.Э. Старых, В.А. Кончиц, О.А. Птицина, О.А. Аристова. На основании данных физико-химических методов анализа были предложены диагностические показатели: отношение Н/С, О/С, показатель Z и другие, которые могут быть использованы в почвенном мониторинге.

Под руководством С.Н.Алешина проводились работы по изучению роли поверхностно-активных веществ в сельскохозяйственной практике, по изучению адсорбции атразина различными типами почв (М.В. Хлебникова, Л.П. Юдина).

В 1973 г. заведующим кафедрой был избран профессор доктор химических наук Р.А. Хмельницкий, которого по праву считают одним из основателей органической масс-спектрометрии в стране. Для студентов сельскохозяйственных ВУЗов Р.А. Хмельницкий пишет учебники – «Физическая и коллоидная химия» (1988 г.) и «Современные методы исследования сельскохозяйственных объектов» (1981 г.) [3].

В эти годы кафедра сотрудничает с почвенным факультетом МГУ им. М.В. Ломоносова, Почвенным институтом им. В.В. Докучаева. Учебные и научные лаборатории кафедры оснащаются современными приборами для проведения физико-химических исследований объектов агроферы. И сегодня каждая задача лабораторного практикума построена таким образом, что студенты выполняют небольшую научно-поисковую работу. Лабораторные работы практикума охватывают основные разделы физической и коллоидной химии: потенциометрия, электрическая проводимость растворов, термодимия, адсорбция, определение окислительно-восстановительного потенциала, электрофорез, кулонометрия, спектрофотометрия и др.

Достигнуты значительные успехи в области исследования гумусовых соединений почв. Впервые проведены исследования фракции гуминовых и фульвокислот различных типов почв государств СНГ с применением комплекса методов физико-химического анализа, на основании данных термического анализа показана разнокачественность стабильных и нестабильных

фрагментов ГК и ФК, а также предложен количественный показатель для оценки соотношения этих фрагментов в гумусовых соединениях, впервые разработана высокоинформативная методика анализа структурно-группового состава кислород- и азотосодержащих соединений гумусовых кислот с помощью ПМС.

В 1994 г. на должность заведующего кафедрой был избран профессор А.И. Курбатов, занимавшийся исследованиями и ролью электростатического фактора в генезисе и мелиорации солонцов. Основной научной проблемой, которой занимался в этот период коллектив кафедры, было изучение состава и строения почвенного поглощающего комплекса с широким использованием физико-химических методов анализа.

В исследованиях сотрудников кафедры было установлено, что при величине электрокинетического потенциала 18-22 мВ размеры почвенных частиц близки к размерам коллоидных частиц. При этом, чем выше электрокинетический потенциал, тем более устойчивой является коллоидная система. Это имеет важное значение в почвоведении, так как почвы, имеющие значительное количество коллоидных частиц, например, солонцы, характеризуются слабыми водно-физическими свойствами. Мелиорация солонцов рассчитана на улучшение их водно-физических свойств, т.е. на уменьшение величины дзета-потенциала коллоидов и их последующую коагуляцию. Разработан метод расчета дозы мелиорантов по величине дзета-потенциала. Сотрудниками кафедры установлено, что наиболее эффективными являются дозы, рассчитанные по снижению дзета-потенциала до величины ниже критической – 18 мВ.

Опытный коллектив сотрудников кафедры вошел с энтузиазмом в новый 21 век. С 2002 по 2007 год кафедрой руководила профессор Старых С. Э. – специалист в области исследования гумусового состояния почв, ученица профессора Черникова В.А. Кафедра большое внимание в этот период уделяла учебно-методической работе, введению в лабораторный практикум новых научно-практических работ. Сотрудниками кафедры были разработаны и выпущены рабочие программы и рабочие тетради для занятий с учетом специфики каждого их факультетов академии, обновленные методические пособия и рекомендации, вышла новая редакция «Практикума по физической и коллоидной химии» (2007). В модернизации лабораторного практикума большая заслуга Булычева Сергея Николаевича. Научная работа кафедры получила отражение в успешной защите кандидатских диссертаций Шнее Т.В. (рук. Курбатов А.И.) и Федоровой Т.А. (рук. Старых С.Э.).

С 2007 года заведующим кафедрой был избран профессор, доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный изобретатель Российской Федерации, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники Белопухов Сергей Леонидович. На кафедре продолжились исследования по изучению гумусового состояния различных типов почв, изучению химического состава продукции растениеводства и животноводства, физико-химических, физико-механических характеристик натуральных и синтетических волокон, новых материалов на их основе, разработка новых высокоэффективных защитно-стимулирующих ком-

плексов для растениеводства, решались задачи по глубокой переработке целлюлозосодержащих отходов растениеводства. Коллективом кафедры опубликовано более 10 монографий, более 20 учебных пособий, справочников, лабораторных практикумов.

Сплоченный коллектив сотрудников кафедры – профессор Белопухов С.Л., профессор Старых С.Э., доценты Немировская И.Б., Шнее Т.В., Семко В.Т., преподаватели Федорова Т.А., Будажапова М.Ж., Моргунов А.В. - принимал участие в выполнении федеральных целевых и государственных программ развития сельского хозяйства. Практическим результатом явились разработки наукоемких технологий производства и высокоэффективной переработки льняного волокна, в т.ч. производство из волокна высококачественных сорбентов и кормовых добавок для крупного рогатого скота, использования модифицированного льноволокна для производства целлюлозы, биокompозитов, защитно-стимулирующих комплексов. Показано, что произведенная с использованием защитно-стимулирующих комплексов сельскохозяйственная продукция обладает повышенными качественными характеристиками.

Оригинальность и научная новизна разработок, полученных при участии сотрудников кафедры за последнее десятилетие, подтверждены 30 патентами на изобретения. По результатам работ опубликовано более 400 статей в международных и академических журналах, сборниках и материалах конференций. Разработанные материалы, изделия и технологии, демонстрировались на международных (Беларусь, Болгария, Казахстан, Китай, Польша, Россия) и федеральных выставках-ярмарках, где были удостоены 11 золотых, 2 серебряных и одной бронзовой медалей, отмечены более 40 дипломами.

Кафедра активно участвует в инновационном образовательном проекте. Разработаны учебно-методические комплексы по курсу «Физическая и коллоидная химия», «Физико-химические методы исследований биологических объектов», «Химическая сертификация сельскохозяйственной продукции», «Нанотехнологии и наноматериалы в сельском хозяйстве». На кафедре с 2010 года проходят обучение студенты магистратуры по направлению «Агрохимия и агропочвоведение» по программе «Химико-токсикологический анализ и оценка объектов агросферы».

Студенты разных курсов и факультетов, аспиранты участвуют в выполнении научно-исследовательских работ, непосредственно связанных с научными интересами кафедры. На студенческих научных конференциях РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, всероссийских и международных конференциях многие работы студентов и аспирантов занимают призовые места. Лучшие научно-практические работы студентов на всероссийских выставках НТТМ на ВДНХ отмечены Золотыми медалями ВВЦ (Гришина Е.А., Сушкова Л.О.) и дипломами ВВЦ (Яшин М.А., Орджоникидзе К.Г., Перова В.Н.).

За время работы кафедры сотрудниками опубликовано более 1000 научных работ. Защищено четыре докторских и более 60 кандидатских диссертаций.

### Библиографический список

1. Пржевальский Н.М., Белопухов С.Л. "Известия Петровской земледельческой и лесной академии" и химические науки // Известия ТСХА. 2017. № 6. С. 169-183
2. Баутин В.М., Белопухов С.Л. Евгений Никитич Гапон. Материалы к биобиблиографии / Москва, 2016. Сер. Выдающиеся ученые (выпускники, профессора) Петровской (Тимирязевской) академии, Российского государственного аграрного университета - МСХА имени К.А. Тимирязева. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 70 с.
3. Белопухов С.Л., Старых С.Э. Кафедра физической и коллоидной химии // Агрехимический вестник. 2009. № 1. С. 19-20.
4. Пржевальский Н.М., Черников В.А., Белопухов С.Л. Профессор Рюрик Аркадьевич Хмельницкий (к 90-летию со дня рождения) // Известия ТСХА. 2019. № 2. С. 150-151.

УДК 372.854

### ХИМИЧЕСКИЕ ДИСЦИПЛИНЫ В РАЗВИТИИ НАУК ОБ АГРОСФЕРЕ

*Григорьева Марина Викторовна, доцент кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Белопухов Сергей Леонидович, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* показана роль химических дисциплин в формировании научного знания об агросфере в контексте современной химической подготовки будущих специалистов агропромышленного комплекса.

*Ключевые слова:* подготовка специалистов агропромышленного комплекса, значение химических дисциплин, химия окружающей среды, агрохимия, агроэкология.

В связи с тем, что в настоящее время сельскохозяйственная деятельность приводит к истощению природных ресурсов и разрушению агросферы, возникла острая необходимость в развитии комплексного научного знания об этой геосфере нашей планеты и определении стратегии развития сельскохозяйственного производства. Агросферой называют часть биосферы, вовлеченную в сельскохозяйственное использование (то есть занятая агроэкосистемами). На долю агросферы приходится примерно 30 % суши, в том числе около 10 % занято пашней, а остальное – естественными кормовыми угодьями. Сельскохозяйственные экосистемы относятся к числу антропогенных экосистем, вместе с тем, они наиболее близки к естественным.

В настоящее время мы наблюдаем последствия глобального экологического кризиса в биосфере. Экологическая несостоятельность интенсивных сельскохозяйственных технологий явилась причиной деградации систем агросферы. Выделяют следующие основные виды экологических проблем, связан-

ных с сельским хозяйством: истощение агроресурсов, экологический дисбаланс функциональных связей в агроэкосистемах, энергетический кризис и ухудшение качества сельскохозяйственной продукции. Они явились предпосылками для зарождения агроэкологии и развития разделов других наук (экологии, охраны окружающей среды, энвайроментологии), изучающих взаимосвязи антропологического воздействия аграрного характера на окружающую среду.

Агросфера включает в себя элементы литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы. Современный специалист, работающий в системе агросферы, должен иметь общее представление о процессах, протекающих в этой сложной системе геосфер Земли, в том числе и с позиции их химического состояния и функционирования.

На кафедре химии РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева ведется работа по определению и систематизации научного материала, описывающего структуру и процессы агросферы. Изданы учебные пособия данной направленности, в которых проблемы химии агросферы рассмотрены с позиций описания природных геохимических и биогеохимических процессов [1-8]. Химические науки лежат в основе научных исследований, описывающих историю возникновения химических элементов, а также возникновение и историю Земли. Современные научные теории, описывающие происхождение жизни на нашей планете, опираются на химические знания, в частности, теория происхождения биосферы во взаимосвязи с проблемой хиральности [8].

Весь взаимообмен между оболочками планеты имеет циклический характер. Большой геологический цикл, разделенный на экзогенный и эндогенный циклы, циклы биогенных элементов являются циклами химических превращений. Также, как и все типы миграции веществ.

Вопросы, связанные с проблемой загрязнения окружающей среды описываются с помощью химических знаний: виды загрязняющих веществ, типы их токсического воздействия, ПДК и их определение.

С химической точки зрения подробно рассмотрены геосферы нашей планеты. При описании химии атмосферы, кроме состава и строения этой геосферы, рассматриваются вопросы о примесях тропосферы, городском смоге, стратосферном озоне, «парниковом эффекте» и радиоактивном загрязнении атмосферы.

Описание аномальных свойств воды предваряет рассмотрение химии гидросферы. Кроме состава природных вод, описаны особенности водопродной воды и рассматриваются вопросы химического загрязнения и очистки воды.

Знание о составе, строении и процессах, протекающих в литосфере, необходимы для формирования важнейшего для агроэкологии объекта – почвы. Показываются основные химические реакции, протекающие в почвах. А также рассматриваются вопросы химического загрязнения почв. Исследуются особенности накопления растениями токсичных веществ. А также проблемы твердых бытовых отходов и полигонов для них. В заключение исследуются вопросы экологического мониторинга.

Альтернативой для традиционных индустриальных сельскохозяйственных технологий, приводящих к истощению природного потенциала и загрязнению окружающей среды, может стать реализация новой стратегии формирования агросферы на принципах неистощающего развития, биосферно-ноосферного подхода. Ставя данную цель своим ориентиром, исследователи ведут работу по становлению системы знаний об агросфере. И химические знания занимают в этой работе одну из основополагающих составляющих.

### **Библиографический список**

1. Белопухов С.Л. Химия окружающей среды: учебное пособие / С.Л. Белопухов, Н.К. Сюняев, М.В. Тютюнькова; под общ. ред. проф. С.Л.Белопухова. – М.: Проспект, 2016. – 240 с.
2. Багнавец Н.Л., Кауфман А.Л., Белопухов С.Л., Сторчевой В.Ф. Задачи и проблемы химического образования в аграрном университете и их связь с содержанием заданий единого госэкзамена по химии // Научное обозрение: гуманитарные исследования. – 2017. №14-15. С. 6-10.
3. Белопухов С.Л., Автухович И.Е., Постников Д.А., Таллер Е.Б. Применение биологических методов для реабилитации загрязненных территорий, оздоровления производственной и окружающей среды: монография. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 230 с.
4. Дмитревская И.И. Физико-химические методы исследования: учебное пособие / И.И. Дмитревская, С.Л. Белопухов, О.В. Елисеева, А.В. Жевнеров; – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 160 с.
5. Белопухов С.Л. Химическая сертификация сельскохозяйственной продукции: учебное пособие с лабораторным практикумом / С.Л. Белопухов, Н.П. Буряков. – М.: БИБКОМ ТРАНСЛОГ, 2017. – 198 с.
6. Белопухов С.Л. Оценка воздействия предприятий малой энергетики и промышленности на почвы: учебное пособие / С.Л. Белопухов, Т.М. Джанчаров. – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2015. – 120 с.
7. Белопухов С.Л. Стандартизация и сертификация кормов и кормовых добавок. Информационно-справочные материалы: учебное пособие / С.Л. Белопухов, Н.П. Буряков, М.А. Бурякова. – М.: БИБКОМ ТРАНСЛОГ, 2017. – 248 с.
8. Тютюнькова М.В. Химия агросферы: учебное пособие / М.В. Тютюнькова, С.Л. Белопухов, Н.К. Сюняев, К.Л. Анфилов. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – 232 с.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОНОПЛЯНОЙ И ПШЕНИЧНОЙ МУКИ

*Дмитревская Инна Ивановна, к.с.-х.н., доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Воршева Александра Владимировна, старший лаборант кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** В статье приведены результаты химического анализа конопляной муки в сравнении с пшеничной методами БИК-анализа и масс-спектрометрии с атомизацией в индукционно-связанной плазме. Исследован макро- и микроэлементный состав муки.

**Ключевые слова:** *Cannabis sativa*, конопля посевная, конопляная мука, БИК-анализ, масс-спектрометрия, макро- и микроэлементы, тяжелые металлы.

Исторически посевные площади конопли в России были обширны (в 1936 году посевы занимали 680 тыс. га). Но сложность возделывания и получения семенного материала, отсутствие специализированного оборудования и сельскохозяйственных машин привели практически к полному вытеснению конопли из сельскохозяйственного оборота. Потеря Россией мировых позиций в этой отрасли привела к тому, что страна превратилась в крупнейшего импортера натурального волокна и растительного низкосортного пальмового масла. Цены на коноплю на мировом рынке в 2-е превышают цены на хлопок, а спрос на конопляные ткани ежегодно растет на 30%. [3]

Благодаря работе семеноводов и селекционеров, современным инновационным технологиям переработки и производства изделий из конопли, а также высокому экспортному потенциалу возвращается интерес к коноплеводству в России.

На сегодняшний день в Госреестре зарегистрировано 26 ненаркотических сортов конопли, которые можно использовать для выращивания и последующей переработки. В 2018 году посевные площади под техническую коноплю составили 4,4 тыс. га, что в 4 раза превысило показатели 2010 года.

В настоящее время благодаря своим уникальным свойствам конопля приобретает новые, инновационные направления использования во многих экологически ориентированных сферах народного хозяйства. Конопля посевная обладает колоссальным производственным и потребительским потенциалом, так как является абсолютно безопасной, высокопродуктивной, практически безотходной и позитивно влияющей на экологию сельскохозяйственной культурой с уникальными техническими и питательными свойствами. [1]

Из конопляного сырья производится различная продукция: волокно, текстиль, медицинские изделия, лекарства, пищевые продукты, в т.ч. конопляная

мука, а также порох и ракетное топливо для оборонно-промышленного комплекса. Особую ценность имеют пеньковолокно и конопляное масло. По данным АО ГК Ростех, потенциал потребления волокна и целлюлозы из лубяных культур может составлять до 100 тыс. тонн в год.

Конопляная мука обладает рядом полезных свойств: содержит большое количество нерастворимой и водорастворимой клетчатки, богата важнейшими для человека аминокислотами, витаминами группы В, Е, РР, а также необходимыми для организма минеральными веществами, такими как калий, кальций, магний, железо, фосфор и натрий. Хлорофилл, содержащийся в конопляной муке, способствует восстановлению состава крови, так как считается аналогом гемоглобина.

Целью исследования стало сравнение химического состава конопляной и пшеничной муки методами БИК-анализа и масс-спектрометрии с атомизацией в индукционно-связанной плазме.

Для анализа была использована конопляная мука сорта «Надежда» (конопля (*Cannabis sativa* L. ssp. *sativa*) сорт «Надежда», включен в Госреестр по Российской Федерации в 2009г.), предоставленная для исследований компанией ООО «Модал» (г. Челябинск). В качестве сравнения использована пшеничная мука ТМ «Макфа» (ГОСТ 27669-88).

*Таблица 1*

**Сравнительный анализ пшеничной и конопляной муки**

<b>Показатели, %</b>	<b>Пшеничная мука</b>	<b>Конопляная мука</b>
Влага	12,54	5,31
Зола	0,46	7,97
Клетчатка	1,00	4,57
Протеин	9,54	31,49
Крахмал	73,86	19,83
Общие волокна	3,61	8,21
Белизна	54,71	0,00
ИДК	57,66	308,32
Число падения	368,89	75,71

Сравнение химического состава пшеничной и конопляной муки методом БИК-анализа осуществляли по таким показателям как влажность, белизна, содержание золы, клетчатки, протеина, крахмала, общих волокон, ИДК, число падения (таблица 1). Исследования выполнялись на приборе «Mikrolab – 300» спектрофотометрическим методом в проточной кювете с компьютерной обработкой результатов. Пробоподготовка отсутствовала, образцы измерялись в исходном состоянии. [4]

По сравнению с пшеничной мукой, конопляная мука отличается большим содержанием золы, клетчатки, протеина и общих волокон.

Для хлебопечения важными показателями, характеризующими качество муки, являются ИДК и число падения. По этим показателям конопляная мука характеризуется как слабая, поэтому при хлебопечении ее используют в смеси с пшеничной мукой (как правило, или в композиции).

Изучение макро- и микроэлементного состава конопляной муки осуществляли методом масс-спектрометрии с атомизацией в индукционно-связанной плазме на приборе ICP-MS Perkin Elmer DRC II США.

Пробоподготовку образцов проводили методом мокрого озоления «тефлоновая бомба» в СВЧ-печи с использованием азотной кислоты (х.ч.) и перекиси водорода (х.ч.) в соотношении 2:1 соответственно. [2] Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Сравнительный анализ макро- и микроэлементного состава пшеничной и конопляной муки (мг/кг)**

Элементы	Пшеничная мука	Конопляная мука
<b>Макроэлементы</b>		
K	0,8542	0,1252
Ca	0,3022	0,7346
Mg	6,2959	20,905
Na	12,345	155,15
<b>Микроэлементы (эссенциальные)</b>		
Fe	0,0138	0,1098
Cu	0,0077	0,0012
Zn	0,3056	0,0808
Mn	0,0008	0,0001
Cr	0,0007	0,0005
Mo	0,0008	0,0009
Co	0,0006	0,0018
<b>Микроэлементы (условно-эссенциальные)</b>		
As	0,0003	0,0008
Br	0,0052	0,0062
V	0,0005	0,0007
Ni	0,0009	0,0002
Li	следы	следы
<b>Микроэлементы (токсичные)</b>		
Al	0,0188	0,1324
Cd	0,0007	0,0003
Pb	0,0019	0,0005
Ba	0,0633	0,0162
Tl	следы	следы
Hg	следы	следы

В результате исследований было установлено, что конопляная мука содержит жизненно необходимые для организма человека макро- и микроэлементы.

Такие макроэлементы как кальций, магний и натрий, содержатся в конопляной муке в большем количестве, чем в пшеничной; тем самым, используя конопляную муку в пище, мы обогащаем продукты питания необходимыми для человека элементами. Также конопляная мука содержит в необходимых для организма человека эссенциальные и условно-эссенциальные микроэлементы в

дозах, не наносящих вред человеку, что делает конопляную муку перспективным продуктом для продовольственного рынка РФ.

### Библиографический список

1. Белопухов С.Л. Исследование химического состава семян и волокна *Cannabis Sativa L.*/ С.Л. Белопухов, И.И. Дмитревская, В.Г. Лабок Ю.В. Кулемкин, Г.П. Толмачев// Бутлеровские сообщения.- 2012. – № 7. – С. 124-128.
2. Блинникова В.Д., Кауфман А.Л., Волков А.Ю., Воршева А.В. Химический анализ грибов методом масс-спектрометрии с атомизацией в индукционно-связанной плазме. В сборнике: Наука сегодня: глобальные вызовы и механизмы развития Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х частях. 2018. С. 121-123.
3. Жарких О.А., Дмитревская И.И. О перспективах выращивания агроконопли в Сибири. В сборнике: Аграрная наука - сельскому хозяйству Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах. 2019. С. 321-323.
4. Vorsheva A.V., Blinnikova V.D., Kaufman A.L., Ljamina I.M. Die Anhäufung von Schwermetallen durch verschiedene Arten von Pilzen. В сборнике: Ресурсосбережение и адаптивность в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур и переработки продукции растениеводства материалы международной научно-практической конференции. пос. Персиановский, 2019. С. 3-6. [на нем.яз]

УДК 547.913:544.942:543.51

### ГЖХ-МС АНАЛИЗ ЭФИРНОГО МАСЛА *THUJA OCCIDENTALIS* С РАЗЛИЧНОЙ ФОРМОЙ КРОНЫ

*Дмитриев Лев Борисович*, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО - МСХА имени К.А. Тимирязева

*Дмитриева Валерия Львовна*, заведующая лабораторией кафедры химии ФГБОУ ВО - МСХА имени К.А. Тимирязева

**Аннотация:** Определён состав эфирного масла *Thuja occidentalis* с различной формой кроны. Масла содержат одни и те же компоненты и не значительно отличаются по их содержанию. Основные компоненты:  $\alpha$ -туйон (65-55%),  $\beta$ -туйон (11-10%) и фенхон (10-15%). Оба растения относятся к одному хемотипу с относительно высоким содержанием фенхона.

**Ключевые слова:** *Thuja occidentalis*, эфирное масло,  $\alpha$ - и  $\beta$ -туйоны, фенхон, ГЖХ-МС.

Туя западная (*Thuja occidentalis*), в основном представлена садовыми формами. Все они чрезвычайно декоративны, благодаря чему широко распространялись по всем странам с теплыми климатическими условиями, в том числе

и в южных районах РФ. Однако в последнее время и в более северных районах туя выращивается для озеленения парков и садов, в том числе и дачных участков. Туя, не только красивое растение, но выделяя большое количество летучих соединений, в основном эфирное масло, обеззараживает окружающую среду и способствует повышению настроения, снятию стрессов, укреплению иммунной системы и потому пользуется успехом у фитотерапевтов [1]. Эфирное масло (ЭМ) используется в медицине.

Состав ЭМ туи, получаемый из зелёной массы, произрастающей в разных регионах отличается в основном по количественному соотношению компонентов, но иногда и по составу [2, 3]. Селекционерами, в основном путём отбора, созданы новые формы этого растения. Целью нашей работы было изучить состав ЭМ туи с разной формой кроны.

ЭМ из зелёной массы извлекали перегонкой с паром по методу Гинзберг с модифицированным сборником масла [3]. Качественный и количественный состав ЭМ определяли на ГЖХ-МС приборе "Clarus 600 MS" с капиллярной колонкой "HP Waks" 60 м. Условия анализа стандартные [3].

Полученные результаты (Таблица) показывают, что оба образца состоят из одних и тех же компонентов и отличаются только их соотношением. Количество терпеновых углеводов в масле туи с шаровидной формой кроны несколько выше (6,2%), чем у растений с конусовидной формой (5,2%), что особенно заметно по бициклическим соединениям:  $\alpha$ -пинену, камфену и фенхену, а так же ацетатов. Содержание трициклического кетона – фенхона у растений шаровидной формой оказалось больше – 15,3% по сравнению с 10,4% в масле растений конусовидной формы. Соотношение изомерных бициклических кетонов ( $\alpha$ - и  $\beta$ -туйенов) одинаковое – примерно 1:6.

Таким образом оба растения с разной формой кроны по составу ЭМ относятся к одному хемотипу. Анализ литературных данных, а так же наши предыдущие исследования [1-3] показывают, что данные экземпляры *T. occidentalis* по составу масла близки к Туям складчатым (*T. plicata* Don ex. D. Don) произрастающим в Польше, Абхазии и на территории ВИЛАР (Москва).

Состав эфирного масла *Thuja occidentalis* с различной формой кроны

Компоненты	Конусовидная,%	Шаровидная, %
Трициклен	0.010	0.012
$\alpha$ -Пинен	0.370	0.635
Туйен	0.066	0.154
Этил-2-метил бутират	0.044	0.023
$\alpha$ -Фенхен	0.259	0.575
Этил изовалерат	0.008	0.064
Камфен	0.269	0.608
Этилиовалерат	0.028	0.031
$\beta$ -Пинен	0.031	0.041
2-Метилбутил ацетат	0.008	0.012
$\gamma$ -Терпинен	2.041	2.009
$\beta$ -Мирцен	0.385	0.312
$\tau$ -Терпинен	0.289	0.251
Лимонен	0.525	0.644
Сабинен	0.013	0.014
2-Гексаналь	0.015	0.007
Этил диметилакрилат	0.000	0.041
Этил каприлат	0.031	0.035
Этил 2-метил-2-бутенат	0.000	0.009
$\beta$ -Терпинен	0.484	0.482
<i>n</i> -Цимен	0.208	0.197
Терпинолен	0.068	0.099
Этил 4-метил-2-пентенат	0.004	0.006
Фенхон	10.434	15.295
<i>n</i> -Метиланизол	0.047	0.060
Мирценол	0.052	0.055
$\alpha$ -Туйон	65.096	56.528
1-Октен-3-ол	0.015	0.029
$\beta$ -Туйон	11.121	9.552
<i>транс</i> -Сабинен гидрат	0.159	0.210
Фенхилацетат	0.009	0.019
$\alpha$ -Камфоленаль	0.458	0.064
Дигидроумбеллулон	0.000	0.010
Камфора	0.253	0.327
Линолилацетат	0.108	0.874
<i>цис</i> -Сабинен гидрат	0.133	0.169
Строение не установлено	0.056	0.078
Борнилацетат	2.031	4.120
Строение не установлено	0.112	0.302
Камфен гидрат	0.135	0.299
Терпинен-4-ол	1.496	1.446
Строение не установлено	0.104	0.116
Сабина кетон	0.090	0.060
Миртенил асетате	0.038	0.048
Изотуйол	0.009	0.102
Карвеол	0.010	0.150
$\alpha$ -Терпинеол	0.133	0.177
Терпенил ацетат	0.468	0.825
Борнеол	0.156	0.278
Муртенол	0.032	0.040
Строение не установлено	0.644	0.089

<i>n</i> -Цименен	0.086	0.123
Кариофиллен оксид 1	0.116	0.120
Кариофиллен оксид 2	0.034	0.061
Римуен	0.474	0.675
Бейерен (Стахен)	0.746	1.417

### Библиографический список

1. Плугатарь Ю.В., Шевчук О.М., Лейба В.Д., Феськов С.А. Компонентный состав эфирного масла *Thuja plicata* Donn ex D. Don в условиях интродукции на Черноморском побережье Кавказа. // Материалы Международной юбилейной конференции «Роль ботанических садов в сохранении и мониторинге биоразнообразия Кавказа» (Сухум, 6-10 сентября, 2016 г.). – Сухум, 2016. – С. 369-376.

2. Плугатарь Ю.В., Шевчук О.М., Феськов С.А., Дмитриев Л.Б., Дмитриева В.Л., Лейба В.Д., Гуланян Т.А., Герасимчук В.Н. Компонентный состав эфирного масла *Thuja plicata* Donn ex D. Don на Южном берегу Крыма и Черноморском побережье Кавказа. // Вопросы биологической и медицинской химии. 2019. – Т. – 22. – № 2. – С.16-23.

3. Сушкова Л.О., Дмитриева В.Л., Дмитриев Л.Б. Состав эфирного масла *Thuja plicata* акклиматизированной в ботаническом саду ВИЛАР // Доклады ТСХА. 2018. – Вып. 290. – Ч. IV. – С.369-371.

УДК: 547.913: 544.942+543.51

### РЕГУЛЯЦИЯ СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЭФИРНОГО МАСЛА *ELSHOLTZIA CILIATA* (THUNB.) HYL.

*Дмитриева Валерия Львовна, заведующая лабораторией кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Сушкова Людмила Олеговна, научный сотрудник группы спектроскопии ВНИИ им. Д.Н. Прянишникова*

*Дмитриев Лев Борисович, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Исследовано влияние внекорневой обработки растений гербицидом ингибитором фитоиндесатуразы на содержание и состав эфирного масла (ЭМ) *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyl. Установлено, что в зависимости от концентрации препарата меняется гормональный баланс в окислительно-восстановительном ферментативном комплексе, что проявляется в изменении состава ЭМ, в частности, в содержании основных компонентов: эльшольция кетона и дегидроэльшольция кетона.

**Ключевые слова:** *Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyl., эфирное масло, эльшольция кетон, гербициды, внекорневая обработка.

Важное место в проблемах управления продуктивностью и реализации генетического потенциала растений, в данном случае - эфирносонов, занимает вопрос регуляции метаболических процессов в них [1,2].

Применение предуборочной внекорневой обработки эфиромасличных растений регуляторами роста (в основном ингибиторного действия) повышает содержание в них эфирных масел (ЭМ) и меняет ход биохимических процессов образования компонентов в направлении увеличения содержания в масле более гидрированных соединений. Интеграция всех метаболических процессов проявляется на уровне биопродуктивности растений – урожайности надземной массы и концентрацией в ней целевых биологически активных компонентов [1,3].

Для реализации задачи влияния на направление метаболических процессов использовали препарат гербицидного типа с определенными свойствами взаимодействия с биохимическими структурами растений, содержащий в своем составе дифлюфеникан. По литературным данным это вещество является ингибитором фитоиндесатуразы отвечающей за дегидрирование фитоина в  $\zeta$ -Каротин [4].

Было предположено, что при низкой концентрации этого препарата, образование  $\alpha$ -каротина будет блокировано только частично, но приведет к избыточному накоплению предшественников: геранилгеранил-, фарнезил- и геранилпирофосфатов.

Избыточный пул этих пирофосфатов вполне вероятно вызовет частичное изменение направления их дальнейшей трансформации в сторону образования ди-, сескви- и монотерпеноидов.

Условия эксперимента и хроматорграфического анализа проведенного на аппаратно-программном комплексе ГЖХ-МС «Clarus 600 C» в Учебно-научном центре коллективного пользования «Сервисной лаборатории комплексного анализа химических соединений» кафедры химии РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева представлены в работах [1-3].

В результате эксперимента наблюдаются отличия в динамике роста и развития, фотосинтетической деятельности, накоплении биомассы, морфологических параметрах, а также в содержании и соотношении компонентов состава ЭМ растений в зависимости от климатических условий года, однако общие тенденции изменений соотношения компонентов масла под действием препарата сохранялись.

Обработка растений в предуборочный период гербицидом содержащим соединение ингибирующее работу фитоиндесатуразы – одного из ферментов, катализирующих биосинтез каротиноидов [3], нарушает процесс изопреноидной конденсации на стадии конденсации (голова-голова) геранилгеранилпирофосфата (C20) в фитоин (C40) и последующей его дегидратации с образованием каротиноидов, при котором возможно избыточное накопление продуктов (C20), фарнезилпирофосфата (C15) и геранилпирофосфата (C10) и их трансформация в дитерпеноиды, сескви- и монотерпеноидные компоненты ЭМ, что должно привести к увеличению общего содержания масла в растениях.

Таблица 1

**Изменение соотношения компонентов ЭМ *E. ciliana* (Thunb.) Hyl. в эксперименте**

Компоненты масла	контроль	Концентрация раствора, г/л			HCP <sub>05</sub>	HCP <sub>05</sub> %
		0,05	0,005	0,0005		
α-Пинен	0.121	0.080	0.050	0.121	0.02	25.4
β-Пинен	0.171	0.110	0.060	0.172	0.02	19.8
Сабинен	0.070	0.050	0.030	0.071	0.01	31.1
β-Мирцен	0.030	0.020	0.010	0.030	0.01	65.2
Лимонен	0.020	0.010	0.000	0.020	0.01	27.2
1,8-Цинеол	1.681	1.014	0.683	1.691	0.06	5.4
Гексен-2-аль	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	25.7
γ-Терпинен	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	26.3
Октанон-3	0.242	0.121	0.090	0.243	0.03	10.3
Октанол-3	0.554	0.331	0.241	0.557	0.04	8.2
Этилизобутират	0.272	0.271	0.181	0.273	0.02	28.1
Октен-1-ол-3	0.564	0.422	0.302	0.567	0.06	7.8
2-Метилбициклогексан-ол-3	0.020	0.010	0.010	0.020	0.01	24.3
2-Ацетил-5-метилфуран	0.000	0.010	0.020	0.000	0.01	31.5
α-Бурбонен	0.020	0.010	0.010	0.020	0.01	16.2
β-Бурбонен	0.282	0.241	0.221	0.283	0.02	6.1
Линалоол	0.060	0.060	0.050	0.061	0.01	7.2
Гермакрен	0.030	0.030	0.030	0.030	0.01	8.4
β-Кариофиллен	0.231	0.241	0.221	0.233	0.03	7.3
Терпинен-4-ол	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	28.2
Метилгераниат	0.040	0.040	0.010	0.040	0.02	22.4
Эльшольция кетон	28.543	18.479	16.392	28.709	1.30	2.6
β-Фарнезен	следы	следы	0.010	следы	-	-
Ацетофенон	0.282	0.261	0.211	0.283	0.03	5.2
α-Кариофиллен	1.540	1.637	1.638	1.549	0.04	3.2
α-Терпинеол	0.161	0.151	0.131	0.162	0.02	7.3
β-Кубебен	0.081	0.131	0.131	0.081	0.02	8.9
α-Фарнезен [E,Z]	0.091	0.151	0.151	0.091	0.03	7.8
α-Фарнезен [Z,Z]	0.010	0.010	0.020	0.010	0.02	7.9
2,3 Диметил-5-(2,6,10-триметил	0.362	0.432	0.452	0.364	0.04	10.3
Цинерон	0.121	0.121	0.131	0.121	0.02	12.5
Дегидроэльшольция кетон	64.241	75.153	78.131	64.616	1.32	1.8
α-Ионон	0.010	0.010	0.010	0.010	0.01	57.4
Кариофиллен оксид - I	0.040	0.030	0.020	0.040	0.01	42.8
Неролидол	0.091	0.090	0.090	0.091	0.02	8.1
Кариофиллен оксид - II	0.201	0.171	0.151	0.202	0.03	4.2
Содержание ЭМ (г/100г. сухой массы)	1.13	0.98	1.23	1.30	0.11	9.9

При концентрации препарата 0,05 г/л просматривается даже некоторое снижение интенсивности накопления ЭМ, и только при более низких концентрациях содержание масла увеличивается на 16% (табл. 1).

После обработки растений раствором с концентрацией 0,05 г/л препарат оказывает общее угнетающее действие. В ЭМ резко падает процентное содержание эльшольция кетона по сравнению с дегидроэльшольция кетоном. Вероятно в мультиферментном комплексе снижаются активность и содержание редуктаз, что приводит к резкому уменьшению количества в растениях этого кетона. Интенсивность процессов биосинтеза дегидроэльшольция кетона остается в норме, что видно из данных таблицы (табл. 2). Падение содержания в растениях эльшольция кетона по сравнению с контролем указывает на то, что этот кетон активно участвует в амфиболических реакциях обмена веществ.

Таблица 2

**Содержание основных компонентов масла в сухой массе растений**

Компоненты масла	контроль	Концентрация раствора, г/л		
		0,05	0,005	0,0005
г/100г. сухой массы				
Эльшольция кетон	0.323	0.181	0.202	0.373
Дегидроэльшольция кетон	0.726	0.736	0.961	0.840

При более низких концентрациях раствора препарата (0,005 и 0,0005 г/л) изменение гормонального баланса выражается в интенсификации ферментативной системы биосинтеза в растениях дегидроэльшольция кетона, что проявляется в повышении его содержания в растениях. В растениях несколько снижается содержание монотерпеноидов и увеличивается количество сесквитерпеноидов.

Процесс образования в растениях терпеноидов с ароматической фурановой структурой вероятно идёт по схеме аналогичной кето-енольной перегруппировки  $\alpha,\beta$ -непредельных кетонов при участии дегидрогеназ и NADP (рисунк). По этой схеме идёт также образование ментофурана из пулегона в ЭМ мяты.

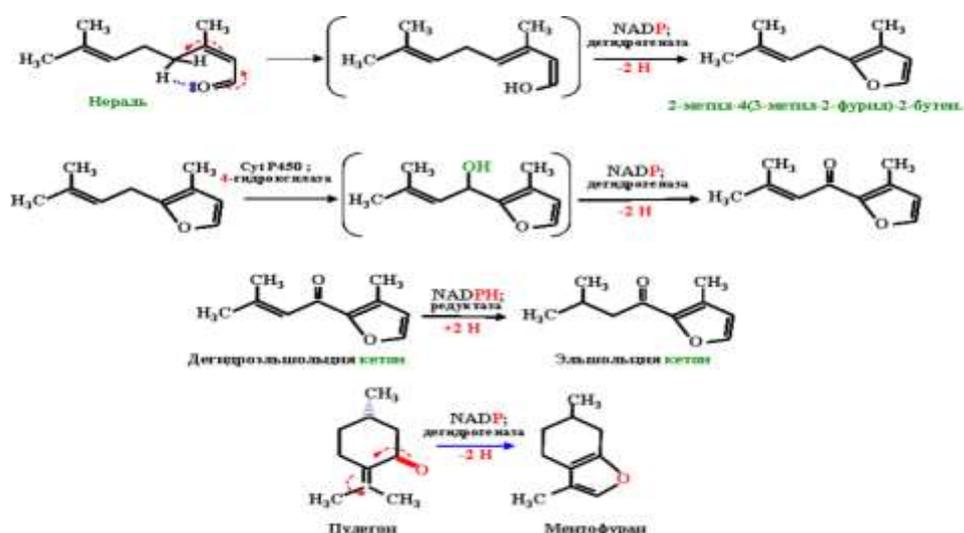


Рисунок - Гипотетическая схема образования фуранового кольца

Полученные результаты показывают, что при концентрации препарата 0,0005 г/л равновесие гормонального баланса практически не нарушается. Изменение содержания основных компонентов ЭМ в сторону более ненасыщенных компонентов повышает антиоксидантные свойства масла и его противомикробную и противовирусную активность.

### **Библиографический список**

1. Сушкова Л. О., Дмитриева В.Л., Дмитриев Л. Б. Влияние обработки растений гербицидами на характер биосинтеза эфирного масла *Mentha piperita* L. сорта Янтарная // Бутлеровские сообщения. – 2013. – Т. 34. – № 34. – С. 149 – 151.
2. Дмитриев Л.Б., Дмитриева В.Л. Метод газовой хроматографии в исследовании состава эфирного масла *Elsholtzia ciliate* L. под влиянием обработки растений гербицидами.// Доклады ТСХА. – Вып.288. – 2016. – С.506-509.
3. Дмитриева В. Л., Сушкова Л.О., Дмитриев Л.Б., Белопухов С.Л. Регуляция соотношения компонентов эфирного масла *Elsholtzia ciliate* (Thunb.)Nyl. в условиях Нечерноземной зоны России.// Сборник трудов международной конференции "Перспективы лекарственного растениеводства". 2018. – С. 87-92
4. Захаров В.В. Гербициды и регуляторы роста растений. – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева. 2007.

УДК 635.073:631.811

### **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ *BRASSICA RAPA***

*Елисеева Ольга Владимировна, доцент кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Елисеев Александр Федорович, доцент кафедры овощеводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация.** В работе представлены данные химического состава растений репы (*Brassica rapa*) при применении некорневой обработки вегетирующих растений раствором хромокалиевых квасцов.

**Ключевые слова:** репа, микроэлементы, хром, химический состав.

Репа – одно из древнейших овощных растений. В пищу у этой культуры используют корнеплоды, как в сыром виде, так и после кулинарной обработки. Выращивается она более 4000 лет. На территории России репу выращивают с 14 века.

Урожай сельскохозяйственных культур и его пищевая ценность во многом зависят от содержания микроэлементов в полученной продукции. Содержание микроэлементов в растениях определяет их поступление в организм человека.

Микроэлементы играют многообразную и значительную роль в растительном организме. Каждый из микроэлементов выполняет свою специфическую функцию. Они участвуют в сложных биологических и физиологических процессах, активизируют деятельность ферментов, витаминов, гормонов, связаны с процессами синтеза органических веществ, способствуют повышению продуктивности сельскохозяйственных культур и улучшают качество продукции [1]. Разнообразие микроэлементного состава растений обусловлено их биологическими особенностями и содержанием доступных форм микроэлементов в почвенном растворе [2]. Одним из элементов, входящих в состав растений, является хром, изучение содержания которого в растениях имеет большое значение, так как он участвует в метаболизме глюкозы и холестерина в организме человека и животных [3, 4].

Большинство почв содержит значительное количество хрома, однако доступность его для растений ограничена [4, 5]. Обогащение сельскохозяйственных культур этим микроэлементом позволит увеличить его поступление в организм человека.

В лаборатории овощеводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в открытом грунте был поставлен опыт по изучению изменения качества продукции репы (*Brassica rapa*) при некорневой обработке (НО) вегетирующих растений раствором хромокалиевых квасцов. Объектом исследования послужил сорт репы Пктровская. Посев проводили 7 июля. Раствор хромокалиевых квасцов ( $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ) применяли в двух концентрациях 0,002% и 0,005% по Cr. Опыт проводили по следующей схеме: 1. NPK (фон) – контрольный вариант; 2. NPK + НО Cr 0,002%; 3. NPK + НО Cr 0,005%. Повторность трёхкратная. В качестве фонового макроудобрения при посеве в почву вносили нитроаммофоску из расчёта 30 г/м<sup>2</sup>. Обработку раствором трёхвалентного хрома проводили на 21 день от появления всходов путём опрыскивания вегетирующих растений в фазу начала формирования корнеплодов. В фоновых вариантах обработку растений проводили дистиллированной водой.

Таблица

**Химический состав корнеплодов репы (*Brassica rapa*)**

Вариант	Сухое вещество, %	Сухие растворимые вещества, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Нитраты, мг/кг
NPK (фон)	11,4	6,2	33,70	262,0
NPK + Cr 0,002%	11,5	5,9	28,60	286,0
NPK + Cr 0,005%	10,4	7,3	27,81	210,2
НСР <sub>0,05</sub>	0,5	0,3	1,8	21,0

Анализ химического состава корнеплодов (табл.) показал, что некорневая обработка растений раствором хромокалиевых квасцов не оказала существенного влияния на содержание сухого вещества в корнеплодах в варианте NPK + Cr 0,002%. Однако увеличение концентрации хрома в рабочем растворе до 0,005% привело к снижению содержания сухого вещества в продукции репы до 10,4%, то есть корнеплоды становились более сочными.

Содержание в корнеплодах сухих растворимых веществ во втором варианте опыта (NPK + Cr 0,002%) было существенно ниже по сравнению с кон-

трольным вариантом (5,9 против 6,2%). Наибольшее значение данного показателя отмечено в варианте с наибольшей концентрацией хрома в рабочем растворе (NPK + Cr 0,005%) – 7,3%, что на 1,1% больше, чем в контрольном варианте, и на 1,4% больше, чем в варианте NPK + Cr 0,002%, то есть корнеплоды репы становились более сладкими.

Аскорбиновая кислота играет важную роль в работе фотосинтетического аппарата растений [6]. Хром, как микроэлемент, в растительном организме стимулирует образование и окисление аскорбиновой кислоты [7]. Кроме того, этот элемент способствует повышению содержания в листьях хлорофиллов а и b и суммы каротиноидов [8]. Из таблицы видно, что наибольшее содержание аскорбиновой кислоты было в корнеплодах контрольного варианта – 33,70 мг/100 г. Обработка вегетирующих растений раствором, содержащим трёхвалентный хром, привела к существенному снижению данного показателя в корнеплодах репы до 28,60 мг/100 г в варианте NPK + Cr 0,002%, что на 15,1% меньше, чем в контрольном варианте. С увеличением концентрации хрома в рабочем растворе до 0,005% содержание аскорбиновой кислоты в корнеплодах снижалось до 27,81 мг/100 г, что на 17,5% меньше, чем в контроле.

Некорневая обработка растений репы раствором хромокалиевых квасцов приводила к увеличению содержания нитратов в варианте NPK + Cr 0,002% на 8,4% по сравнению с контрольным вариантом. При увеличении концентрации хрома в рабочем растворе до 0,005%, напротив, наблюдалось снижение нитратов в корнеплодах до 210,2 мг/кг сырой массы, что на 19,8% меньше, чем в контрольном варианте, и на 26,5% меньше, чем в варианте NPK + Cr 0,002%.

### **Библиографический список**

1. Агеев В.В. Корневое питание сельскохозяйственных растений. Ставроп. ГСХА. Ставрополь, 1996. – 134 с.
2. Протасова Н.А. Тяжёлые металлы в чернозёмах и культурных растениях Воронежской области // *Агрохимия*, 2005. – № 2. – С. 80-86.
3. Ловкова М.Я., Бузук Н.Г., Соколова С.М. и др. Лекарственные растения – концентраторы хрома. Роль хрома в метаболизме алкалоидов // *Известия РАН. Серия биологическая*, 1996. – № 5. – С. 552-564.
4. Шеуджен А.Х. Биогеохимия. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003. 1028 с.
5. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. Пер. с англ. М.: Мир, 1989. – 439 с.
6. Чупахина Г.П. Система аскорбиновой кислоты растений: Монография. Калинингр. ун-т. Калининград, 1997. – 120 с.
7. Куркаев В.Т., Шеуджен А.Х. *Агрохимия*. Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2000. – 552 с.
8. Добролюбский О.К., Страхов В.Г. Влияние хрома, молибдена и вольфрама на содержание пигментов, фотосинтез и продуктивность виноградного растения // *Агрохимия*, 1983. – № 3. – С. 96-102.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОДУКЦИИ КОНОПЛЕВОДСТВА

*Жарких Ольга Андреевна, старший лаборант кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Дмитревская Инна Ивановна, заведующий кафедрой химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Проведено исследование макро- и микроэлементного состава семян технической конопли разной степени созревания методом сканирующей электронной микроскопии. Методом ближней инфракрасной спектроскопии определено качество волокна конопли.

**Ключевые слова:** конопля, волокно, семена, химический анализ, ближняя инфракрасная спектроскопия (БИК), сканирующая электронная микроскопия (СЭМ)

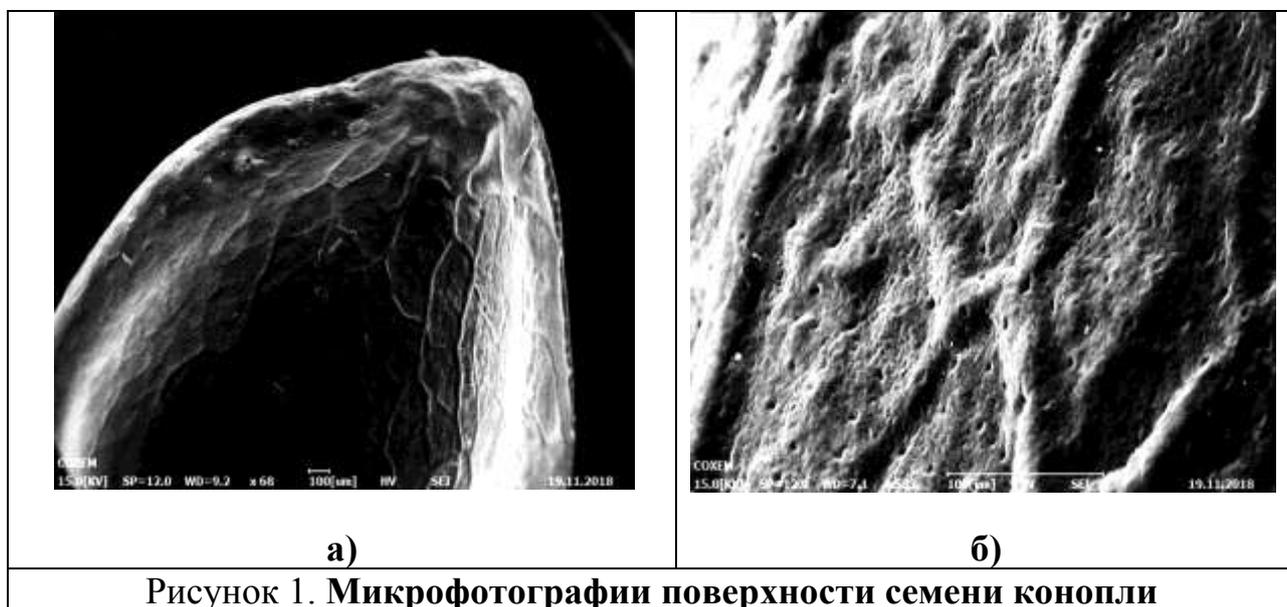
Конопля посевная (*Cannabis sativa* L.) – ценная техническая культура, являющаяся источником нескольких видов продукции: волокна, семян и масла. Конопляное производство год от года становится популярным во всем мире. Спектр использования продуктов переработки конопли в мире стабильно расширяется, разрабатываются новейшие технологии производства изделий для применения в инновационных сферах промышленности. Конопля становится стратегической культурой, входит в круг интересов правительств развитых стран и бизнеса. В России только с 2012 года вновь стали обращать внимание на техническую коноплю, возделывание и переработка которой получает второе дыхание. Однако необходимо учитывать, что конопля способна давать высокий урожай и высокое качество по волокну и семенам в определенных агроклиматических условиях [1,2], на высоком уровне плодородия почвы и минерального питания [3,4], с оптимальными коллоидно-химическими характеристиками почвы [5].

Среди продукции из технической конопли важное место занимают семена. Семена конопли, из которых производится конопляная мука, содержат около 30% жиров, 26% белков и 34% углеводов [6]. В составе конопляного семени присутствуют: 20 аминокислот, 9 из которых – незаменимые, не синтезируемые организмом человека (аргинин – условно незаменимая аминокислота), гистидин, фенилаланин, метионин, изолейцин, лейцин, лизин, треонин, триптофан, валин). По аминокислотному составу конопляная мука схожа с куриным яйцом и соевым протеином. Благодаря высокой пищевой ценности, отсутствию токсических веществ, уникальным лечебно – профилактическим свойствам конопляное масло широко используется в пищевой и медицинской промышленности, следовательно, постоянно необходим контроль качества продукции [1,6]. Это особенно важно, поскольку на показатели качества влияет применение усовер-

шенствованных приемов для агротехнологий выращивания, например, применение защитно-стимулирующих комплексов [5], в т.ч. синтезируемые на кафедре химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) позволяет одновременно получать электронные микрофотографии, определять химический состав, благодаря рентгеновской приставке – детектору EDS. Сканирующий электронный микроскоп визуализирует поверхность при различном увеличении. Полученные микрофотографии дают информацию о качественном и количественном составе. В наших исследованиях использован сканирующий электронный микроскоп COXEM EM-30AX PLUS (Корея), источник электронов – электронная пушка с термоэлектронным типом эмиссии, оснащенная эмиттером на основе вольфрамовой нити накаливания (W). Микроскоп имеет 2 режима работы вакуумной системы: высокий и низкий вакуум, оснащен тремя детекторами: SE – для получения изображения с информацией о морфологии поверхности, BSE – для получения изображения с информацией о вариациях состава на основе контраста по среднему атомному номеру, EDS – для элементного анализа состава образцов. Преимуществом данного микроскопа по сравнению с аналогами является возможность проводить анализ без дополнительной специальной пробоподготовки [3].

Микрофотографии с увеличением  $\times 68$  и  $\times 533$  поверхности семени конопли представлены на рисунке, результаты элементного анализа представлены в таблице 1.



**Результаты элементного анализа образцов семян конопли, % масс.**

семя	C	O	K	Ca	P	S	Mg	Cl	Al	Si	Na	Fe
белое	57,1	40,5	1,3	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	-	-
зеленое	52,0	43,8	0,3	0,9	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
коричневое	70,3	26,6	0,9	0,1	1,0	0,2	0,4	0,1	0,1	0,2	-	-
НСР <sub>0,5</sub>	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Таким образом, результаты наших исследований подтверждают возможность контролировать элементный состав семян конопли в зависимости от степени созревания. Сканирующая электронная микроскопия позволяет одновременно получать электронные микрофотографии и определять химический состав семян конопли.

О качестве волокна растительного происхождения можно судить по их химическому составу. Такая информация необходима для проведения последующих технологических операций по очистке, мытью, отбелке, крашению, прядению и т.д. Исходя из этого, важно разработать и применить ускоренные методы испытаний для оценки физико-химических и химических показателей, которые и определяют качество волокна. По нашему мнению, одним из таких методов оценки качества волокна может стать БИК-анализ.

Нами использован инфракрасный анализатор SpectraStar XT, который способен делать быстрый и точный анализ основных показателей качества сельскохозяйственных (зерно, корма, комбикорма, комбикормовое сырьё и т.д.) и пищевых (мясное сырьё, полуфабрикаты, колбасные изделия, сыры, масло, печенье, и т.д.) продуктов. Методом БИК-анализа можно определять такие показатели, как влага, клетчатка, зола, крахмал и другие (в том числе аминокислоты в сырье). Прибор SpectraStar серии XT - это автономный прибор, используемый для анализа размолотых и неразмолотых, жидких и пастообразных продуктов. Он откалиброван по стандартам отражения NIST (Американский Национальный Институт Стандартов) и произведен в соответствии с технологией TAS. Технология используется при производстве приборов, высококачественных комплектующих, настройку приборов осуществляют по первичным стандартным образцам (SRM). Прибор работает в диапазоне до 2600 нм, что дает возможность качественно определять такие вещества, как аминокислоты, лигнин, протеин и клетчатка. Сканирующий монохроматор с предварительным разложением излучения в спектр. Режим измерения спектра: отражение или пропускание. Источник света: предварительно настроенная галогеновая лампа со сроком службы 10 000 часов. Дифракционная решетка: голографическая решетка для работы в диапазоне 1100 - 2600 нанометров. Интервал между точками спектра: 1 нанометр. Число точек спектра: 1500. Ширина полосы: 10 +/-0.3 нм. Фотометрический диапазон: 3.0 Abs. Время сканирования: менее 0.8 секунд на сканирование. Время анализа: 10 - 60 секунд. Точность установки длин волн:

менее 0.1 нм. Уровень шумов в диапазоне 1100-2600 нм: менее 20 микроединиц оптической плотности.

Система включает в себя компьютер, прибор управляется оператором. Продолжительность анализа составляет около 1 минуты. Результаты анализа отображаются на экране автоматически, что позволяет без дополнительных действий оператора сравнивать результаты анализа нескольких последних образцов, передавать результаты анализа по сети или распечатывать на принтере [3,5]. Нами разработана методика анализа волокна конопли, для чего предварительно химическим методом определены количественные показатели на 30 образцах. При анализе короткого волокна конопли важно оценить содержание целлюлозы, которое в наших опытах составило 53-55% на абсолютно сухое вещество. При этом волокно имело высокую зольность 9-10%.

Содержание кальция было в диапазоне 0,28-0,52%, а фосфора 0,33-0,36%.

### Библиографический список

1. Белопухов С.Л. Исследование химического состава семян и волокна *Cannabis sativa L.*/ С.Л. Белопухов, И.И. Дмитриевская, В.Г. Лабок, Ю.В. Кулемкин, Г.П. Толмачев// Бутлеровские сообщения. - 2012. - Т. 31. - № 7. - С. 124-128.
2. Белопухов С.Л. Способ повышения урожайности конопли/ Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Толмачев Г.П., Поляк Н.В., Григораш А.И., Макланов А.И., Макланова Е.А., Смирнова М.А., Шкондина Н.А.// Патент на изобретение RUS 2601030 13.02.2015.
3. Жарких О.А. О применении метода электронной сканирующей микроскопии для определения качества волокна прядильных культур// В сборнике: Студенчество России: век XXI Материалы VI Всероссийской молодежной научно-практической конференции: в 4-х частях. Орел, - 2019. - С. 88-92.
4. Жарких О.А. Физико-химические показатели качества *Cannabis Sativa L.*// В сборнике: сборник студенческих научных работ Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева. - 2018. - С. 204.
5. Жарких О.А. Физико-химические показатели качества пеньковолокна/ О.А. Жарких, И.И. Дмитриевская// В сборнике: Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию первого выпуска технологов сельскохозяйственного производства. – 2018. – С. 178-180.
6. Жарких О.А. О перспективах производства агроконопли/ О.А. Жарких, И.И. Дмитриевская, С.Л. Белопухов, Ю.Б. Белопухова// В сборнике: Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения профессора Александра Филипповича Тимофеева. – 2019. – С. 77-80.

## ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ УКРОПА ПРЕПАРАТОМ ДЕСИКАНТНОГО ДЕЙСТВИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

*Зуева Елена Викторовна, начальник лаборатории хроматографических методов анализа Орехово-Зуевского филиала ФБУ «Ростест-Москва», г. Орехово-Зуево.*

***Аннотация:** приведены результаты исследования зелени укропа огородного разных сортов обработанных препаратом десикантного действия на содержание органических компонентов при помощи БИК анализа. Установлено повышение содержания клетчатки, протеина и крахмала в зелени обработанных растений.*

***Ключевые слова:** укроп огородный, крахмал, протеин, клетчатка, десикант, Никосульфурон.*

Укроп огородный активно применяется как в кулинарии, так и в народной медицине. Зелень укропа содержит необходимые организму человека микро- и макрокомпоненты. В частности витамины, кальций, фосфор, клетчатку, протеин, крахмал. Для того, чтобы воздействовать на состав растений применяются различные регуляторы роста, например препараты десикантного характера.[2,3]

Для определения химического состава растений применяют различные методы. Одним из самых распространенных является метод ближней инфракрасной спектроскопии. Он позволяет определить состав образца по его спектру. БИК анализ является альтернативой классическому химическому методу определения состава и свойств органических образцов. Метод построен на том, что различные органические составляющие образцов избирательно поглощают свет на различных длинах волн и, таким образом, имеют свои уникальные спектры. Общий спектр образца складывается из спектров всех составляющих его компонентов. Таким образом, БИК анализ позволяет одновременно определять концентрацию нескольких компонентов, входящих в состав образца, а также его свойства.[1,2]

Цель работы: изучить влияние препарата десикантного действия на органический состав семян укропа.

Задачи:

1. Обработать растения укропа, находящиеся в фазе молочной спелости препаратом десикантного действия.

2. Провести сравнительный анализ полученных образцов зелени укропа: сравнить содержание органических компонентов при помощи БИК анализа.

В качестве объекта исследования были выбраны два сорта укропа огородного: Грибовский и Лесногородский. Для обработки был выбран препарат десикантного действия Никосульфурон – пестицид, избирательный гербицид.

Обладает системным действием. Механизм действия – ингибирование ацетолактатсинтазу.

Условия проведения эксперимента: температура 20-25°C, влажность воздуха 50-70%. Для эксперимента использовались семена укропа огородного сортов Грибовский и Лесногородский урожая 2017-2018гг. Выращивали укроп на агробиостанции Государственного гуманитарно-технического университета. Посев проводили 10 мая, сбор семян 5 августа. Обработку препаратом проводили за 10 дней до сбора урожая.

Содержание органических компонентов определяли на спектрометре «Квант-2м», по соответствующим методикам.

В результате исследования установлено повышение содержания органических веществ в обработанных растениях:

1. Крахмала на 18% для сорта Грибовский и на 17% для сорта Лесногородский;

2. Протеина на 4% и 3% для сортов Грибовский и Лесногородский соответственно;

3. Клетчатки на 16% для сорта Грибовский и на 19% для сорта Лесногородский.

#### **Библиографический список**

1. Бабаянц М.В. Влияние биопрепарата Реглон на увеличение массы семян тмина. В сборнике: Знания молодых: наука, практика и инновации: Сборник научных трудов XVII Международной научно-практической конференции аспирантов и молодых ученых. В 2ч. Ч.1. Агрономические, биологические, ветеринарные науки. – Киров: Вятская ГСХА, 2018 189-192 с.

2. Белопухов С.Л., Хлыпенко Л.А., Шевчук О.М., Феськов С.А., Дмитриев Л.Б., Дмитриева В.Л. Динамика накопления и компонентного состава эфирного масла розмарина (*rosmarinus officinalis* L.), произрастающего на южном берегу Крыма – Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, № 6, 2017. – 129-140с.

3. Мишина О.С., Колотовкина Я.Б., Мусакова В.Г. Применение биорегуляторов в интенсивных агротехнологиях выращивания различных сельскохозяйственных растений как фактор целенаправленного управления процессами их роста и развития. Глобальные проблемы экологии 2016. – 59-65с.

## ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ УРАВНЕНИЯ ФОТОСИНТЕЗА К АНАЛИЗУ УГЛЕРОДНОГО ЦИКЛА

*Ивлев Александр Андреевич*, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО  
РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева

**Аннотация:** В статье доказывается применимость общепринятого уравнения фотосинтеза к анализу связей в глобальном цикле углерода. Показано, что содержание кислорода в атмосфере в ходе геологического времени было пропорционально содержанию осадочного органического вещества в земной коре.

**Ключевые слова:** Ключевые слова: круговорот углерода, редокс-цикл, фотосинтез, термохимическая сульфатредукция

Обычно уравнение фотосинтеза для индивидуального организма записывают как:



Хотя такая запись является формальной и не передает всей сложности процесса, она по крайней мере, позволяет установить принципиальные связи между изменениями субстрата этой реакции (углекислого газа) и изменениями концентраций ее продуктов (биомассы и кислорода). Концентрацию другого субстрата (воды) обычно не рассматривают, поскольку в подавляющем числе случаев вода имеется в избытке и не влияет на скорость фотосинтеза. Если аппроксимировать это уравнение, как химическую реакцию первого порядка и принять, что в условиях избытка воды скорость реакции лимитируется только доступностью  $\text{CO}_2$ , то тогда снижение концентрации  $\text{CO}_2$  в ходе фотосинтеза должно сопровождаться увеличением содержания продуктов ( $\text{CH}_2\text{O}$  и  $\text{O}_2$ ), а рост содержания продуктов должен быть пропорциональным.

Имея в виду, что фотосинтез играет ключевую роль в круговороте углерода [1], попытаемся обосновать, что простой анализ реакции фотосинтеза может быть применим к природной модели глобального цикла углерода. Это упрощает анализ самого цикла и позволяет использовать уравнение фотосинтеза для получения важных природных корреляций и оценок.

В свое время В.И Вернадский [2], рассматривая взаимодействие и взаимовлияние геологических и биосферных процессов, ввел понятие «живое вещество». Под ним он понимал всю биомассу живущих на Земле организмов. Чтобы доказать, применимость уравнения фотосинтеза к круговороту углерода, необходимо показать, что «живое вещество» тоже можно считать продуктом фотосинтеза.

«Живое вещество» биосферы можно представить как сумму двух частей: фотосинтезирующей и гетеротрофной, что можно представить как:

$$\text{"живое вещество"} = (\text{биомасса})_{\text{фотосинтезируемая}} + (\text{биомасса})_{\text{гетеротрофная}} \quad (2)$$

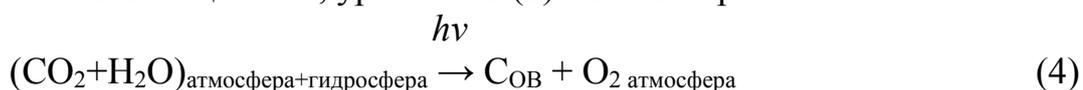
Фотосинтезирующая часть «живого вещества» образуется в строгом соответствии с уравнением (1). Гетеротрофная часть представляет биомассу консументов пищевой цепи, которая, в конечном счете, образовалась из фотосинтезирующей биомассы. Так что гетеротрофную часть можно также считать продуктом фотосинтеза, в которой образующийся кислород и биомасса, преобразованная в биомассу консументов, оказались разделенными во времени.

Если перейти от рассмотрения биосферы к углеродному циклу, то следует учесть, помимо «живого вещества» биосферы косное органическое вещество пород, являвшееся продуктом фотосинтеза в прошлом. При этом кислород, который выделялся на всех этапах фотосинтеза в прошлом, как и тот, который выделился при синтезе «живого вещества» на момент рассмотрения будет эквивалентен количеству «живого вещества» и количеству осадочного органического вещества пород Земли. Тогда для глобального углеродного цикла уравнение фотосинтеза можно записать:



В уравнении (3)  $\text{C}_{\text{ОВ}}$  соответствует накопленному в земной коре осадочному органическому веществу, а  $\text{O}_{2\text{атмосфера}}$  соответствует кислороду, накопившемуся в атмосфере.

Приняв, что количество органического вещества  $\text{C}_{\text{ОВ}}$ , накопленного в коре за все предшествующие периоды, значительно больше существующей биомассы «живого вещества», уравнение (3) можно переписать



Я назвал его уравнением глобального фотосинтеза в системе глобального углеродного цикла.

Обоснованием уравнения (4), как и в случае общеприятного уравнения фотосинтеза, являются наблюдаемые противофазные изменения в фанерозе для усредненных во времени концентраций  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  (рисунок 1) [3,4].

Были также обнаружены синфазные изменения в фанерозе скорости захоронения осадочного органического углерода и изменения содержания атмосферного кислорода (рисунок 2)

Таким образом, экспериментальные данные, полученные путем обобщения природного материала подтверждают существование фотосинтетических связей между субстратом и продуктами реакции фотосинтеза, тем самым обосновывают вывод о ключевой роли фотосинтеза в глобальном цикле углерода.

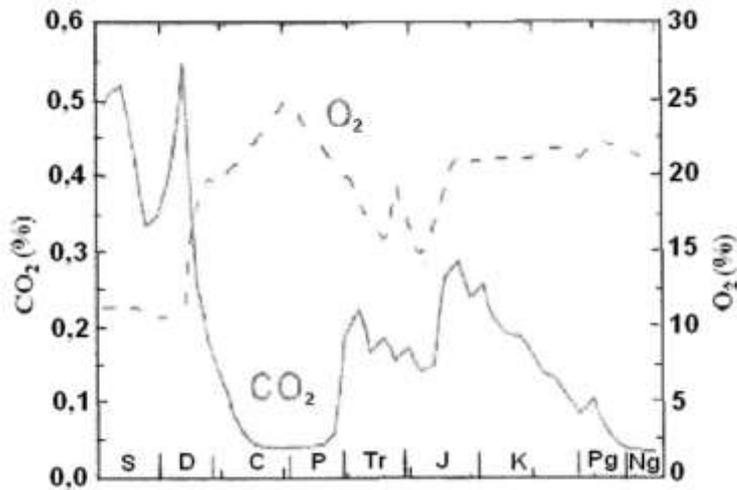


Рисунок 1.- Противофазные изменения усредненных по времени концентраций  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  в системе «атмосфера – гидросфера» в фанерозое [5]

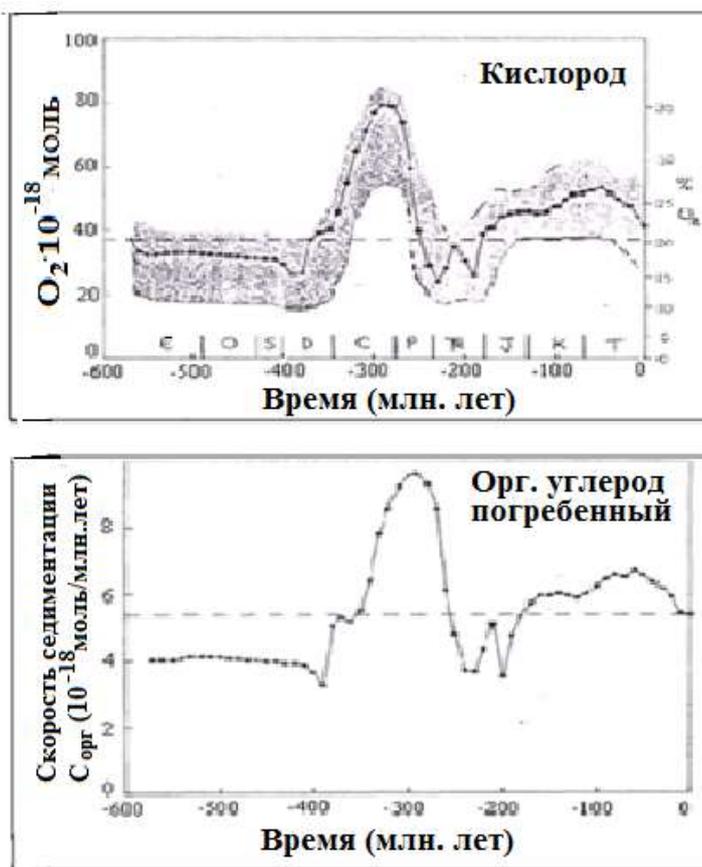


Рисунок 2. - Синфазные изменения усредненной концентрации кислорода и скорости накопления осадочного углерода, рассчитанные по геологической модели Geo-carb III [6].

### Библиографический список

1. Ивлев А.А. Глобальный редокс-цикл биосферного углерода. Взаимодействие фотосинтеза и движения литосферных плит. LAP Lambert. Germany Saarbrucken. 2015.
2. Вернадский В.И. Избр. соч. Биосфера. Т. 5. М.: Изд-во АН СССР 1960.
3. Berner R.A., Kothavala Z., GEOCARB III: a revised model of atmospheric CO<sub>2</sub> over Phanerozoic time // Am.J.Sci. 2001. V.301. P.333-61.
4. Lenton T.M. The role of land plants, phosphorous weathering and fire in the rise and regulation of atmospheric oxygen. Global Change Biol. 2001. V. 7. P. 613–629
5. Igamberdiev A.U., Lea P.J. Land plants equilibrate O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentrations in the atmosphere // Photosynthesis research 2006. V.87. P.177-194.
6. Berner R.A., Canfield D.E. A new model for atmospheric oxygen over Phanerozoic time // Am J. Sci. 1989. V. 289. P. 333 - 361

УДК 54.062

### ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ГРИБАХ КАК ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

*Кауфман Алла Львовна, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Багнавец Наталья Леонидовна, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Воршева Александра Владимировна, старший лаборант кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* Работа посвящена изучению накопления различными частями плодового тела гриба тяжелых металлов и токсичных веществ. Показано, что накопление тяжелых металлов определяется химической природой элемента, биологическими особенностями видов грибов, а также условиями их произрастания.

*Ключевые слова:* тяжелые металлы, токсичность, макро- и микроэлементы, грибы.

Одним из показателей загрязнения окружающей среды считается повышение содержания тяжелых металлов (ТМ) в природных объектах, в том числе в почве. Металлы загрязняют почву, попадая в нее, как правило, из водной и воздушной среды. Почвы, загрязненные ТМ, могут на долгие годы стать непригодными для производства растениеводческой продукции [1,2,3]. Наличие ТМ – основной показатель неблагополучия почв.

Хорошо известно, что грибы интенсивно аккумулируют различные металлы [4]. В этой связи актуальным является изучение элементного состава съедобных и несъедобных грибов как биоиндикаторов загрязнения почв.

Целью данного исследования являлось изучение элементного состава некоторых видов грибов, таких, как мухомор, опенок, масленок, подберезовик. Все образцы отобраны в Подмосковье (Солнечногорский район, поселок Радищево), в глубине леса.

Пробоподготовку образцов проводили методом мокрого озоления «тефлоновая бомба» в СВЧ-печи. Измерения производили методом масс-спектрометрии с атомизацией в индукционно-связанной плазме (ICP-MS PerkinElmer DRC II США).

Известно, что по степени влияния на организм человека макро- и микроэлементы можно разделить на следующие группы: эссенциальные (жизненно-важные) – это все структурные элементы (H, O, N, C; Ca, Cl, F, K, Mg, Na, P, S) и 8 микроэлементов (Cr, Cu, Fe, I, Mn, Mo, Se, Zn); условно-эссенциальные (жизненно-важные, но вредные в определенных дозах) – микроэлементы (Ag, Al, Au, B, Co, Ge, Li, Si, V); условно-токсичные – микро и ультрамикроэлементы (например: As, Ba, Be, Bi, Cd, Cs, Hg, Ni, Pb, Pd, Pt, Rb, Sb, Sc, Sn, Sr, Ti). Ртуть (Hg) вредна для человека в любом количестве, поэтому ее можно назвать безусловно токсичным элементом.

В процессе исследований грибы были проанализированы на содержание 69 химических элементов. В таблице представлены данные по элементам, превышающим ПДК и представляющим опасность для человека. Среди условно-токсичных металлов следует отметить *барий*. Суточная норма бария для человека составляет 0,6 – 1,7 мг, токсичная – 200 мг, летальная доза – 3,7 г. Барий обладает значительной общей токсичностью, является нервным и мышечным ядом. Как следует из данных, приведенных в таблице для съедобных грибов, больше всего бария обнаружено в составе гриба опенок. При этом ножка опенка содержит бария больше (1268,94 мкг/кг), чем его шляпка (1202,42). Такая же тенденция в распределении бария по частям гриба наблюдается и в ядовитых грибах, так, например, в ножке мухомора его накапливается значительно больше (1760,88 мкг/кг), чем в шляпке (1381,46). Следующий элемент, на который следует обратить внимание, – *свинец* (Pb). Из таблицы следует, что наибольшее количество свинца (207,33 мкг/кг) обнаружено в масленке, что в два с лишним раза больше по сравнению с другими грибами. Токсичная доза свинца для человека составляет 1 – 3 г. Масленок также содержал значительно больше палладия (Pd), 190,60 мкг/кг, в сравнении с содержанием этого химического элемента в других грибах.

Накопление тяжелых металлов, как и радионуклидов, определяется химической природой элемента, биологическими особенностями видов грибов, а также условиями их произрастания [4]. Известно, что в первые годы после Чернобыльской аварии к биоиндикаторам относили гриб польский (*Xerocomus badius*), свинушку тонкую (*Paxillus involutus*) и масленок обыкновенный (*Suillus luteus*) [5]. Данные наших исследований подтвердили тот факт, что

масленок «лидирует» по накоплению многих условно-токсичных элементов: свинца (Pb), никеля (Ni), палладия (Pd), висмута (Bi) .

Таблица

**Содержание элементов в грибах (ppb, мкг/кг)**

Металлы	Опенок		Масленок	Подберезовик	Мухомор	
	Шляпка	Ножка			Шляпка	Ножка
Токсичные элементы						
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Условно-токсичные элементы						
Ba	1202,42	1268,94	946,45	1036,65	1381,46	1760,88
La	205,34	190,19	172,02	191,26	242,12	301,27
Pb	96,49	98,56	207,33	89,97	2,87	132,76
Sr	298,52	629,06	320,18	221,68	298,19	1330,77
Zr	300,19	153,72	75,17	209,87	328,55	43,55
Rb	288,35	371,56	260,12	328,03	382,27	509,17
Cs	27,07	23,12	20,36	29,43	29,13	33,52
Ce	4,67	3,68	3,30	4,36	4,59	5,74
Ni	435,35	432,17	473,16	555,69	607,21	628,48
Pd	0,94	1,31	190,60	17,60	10,48	6,69
Bi	2,38	2,17	3,13	2,14	0,49	2,96
Условно-эссенциальные элементы						
Al	208078,6	169209,5	140721,6	245546,5	271293,1	277976,5
Co	149,16	132,78	131,21	146,99	174,49	211,17
Li	1,18	1,12	1,37	1,21	18,34	2,96
Ge	2,16	1,79	1,19	2,64	1,89	1,59
Эссенциальные микроэлементы						
Fe	17712,2	13243,9	12235,9	17777,9	19617,0	21288,6
Mn	6139,8	8114,6	7423,1	5840,9	7954,4	9843,3
Cu	255,77	267,65	352,04	313,83	516,28	395,51
Zn	341,71	332,48	293,20	368,63	464,40	539,98
Cr	471,87	40,14	382,01	557,40	638,86	694,68
Эссенциальные структурные элементы						
Mg	63907,2	46712,8	50864,4	70271,3	74455,1	75656,3
K	2727,22	2867,70	2369,86	3677,47	3308,08	4817,13
Ca	244,78	356,17	230,38	317,84	482,25	529,92
Na	12,30	21230,20	119,26	55,83	143,84	251,22

Как видно из данных таблицы, накопление металлов в плодовых телах грибов происходит неодинаково. Так, содержание стронция (Sr), рубидия (Rb), бария (Ba), свинца (Pb) больше в ножках как съедобных, так и несъедобных грибов, а содержание циркония (Zr), алюминия (Al), железа (Fe), хрома (Cr) больше в шляпках, нежели в ножках. Эти особенности накопления элементов подтверждены и другими исследователями [4,5].

Из условно-эссенциальных элементов больше всего в грибах накапливается алюминий (Al). Алюминий необходим нашему организму для правильного развития костной и соединительной тканей, а также для формирования эпителия. В умеренных количествах он полезен, однако в больших концентрациях

наносит вред нашему организму, поражая в первую очередь нервную систему. Его суточная норма для здорового взрослого человека составляет 30- 50 мкг, в то время как токсичная доза алюминия – 50 мг. Из ряда съедобных грибов максимальное содержание алюминия обнаружено в составе подберезовика (245546,5 мкг/кг).

Наибольшее содержание железа – эссенциального элемента – было обнаружено в подберезовике (17779,9 мкг/кг) и в шляпке опенка (17712,2 мкг/кг). Калий относится к эссенциальным структурным элементам. По сравнению с другими грибами, подберезовик лучше других способен накапливать калий (3677,47 мкг/кг).

Проведенные исследования показали, что помимо эссенциальных элементов, обеспечивающих организм рядом необходимых микро-и макроэлементов, грибы содержат токсичные и условно-токсичные элементы, приносящие вред человеку при неумеренном их употреблении, а также при сборе грибов вблизи автомобильных дорог и промышленных объектов. Грибы, в большинстве случаев, являются биоиндикаторами загрязнения почв и окружающей среды, поскольку обладают повышенной способностью к накоплению тяжелых металлов.

### **Библиографический список**

1. Блинникова В.Д., Кауфман А.Л., Белопухов С.Л. Действие повышенных концентраций меди в почве на проращивание семян зерновых культур // Аграрная наука - сельскому хозяйству: материалы Всероссийской научно-практической конференции: сборник статей/ ответственный за выпуск И.Я. Пигорев. Курск. 2009. С. 35-36.

2. Белопухов С.Л., Блинникова В.Д., Волков А.Ю., Кауфман А.Л., Рекус И.Г. Исследование повышенных концентраций ионов тяжелых металлов на проращивание зерновых и горчицы // Доклады ТСХА / РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева. М., 2011. Вып. 283, ч. 1. С. 388-391.

3. Воршева А.В., Абрахимова Д.Р., Блинникова В.Д., Кауфман А.Л., Хуснетдинова Н.Ф. Количественное и качественное определение йода в продуктах питания // Перспективы науки – 2016: материалы III Международного заочного конкурса научно-исследовательских работ: сборник/ Казань. 2016. Т.3. С. 41-44.

4. Воршева А.В., Байбеков Р.Ф., Белопухов С.Л., Кауфман А.Л. Грибы как биоиндикаторы экологического состояния окружающей среды. В сборнике: Концепции устойчивого развития науки в современных условиях. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа, 2019. С. 23-25.

5. Блинникова В.Д., Кауфман А.Л., Волков А.Ю., Воршева А.В. Химический анализ грибов методом масс-спектрометрии с атомизацией в индукционно-связанной плазме. В сборнике: Наука сегодня: глобальные вызовы и механизмы развития. Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х частях, 2018. С. 121-123.

## ПРОЦЕСС ОБОГАЩЕНИЯ ЩЕРБЕТА КОНОПЛЯНЫМ БЕЛКОМ

*Кнышова Карина Анатольевна, специалист по качеству, службы управления качеством, АО ЧМПЗ*

*Белопухов Сергей Леонидович, д.с.-х.н., к.х.н., профессор кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Толмачева Татьяна Анатольевна, канд. биол. наук, доцент кафедры хранения, переработки и товароведения продукции растениеводства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** в статье говорится о щербете, изготовленном с применением конопляного белка. О пользе использования растительного белка на примере конопляного белка. Рассмотрены показатели безопасности для данного продукта.

**Ключевые слова:** щербет, восточные сладости, конопляный белок, качество.

Восточные сладости — это такие кондитерские изделия, которые изготовлены с применением значительного количества сахара, муки, орехов, маслянистых ядер, различных пряностей, меда и изюма. Они характеризуются хорошими вкусовыми качествами, высокой питательной ценностью и пользуются большим спросом у населения любого возраста.

В процессе приготовления таких сладостей используют различные сушеные плоды и орехоплодное сырье для придания неповторимого вкуса.

Все сырье, как основное, так и дополнительное, должно соответствовать требованиям действующих стандартов или технических условий, а красители и ароматизаторы должны быть разрешены к применению Министерством здравоохранения.

В технологии приготовления щербета используются: сахар-песок, патока, сливочное масло, сгущенное молоко, эссенции и ядра орехов – арахис или кедровые орехи [1,2].

Что бы уйти от использования сливочного масла при изготовлении щербета, было решено заменить его на растительный белок – конопляный протеин.

Растительный белок (или растительный протеин) – это альфа-аминокислотное соединение не животного происхождения. Получают этот вид белка из растений (соя, рис, горох, овес, подсолнечник) и других не животных источников [3].

Животный белок не имеет концептуальных преимуществ перед белком растительного происхождения, что доказано рядом исследований, например, работой доктора Дж. Гамильтона-Ривза «Сравнение молочного и соевого протеина в контексте синтеза мышечного белка у молодых и пожилых людей» [4]. В рамках исследования 36 здоровых мужчин различного возраста регулярно

тренировались в одинаковых условиях, но были разбиты на группы по рациону – одни принимали соевый белок, другие – молочный. Результат не выявил концептуальной разницы в рамках выбранной статистической модели.

Конопляный протеин, изолят соевого белка, белок овса, рисовый белок – это натуральные растительные продукты, которые могут заменять традиционные животные протеины. Растительный белок разрешен и оптимален для людей, соблюдающих определенные диеты.

**Конопляный протеин** — это порошок с высоким содержанием белка, получаемый из семян конопли после отделения масла методом прессования. В зависимости от температуры прессования и количества стадий прессования получают порошок с содержанием белка от 30 до 50% (мука или протеин). Остаточное количество жира составляет около 10%, а содержание полезной для пищеварения клетчатки - около 20%.

В составе конопляного протеина много полезных ингредиентов:

- полиненасыщенные кислоты Омега-3 и Омега-6 в оптимальной для человека пропорции 3:1;
- 21 аминокислота, в том числе – 9 разновидностей, в которых организм человека нуждается, но производить самостоятельно не способен;
- клетчатка, благотворно влияющая на процессы пищеварения;
- витамин Е, который является антиоксидантом, защищающим клетки от процессов старения;
- витамин В1 (тиамин), витамин В2 (рибофлавин);
- микроэлементы: Fe, Mg, Mn, Zn, Cl, S, Ca, K, Cu, P.

При сравнении конопляного белка с другими видами протеинов, можно выделить ряд преимуществ:

- конопляный белок является более экологически чистым источником белка по сравнению с протеином из сои, ведь при выращивании каннабиса можно полностью отказаться от пестицидов и применять только органические удобрения;
- соевый протеин за счет сложной белковой структуры может негативно влиять на поджелудочную железу и гораздо хуже усваивается по сравнению с конопляным протеином;
- протеин из сои ведет к уменьшению у мужчин гормона тестостерона и увеличению выработки эстрогена – при приеме протеина конопли таких последствий не возникает;
- по сравнению с протеинами животного происхождения, протеин из конопли имеет ощутимое преимущество – он может применяться даже в тех случаях, если человек не переносит лактозу, глютен, яичный и молочный белки;
- белок продукта из конопляного зерна хорошо усваивается за счет большого содержания клетчатки.

Щербет с конопляным белком, изображенный на рисунке, является полностью безопасным продуктом на основании Федерального закона «О техническом регламенте на кондитерскую продукцию». [5]



**Рисунок - Щербет с конопляным белком**

А именно, основываясь на приложения, указанные в данном регламенте, следует, что показатели безопасности данного продукта: токсичные элементы (свинец – 1,0 мг/кг, мышьяк – 1,0 мг/кг, кадмий – 0,1 мг/кг, ртуть – 0,01 мг/кг), микотоксины (афлотоксины В<sub>1</sub> – 0,005 мг/кг), радионуклиды (цезий-137 – 160 Бк/кг, стронций – 100 Бк/кг).

Микробиологические показатели щербета:

- КМАФВМ не более  $5 \times 10^3$  КОЕ/г;
- БГКП (колиформы) не допускается в 0,1 г готового продукта;
- Патогенные, в т.ч. сальмонеллы не допускаются в 25 г готового продукта;
- Дрожжи не более 100 КОЕ/г;
- Плесени не более 100 КОЕ/г.

Таким образом, данный продукт является не только полезным из-за содержания в нем конопляного белка, в котором содержатся необходимые для организма аминокислоты, витамины и микроэлементы, но и является безопасным по всем показателям.

### **Библиографический список**

1. Использование кедровых орехов в производстве щербета. Толмачева Т.А., Турчак К.А. Инновационные технологии в АПК: материалы Международной научно-практической конференции 21-23 ноября 2018 г. / под общ. ред. В.А. Бабушкина. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2018. – 353 с.
2. Технология отрасли: технология кондитерских изделий: Учебное пособие, 1-е изд./ сост.: Толмачева Т. А., Николаев В. Н. – Издательство: Лань. 2019. С.132
3. Растительное сырье – обогатитель кондитерских изделий: обработка и влияние на качество. Толмачева Т.А. Доклады ТСХА: Сборник статей. Вып.290. Ч. I. М.: Издательство РГАУ-МСХА, 2018. 331 с.
4. Дж. Гамильтона-Ривза «Сравнение молочного и соевого протеина в контексте синтеза мышечного белка у молодых и пожилых людей». <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19524224>.
5. Федеральный закон 184-ФЗ «О техническом регламенте на кондитерскую продукцию».

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 6-ФЕНИЛ-НИДО-6-КАРБАДЕКАБОРАТА И  
АРАХНО-6-КАРБАДЕКАБОРАТА ТЕТРАЭТИЛАММОНИЯ С  
RuCl<sub>2</sub>(PPh<sub>3</sub>)<sub>3</sub>**

*Коноплев Виталий Евгеньевич, доцент кафедры инженерной химии  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** В работе показано, что взаимодействие RuCl<sub>2</sub>(PPh<sub>3</sub>)<sub>3</sub> (**1**) с [6-Ph-нидо-6-СВ<sub>9</sub>Н<sub>11</sub>]<sup>-</sup>[Et<sub>4</sub>N]<sup>+</sup> (**2**) в условиях термолиза приводит к серии новых металлокарборановых комплексов, в то время как взаимодействие **1** с [арахно-6-СВ<sub>9</sub>Н<sub>14</sub>]<sup>-</sup>[Et<sub>4</sub>N]<sup>+</sup> (**3**) протекает селективно и приводит к образованию только одного продукта.

**Ключевые слова:** комплексы рутения, нидо-, арахно-, пилео-, изоклозо-металлокарборан, кластер, борорганические соединения.

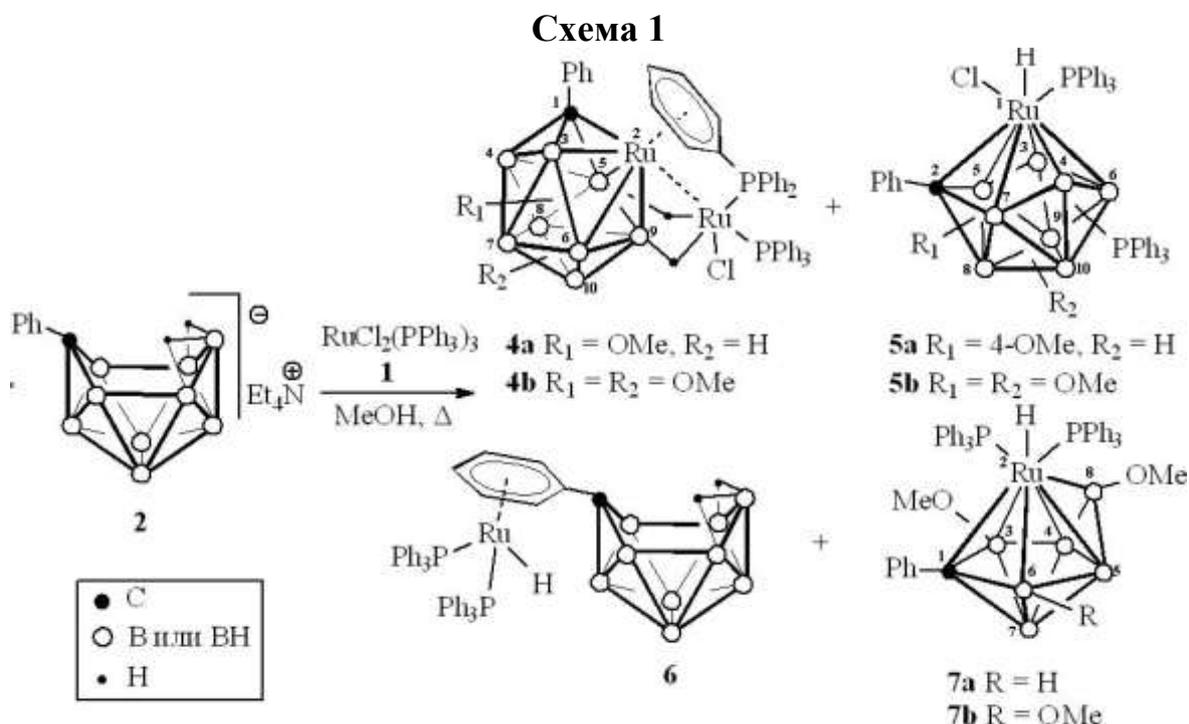
Ранее нашей группой вместе с соавторами было найдено, что под действием электронодефицитного комплекса трис(трифенил)осмийдихлорида OsCl<sub>2</sub>(PPh<sub>3</sub>)<sub>3</sub> происходит «полиэдрическое сжатие» 10-вершинных нидо- и арахно-карборанов **2** и **3** [1]. В данной работе нами изучено влияние 16-электронного комплекса **1** на эти же карбораны. Оказалось, что в реакции **2** с рутениевым комплексом образуются кластеры классического и неклассического типа с различным количеством вершин в каркасе. В то время как взаимодействие **1** и **3** протекает достаточно селективно, и в качестве продуктов были выделены только 10-вершинные электронодефицитные комплексы.

При кипячении в метаноле **1** с 10-вершинным моноуглеродным нидо-карбораном **2** образуются новые 10- и 8-вершинные кластеры (**4-7**) с общим выходом ~24% (схема 1).

Так, бирутенакарбораны 1-Ph-2-[5,9-экзо-RuClPPh<sub>3</sub>(μ,η<sup>6</sup>-C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>PPh<sub>2</sub>)]-5,9-(μ-H)<sub>2</sub>-клозо-2,1-RuCB<sub>8</sub>H<sub>5</sub>(OMe) (**4a**) и 1-Ph-2-[5,9-экзо-RuClPPh<sub>3</sub>(μ,η<sup>6</sup>-C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>PPh<sub>2</sub>)]-5,9-(μ-H)<sub>2</sub>-клозо-2,1-RuCB<sub>8</sub>H<sub>4</sub>(OMe)<sub>2</sub> (**4b**), различающиеся числом метокси-групп, согласно спектрам ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>31</sup>P{<sup>1</sup>H}, <sup>11</sup>B/<sup>11</sup>B{<sup>1</sup>H} имеют геометрию двухшапочной тетрагональной антипризмы и относятся к классическим 10-вершинникам (22 скелетных электрона). В молекулах этих комплексов один из атомов Ru координирует один хлорный и два трифенилфосфиновых лиганда, образуя фрагмент экзо-RuClPPh<sub>3</sub>(PPh<sub>2</sub>-μ,η<sup>6</sup>-C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sup>+</sup>, который связан с карборановым остовом посредством двух B-H...Ru связей с участием атомов бора, находящихся в α- и β-положениях относительно атома углерода.

В спектрах ЯМР <sup>1</sup>H **4a,b** имеется набор широких сильнополюсных сигналов, соответствующих мостиковым протонам B-H...Ru-групп (δ -3.34, -16.34 и -3.30, -15.83 м.д. для **4a** и **4b** соответственно). Как видно, химические сдвиги мостиковых атомов H сильно различаются.

Аналогичное явление ранее наблюдалось в "трехмостиковых" *экзо-нидо*-осмакарборанах, *экзо-нидо*-5,6,10-[Cl(Ph<sub>3</sub>P)<sub>2</sub>Os]-5,6,10-(μ-H)<sub>3</sub>-10-H-7-R-8-R<sup>1</sup>-7,8-C<sub>2</sub>B<sub>9</sub>H<sub>6</sub> (R, R<sup>1</sup> = H, Alk) [2], где было строго доказано, что слабopольный сигнал связи B-H...Os соответствует мостиковому атому водорода, который занимает *транс*-положение относительно связи Os-Cl в октаэдрическом окружении атома металла.



Кроме того, в спектрах ЯМР <sup>1</sup>H обоих комплексов присутствуют сигналы, характерные для координированного аренового лиганда: набор из хорошо разрешенных четырех мультиплетов в интервале δ 6.0-4.0 м.д., каждый из которых соответствует одному протону (пятый сигнал, как было установлено с помощью корреляционного спектра ЯМР [<sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H]) для **4b**, перекрывается с сигналами протонов некоординированных фенильных колец). Факт слабopольного смещения сигнала одного из атомов водорода мостикового μ,η<sup>6</sup>-фенильного лиганда объясняется его участием во внутримолекулярной водородной связи Ph-*o*-H...Cl. Также в спектрах ЯМР <sup>1</sup>H обоих комплексов присутствуют сигналы MeO-групп с δ 3.88 м.д. (**4a**) и 3.46, 3.86 м.д. (**4b**), каждый с относительной интенсивностью в 3H. Точное положение MeO-заместителей в **4a,b** не определено.

В реакции образуются наряду с биметаллическими и мооядерные 10-вершинные комплексы *изоклозо/гиперклозо*-строения: 1,3-(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-1-H-1-Cl-2-Ph-4-OMe-*изоклозо*-1,2-RuCB<sub>8</sub>H<sub>6</sub> (**5a**) и 1-PPh<sub>3</sub>-1-H-1-Cl-2-Ph-4-OMe-*изоклозо*-1,2-RuCB<sub>8</sub>H<sub>5</sub>(OMe)(PPh<sub>3</sub>) (**5b**), относящиеся к электронодефицитным 2*n* кластерам (20 скелетных электронов).

Комплексы **5a,b** имеют геометрию 10-вершинного полиэдра с карборановым лигандом {CB<sub>8</sub>}, замещенным одной (**5a**) или двумя (**5b**) MeO-группами и трифенилфосфином по борным атомам, а также фенилом по атому углерода.

Атом рутения в кластерах координирует шестичленную  $\{CB_5\}$ -поверхность карборана.

Комплексы имеют симметрию  $C_{3v}$  с атомом рутения, находящимся в аксиальном положении. Геометрия **5a,b** с *гексаганта* креслообразной конформацией карборана  $\{CB_8\}$  приводит к двум различным группам металл-кластерных расстояний. В молекулах этих соединений существуют три коротких расстояния от атома Ru до атомов C(2), B(3) и B(4) с кластерным координационным числом 4 и три более длинных расстояния до атомов B(5), B(6) и B(7) с координационным числом 5.

В спектрах ЯМР  $^{11}B$  комплексов **5a** и **5b** присутствуют три группы сигналов в интервале  $\delta -30 - +83$  м.д. Сигналы первой группы находятся в слабом поле ( $\delta +64 - +83$  м.д.) и в соответствии с [3] приписаны атомам B(3) и B(4), имеющим низкое координационное число равное 4. Поскольку один из сигналов проявляется в виде синглета, можно заключить, что соответствующий этому сигналу атом бора [B(3) или B(4)] имеет MeO-заместитель. Доказательством того, что в комплексах **5a** и **5b** одна из  $PPh_3$ -групп также находится у атома бора является наличие дублетного расщепления с  $^1J(P,B) = 160$  и  $138$  Гц соответственно у одного из сигналов в спектрах ЯМР  $^{11}B/^{11}B\{^1H\}$  этих соединений. Несмотря на присутствие в комплексах **5a** и **5b** двух различных  $PPh_3$ -групп (у атома металла и в карборановом лиганде), в спектрах ЯМР  $^1H$  сигнал терминального гидрида проявляется в виде уширенного дублета с константой спин-спинового взаимодействия (КССВ)  $^2J(P,H) = 63$  и  $43$  Гц соответственно. Однако в спектре ЯМР  $^1H\{^{11}B\}$  комплекса **5a** (с полной развязкой от  $^{11}B$ ) гидридный сигнал уже имеет форму дублета дублетов, и дальнюю константу спин-спинового взаимодействия  $^3J(P,H) = 16$  Гц удается экспериментально наблюдать. Положение трифенилфосфинового заместителя, а также второй метокси-группы в **5b** не определено.

В реакции с небольшим выходом был выделен цвиттер-ионный моноядерный комплекс  $6-[^6\eta^6-C_6H_5RuH(PPh_3)_2-нидо-6-CB_9H_{11}$  (**6**). Строение комплекса **6** установлено на основании спектров ЯМР  $^1H$  и  $^{31}P\{^1H\}$ . В спектре ЯМР  $^{11}B$  комплекса **6** в соответствии с симметрией  $C_s$  присутствует набор из шести сигналов с относительной интенсивностью 2:1:2:2:1:1. В спектре ЯМР  $^{31}P\{^1H\}$  присутствует один синглетный сигнал от двух эквивалентных  $PPh_3$ -групп с  $\delta 53,8$  м.д., а в спектре ЯМР  $^1H$  найден сильнополюсный широкий сигнал, соответствующий двум мостиковым (B-H-B) атомам водорода карборана ( $\delta -3.17$  м.д.) и триплетный сигнал терминального гидрида [ $\delta -9.95$  м.д.,  $J(P,H) = 38$  Гц].

Атом рутения  $\eta^6$ -координирует фенильную группу, находящуюся у атома углерода карборана, а также один гидридный и два трифенилфосфиновых лиганда. При этом карборановый лиганд сохраняет два мостиковых B-H-B водородных атома в том же положении, что и в исходном соединении **2**, т.е. формально сохраняет отрицательный заряд. Учитывая это, и, принимая во внимание, что атом рутения координирует лишь один ацидо-лиганд (терминальный гидрид), следует заключить, что комплекс **6** является цвиттер-ионным, а атом металла имеет формальную степень окисления +2. В литературе описан похо-

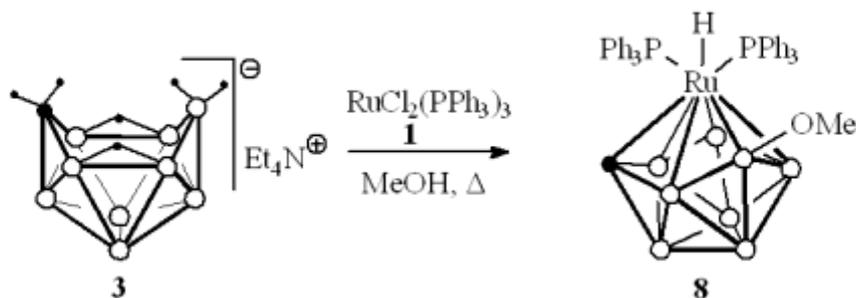
жий представитель этой группы цвиттер-ионных металлакарборанов 6- $[\eta^6\text{-C}_6\text{H}_5\text{RuH}(\text{PPh}_3)_2\text{-нидо-7,9-C}_2\text{B}_9\text{H}_{11}]$  [4].

В составе продуктов реакции обнаружена еще одна группа неординарных по своей структуре металлакарборанов, относящаяся к редким 8-вершинным *нилео*-кластерам с надстроенной над треугольной гранью борной вершиной. Методом колоночной хроматографии были выделены два соединения этого типа: 1-Ph-2,2-(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-2-H-3,8-(OMe)<sub>2</sub>-6-R-*нилео*-2,1-RuCB<sub>6</sub>H<sub>3</sub> [R = H (**7a**), R = OMe (**7b**)], которые, как видно из их кластерного строения, являются продуктами более глубокой деградации исходного карборана **2**.

Соединения **7a,b** были отнесены к этой группе комплексов на основании сравнительного анализа спектров ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>31</sup>P{<sup>1</sup>H}, <sup>11</sup>B/<sup>11</sup>B{<sup>1</sup>H}, масс-спектров и соответствующих спектров единственного известного незамещенного по углероду аналога 2,2-(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-2-H-3,6,8-(OMe)<sub>3</sub>-*нилео*-2,1-RuCB<sub>6</sub>H<sub>4</sub>, ранее полученного и охарактеризованного структурно в работе [5].

В отличие от предыдущей реакции, RuCl<sub>2</sub>(PPh<sub>3</sub>)<sub>3</sub> в аналогичных условиях селективно реагирует с моноуглеродным карбораном [*арахно*-6-CB<sub>9</sub>H<sub>14</sub>]<sup>-</sup>[Et<sub>4</sub>N]<sup>+</sup> (**3**), образуя в качестве единственного продукта 10-вершинный рутенакарборан 1,1-(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-1-H-3-OMe-*изоклозо*-1,2-RuCB<sub>8</sub>H<sub>7</sub> (**8**) с выходом 26% (схема 2).

### Схема 2



Строение **8** установлено из анализа спектров ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>31</sup>P{<sup>1</sup>H} и <sup>11</sup>B/<sup>11</sup>B{<sup>1</sup>H}. В спектре ЯМР <sup>1</sup>H присутствует сигнал атома водорода СН-группы карборанового лиганда (δ 7.83 м.д.), имеющий форму дублета с <sup>2</sup>J(P,H) = 10 Гц, и один синглетный сигнал MeO-группы (δ 4.03 м.д.). Сигнал терминального гидрида с δ -5.30 м.д. проявляется в виде уширенного дублета дублетов с <sup>2</sup>J(P<sup>a</sup>,H) = 22 Гц и <sup>2</sup>J(P<sup>b</sup>,H) = 46 Гц. В спектре ЯМР <sup>31</sup>P{<sup>1</sup>H} один из двух сигналов атомов фосфора трифенилфосфиновых лигандов является уширенным синглетом (δ 49.2 м.д.), а второй - дублетом (δ 35.9 м.д.) с <sup>2</sup>J<sub>AB</sub> = 15 Гц, вероятно, вследствие *транс*-расположения первого лиганда относительно одного из атомов бора карборанового фрагмента.

В спектрах ЯМР <sup>11</sup>B комплекса **8**, также как и в спектрах рутенакарборанов **5a,b** присутствует широкий синглетный сигнал (δ 83.1 м.д.) с удвоенной интенсивностью, отнесенный нами к двум координационно ненасыщенным атомам В(3) и В(4). Поскольку остальные сигналы в спектре имеют форму дублетов с обычными для них КССВ <sup>1</sup>J(B,H) в интервале 130 - 145 Гц, можно заключить, что MeO-группа находится именно у одного из этих атомов бора, В(3) или В(4) (положения эквивалентны).

Таким образом, в работе было показано, что взаимодействие *арахно*-карборана **3** с рутениевым комплексом **1** приводит к образованию только 10-вершинных 20-электронных кластеров, аналогично реакции с осмиевым комплексом. В то время как трансформация *нидо*-карборана происходит более сложно, и в качестве продуктов были выделены 8 и 10-вершинные кластеры классического типа, а также неклассические *пилео*- и *изоклозо/гиперклозо*-комплексы.

### Библиографический список

1. Konoplev, V.E., Pisareva, I.V., Vorontsov, E.V., Dolgushin, F.M., Franken, A., Kennedy, J.D., Chizhevsky, I.T. Ten-vertex osmamonocarboranes via arachno and nido {CB<sub>9</sub>} monocarbaboranes. Polyhedral contraction promoted by [OsCl<sub>2</sub>(PPh<sub>3</sub>)<sub>3</sub>] in MeOH and the crystal and molecular structure of [1-H-1,1-(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-2-Ph-3-(OMe)-isocloso-1,2-OsCB<sub>8</sub>H<sub>7</sub>] // Inorg. Chem. Commun. – 2003. - Vol. 6. - P. 1454-1458.
2. Коломникова, Г.Д., Петровский, П.В., Сорокин, П.В., Долгушин, Ф.М., Яновский, А.И., Чижевский, И.Т. Синтез, строение и изомерия «трехмостиковых» экзо-нидо-осмакарборановых кластеров // Изв. АН, Сер. хим. – 2001. - Т. 50. - № 4. - С. 677-686.
3. Kennedy, J.D. NMR in Inorganic and Organometallic Chemistry // Multinuclear NMR. Ed. Mason J. Plenum: London and New York. - 1987. - Chapter 8. - P. 221.
4. Chizhevsky, I.T., Yanovsky, A.I., Struchkov, Y.T. Semi-sandwich platinum metals metallacarboranes derived from nido-C<sub>2</sub>B<sub>9</sub>H<sub>12</sub><sup>-</sup>: Chemistry and structural studies // J. Organomet. Chem. – 1997. - Vol. 51. - P. 51-63.
5. Pisareva, I.V., Dolgushin, F.M., Yanovsky, A.I., Balagurova, E.V., Petrovskii, P.V., Chizhevsky, I.T. The first 8-vertex monocarbon metallacarborane with an “isolated” boron-capped pentagonal bipyramidal cage. Synthesis and molecular structure of capped closo-2,2-(Ph<sub>3</sub>P)<sub>2</sub>-2-H-3,6,8-(MeO)<sub>3</sub>-RuCB<sub>6</sub>H<sub>4</sub> // Inorg.Chem. – 2001. - Vol. 40. - P. 5318-5319.

УДК 604

### БАРОМЕМБРАННОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ГЛИКОЗАМИНОГЛИКАНОВ НА ПОЛУПРОНИЦАЕМЫХ МЕМБРАНАХ

*Лукина Ирина Васильевна, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* Статья посвящена исследованию баромембранному разделению гликозаминогликанов на полупроницаемых мембранах.

*Ключевые слова:* гепарин, хондроитинсульфат, ультрафильтрация, диафильтрация.

Ультрафильтрация – это баромембранный процесс разделения, в котором мембраны не пропускают частицы и растворенные макромолекулы размером свыше 0,003 мкм [1]. Ультрафильтрация на полупроницаемых мембранах является эффективным методом, широко используемым в процессах выделения, концентрирования и очистки ряда высокомолекулярных (ВМС) биологически активных веществ. Применение ультрафильтрации в этих процессах основано на способности полимерных полупроницаемых мембран пропускать низкомолекулярные примеси, отделяя целевой высокомолекулярный продукт.

В ряде случаев, например, при выделении и очистке гликозаминогликанов (ГАГ) ультрафильтрация показывает хорошие результаты и является предпочтительной, поскольку применение других методов, таких как метод дробного осаждения, упаривание разбавленных растворов в вакууме или вымораживание, может приводить к снижению чистоты и биологической активности, например гепарина [2].

В настоящей работе показана возможность использования ультрафильтрации для выделения Na- солей ГАГ из водно-солевых растворов.

В качестве объекта исследования использовали элюаты гепарина и хондроитинсульфата, получаемые с анионообменных смол.

Ультрафильтрацию растворов проводили в мембранных фильтрах с мешалкой ФМ-02 и многокамерном аппарате кассетного типа под давлением 0.1-0.4 МПа. При исследовании использовали ацетилцеллюлозные мембраны с различными молекулярно-массовыми пределами задерживания, такие как, Владипор УАМ-50-500, пористостью 72-85%, средним диаметром пор 4-48 нм, и мембраны из сополимеров N - винилпирролидона с метилметакрилатом МВ, пористостью 75% и средним диаметром пор 15 нм. В работе использовали Na - гепарин активностью 135 ЕД/мг и активностью 155 ЕД/мг, а также ХС с ММ 10-14 кДа.

Количественное содержание ГАГ в растворе определяли спектрофотометрическим методом, при длине волны 442 нм с красителем акридиновым желтым. Биологическую активность гепарина и его растворов определяли по стандартной методике [3], молекулярную массу - вискозиметрическим методом. Анализ зависимости удельной активности пермеата, получаемого при ультрафильтрации растворов Na- гепарина через мембраны Владипор с различными порами, минимальная активность пермеата наблюдается в случае применения мембран с номинальным диаметром пор 15-20 нм. При больших размерах пор, удельная активность пермеата возрастает за счет увеличивающегося проникновения макромолекул ГАГ, обладающих высокой биологической активностью. Для мембран с меньшим диаметром пор (менее 15 нм) также наблюдается некоторое увеличение потерь активности в пермеате. Это очевидно связано с гидродинамическим фактором, вызывающим большой длительности самого процесса ультрафильтрации. Так производительность мембран УАМ-50 по 2,5 н. раствору NaCl при 0,2 МПа составляет  $2,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{м}^2 \text{ с}$ , в то время УАМ-200  $0,27 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3 / \text{м}^2 \text{ с}$  и время, затрачиваемое на концентрирование растворов суще-

ственно больше в случае УАМ-50. Аналогичная зависимость наблюдается при ультрафильтрации ХС с молекулярной массой 10 -14 кДа.

Проведены исследования ультрафильтрации Na-гепарина на мембранах типа МВ с оптимальным для гепарина размером пор. Содержание гепарина в концентрируемом растворе с 500 ЕД / мл возрастает почти в 10 раз при степени концентрирования 15-20. Одновременно, содержание гепарина в пермеате при степени концентрирования 2-10 незначительно, составляя 30-60 ЕД /мл. При больших степенях концентрирования биологическая активность пермеата увеличивается, производительность мембран при этом уменьшается на 30-40%. В итоге, общее распределение активности в пермеате и концентрате 5000 ЕД /мл оказывается равным примерно 35 и 65% соответственно. Такая картина наблюдается для близких по характеристикам мембран МВ и УАМ-150, задерживающая способность по гепарину которых, примерно одинакова (снижается с 100% до 65% при концентрировании в 0-10 раз).

Мембраны типа УАМ-400 и 500 не позволяют концентрировать ГАГ с молекулярной массой 10-14 кДа, так как их задерживающая способность для них практически равна нулю.

В результате концентрирования и получения раствора гепарина 5000 ЕД /мл, концентрация NaCl остается практически равной исходной и достигает 2,1 моль/л. Дальнейшее уменьшение содержания хлорида натрия осуществляли в режиме диафильтрации, разбавляя сконцентрированный 5000 ЕД/мл раствор в два раза и фильтруя до первоначального объема. Изменение содержания гепарина в целевом растворе в зависимости от ступеней диафильтрации незначительно и не превышает 10% при  $n \leq 5$ .

Коммерческий гепарин, который получают из животного сырья и используемый для приготовления лекарственных форм, не является индивидуальным химическим соединением, а содержит в качестве примесей хондроитинсульфаты и ряд других ГАГ близких молекулярных масс.

Таблица

### Содержание основных компонентов при ультрафильтрации гепарина

Источник гепарина*	Гепарин -Na -1			Гепарин -Na -2		
	Сод.ХС, %	Сод. гепарина %	Удел. Биол. акт, ЕД/мл	Сод.ХС, %	Сод.гепарина, %	Удел. Биол. акт, ЕД/мл
Исход. Гепарин-сырец	20	60	135	23	59	155
Гепарин из сконцентр.ра-ра	20	66	140	20	52	147
Гепарин из пермеата	17	73	151	13	55	160

\*-Образцы получены осаждением этанолом

Как видно из таблицы, процесс ультрафильтрации практически не изменяет содержание основных биологических компонентов гепарина, что подтверждает возможность ультрафильтрационного выделения и очистки гепарина с последующим использованием для медицинских целей.

Таким образом, в результате ультрафильтрации можно получить растворы с концентрацией гепарина до 5000 ЕД/мл и выше, со строго заданным содержанием примесных неорганических солей. Такие растворы могут быть использованы для получения субстанции гепарина и других ГАГ.

### **Библиографический список**

1. Орлов Н.С. Ультра и микрофильтрация. Учебное пособие. М.РХТУ им. Менделеева, 2014.3-4с.
2. Порцель М.Н., Новиков В.Ю. Применение процесса ультрафильтрации для очистки хондроитинсульфатов, выделенных из морских гидробионтов. Вестник МГТУ, том 15, №1, 2012 г. стр.114-117.
3. Фармокоп.рф. ОФС.1.8.2.003.15. Определение активности факторов свертывания крови.

УДК 378.096

## **90 ЛЕТ ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ НА ФАКУЛЬТЕТЕ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ ТИМИРЯЗЕВКИ**

*Белопухов Сергей Леонидович, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Старых Светлана Эдуардовна, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** Физическая и коллоидная химия как отрасль знаний необходима для студентов аграрных вузов страны. Показан путь развития кафедры физической и коллоидной химии в Тимирязевской академии и роль этой дисциплины на современном этапе развития университета. Особое внимание уделяется преподаванию химии в новом тысячелетии.*

***Ключевые слова:** кафедра физической и коллоидной химии, история кафедры, факультет почвоведения, агрохимии и экологии*

В начале 20 века физическая и коллоидная химия была ведущей областью в химии. Недаром среди первых лауреатов Нобелевской премии по химии более половины были физикохимиками – Якоб Вант-Гофф, Сванте Аррениус, Вильгельм Оствальд, Вальтер Нернст и другие ученые. Разделы, которые сегодня входят в курс «Физической и коллоидной химии» начал читать в Тимирязевской академии академик И.А. Каблуков, научные исследования которого были посвящены электрохимии неводных растворов, методу термического анализа для изучения взаимного обмена солей в расплавах, физико-химическому ана-

лизу и химии минеральных удобрений, комплексным соединениям. По учебникам и учебным пособиям И.А. Каблукова «Основные начала физической химии», «Правило фаз» (совместно с Е.Н. Гапоном и М.А. Гриндель), «Термохимия» обучались студенты аграрных и химических ВУЗов страны [1].

В развитии физической и коллоидной химии в 20-х 30-х годах прошлого века принимали участие выдающиеся химики Тимирязевской академии - М.А. Гриндель, Н.Я. Заозерский. Академик Н.Я. Демьянов разработал курс «Физико-химические основы биологической и агрономической химии». Академик В.Р. Вильямс занимался проблемами физики и химии почв, дал систематику дисперсных систем и был инициатором создания в 1930 году кафедры физической и кафедры коллоидной химии, которые были объединены в 1933 году. Новой кафедрой физической и коллоидной химии руководил профессор Е.Н. Гапон [2].

Е.Н. Гапон выполнил более 200 экспериментальных и теоретических работ по кинетике химических реакций, термодинамике процессов сорбции, хроматографии, физикохимии почв.

После скоропостижной смерти Е.Н. Гапона в 1950 г. обязанности заведующего кафедрой физической и коллоидной химии исполнял С.Н. Алешин. На кафедре были продолжены работы по физикохимии почв: была разработана методика определения ёмкости поглощения почв, адсорбции анионов, проведены работы по изучению почвенной кислотности, теории электролиза и др. Методика определения ёмкости поглощения почв, разработанная С.Н. Алешиним, вошла в ряд практических руководств по агрохимии и химии почв.

Под руководством С.Н. Алешина научная работа на кафедре развивается в трех направлениях. Научная группа под руководством доцента А.И. Курбатова занимается вопросами химии почвенных коллоидов. Особое значение уделяется изучению роли электростатического фактора в генезисе и мелиорации засоленных почв. В группе А.И. Курбатова работали М.М. Овчаренко, Н.А. Гурьева, В.В. Окорков, Рабиндра Натх (Индия), П.П. Гончаров, З.Р. Токов, Т.В. Шнее.

Второе научное направление – разработка диагностических показателей гумусного состояния почв в условиях техногенеза под руководством В.А. Черникова. В группе работали В.А. Касатиков, В.А. Раскатов, И.Г. Правдюлов, А.Ю. Томащук, С.Э. Старых, В.А. Кончиц, О.А. Птицина, О.А. Аристова. На основании данных физико-химических методов анализа были предложены диагностические показатели: отношение Н/С, О/С, показатель Z и другие, которые могут быть использованы в почвенном мониторинге.

Под руководством С.Н. Алешина проводились работы по изучению роли поверхностно-активных веществ в сельскохозяйственной практике, по изучению адсорбции атразина различными типами почв (М.В. Хлебникова, Л.П. Юдина).

В 1973 г. заведующим кафедрой был избран профессор доктор химических наук Р.А. Хмельницкий, которого по праву считают одним из основателей

органической масс-спектрометрии в стране. Для студентов сельскохозяйственных ВУЗов Р.А. Хмельницкий пишет учебники – «Физическая и коллоидная химия» (1988 г.) и «Современные методы исследования сельскохозяйственных объектов» (1981 г.) [3].

В эти годы кафедра сотрудничает с почвенным факультетом МГУ им. М.В. Ломоносова, Почвенным институтом им. В.В. Докучаева. Учебные и научные лаборатории кафедры оснащаются современными приборами для проведения физико-химических исследований объектов агроферы. И сегодня каждая задача лабораторного практикума построена таким образом, что студенты выполняют небольшую научно-поисковую работу. Лабораторные работы практикума охватывают основные разделы физической и коллоидной химии: потенциометрия, электрическая проводимость растворов, термохимия, адсорбция, определение окислительно-восстановительного потенциала, электрофорез, кулонометрия, спектрофотометрия и др.

Достигнуты значительные успехи в области исследования гумусовых соединений почв. Впервые проведены исследования фракции гуминовых и фульвокислот различных типов почв государств СНГ с применением комплекса методов физико-химического анализа, на основании данных термического анализа показана разнокачественность стабильных и нестабильных фрагментов ГК и ФК, а также предложен количественный показатель для оценки соотношения этих фрагментов в гумусовых соединениях, впервые разработана высокоинформативная методика анализа структурно-группового состава кислород- и азотосодержащих соединений гумусовых кислот с помощью ПМС.

В 1994 г. на должность заведующего кафедрой был избран профессор А.И. Курбатов, занимавшийся исследованиями и ролью электростатического фактора в генезисе и мелиорации солонцов. Основной научной проблемой, которой занимался в этот период коллектив кафедры, было изучение состава и строения почвенного поглощающего комплекса с широким использованием физико-химических методов анализа.

В исследованиях сотрудников кафедры было установлено, что при величине электрокинетического потенциала 18-22 мВ размеры почвенных частиц близки к размерам коллоидных частиц. При этом, чем выше электрокинетический потенциал, тем более устойчивой является коллоидная система. Это имеет важное значение в почвоведении, так как почвы, имеющие значительное количество коллоидных частиц, например, солонцы, характеризуются слабыми водно-физическими свойствами. Мелиорация солонцов рассчитана на улучшение их водно-физических свойств, т.е. на уменьшение величины дзета-потенциала коллоидов и их последующую коагуляцию. Разработан метод расчета дозы мелиорантов по величине дзета-потенциала. Сотрудниками кафедры установлено, что наиболее эффективными являются дозы, рассчитанные по снижению дзета-потенциала до величины ниже критической – 18 мВ.

Опытный коллектив сотрудников кафедры вошел с энтузиазмом в новый 21 век. С 2002 по 2007 год кафедрой руководила профессор Старых С. Э. -

специалист в области исследования гумусового состояния почв, ученица профессора Черникова В.А. Кафедра большое внимание в этот период уделяла учебно-методической работе, введению в лабораторный практикум новых научно-практических работ. Сотрудниками кафедры были разработаны и выпущены рабочие программы и рабочие тетради для занятий с учетом специфики каждого их факультетов академии, обновленные методические пособия и рекомендации, вышла новая редакция «Практикума по физической и коллоидной химии» (2007). В модернизации лабораторного практикума большая заслуга Булычева Сергея Николаевича. Научная работа кафедры получила отражение в успешной защите кандидатских диссертаций Шнее Т.В. (рук. Курбатов А.И.) и Федоровой Т.А. (рук. Старых С.Э.).

С 2007 года заведующим кафедрой был избран профессор, доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный изобретатель Российской Федерации, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники Белопухов Сергей Леонидович. На кафедре продолжились исследования по изучению гумусового состояния различных типов почв, изучению химического состава продукции растениеводства и животноводства, физико-химических, физико-механических характеристик натуральных и синтетических волокон, новых материалов на их основе, разработка новых высокоэффективных защитно-стимулирующих комплексов для растениеводства, решались задачи по глубокой переработке целлюлозосодержащих отходов растениеводства. Коллективом кафедры опубликовано более 10 монографий, более 20 учебных пособий, справочников, лабораторных практикумов.

Сплоченный коллектив сотрудников кафедры – профессор Белопухов С.Л., профессор Старых С.Э., доценты Немировская И.Б., Шнее Т.В., Семко В.Т., преподаватели Федорова Т.А., Будажапова М.Ж., Моргунов А.В. - принимал участие в выполнении федеральных целевых и государственных программ развития сельского хозяйства. Практическим результатом явились разработки наукоемких технологий производства и высокоэффективной переработки льняного волокна, в т.ч. производство из волокна высококачественных сорбентов и кормовых добавок для крупного рогатого скота, использования модифицированного льноволокна для производства целлюлозы, биокompозитов, защитно-стимулирующих комплексов. Показано, что произведенная с использованием защитно-стимулирующих комплексов сельскохозяйственная продукция обладает повышенными качественными характеристиками.

Оригинальность и научная новизна разработок, полученных при участии сотрудников кафедры за последнее десятилетие, подтверждены 30 патентами на изобретения. По результатам работ опубликовано более 400 статей в международных и академических журналах, сборниках и материалах конференций. Разработанные материалы, изделия и технологии, демонстрировались на международных (Беларусь, Болгария, Казахстан, Китай, Польша, Россия) и федеральных выставках-ярмарках, где были удостоены 11 золотых, 2 серебряных и одной бронзовой медалей, отмечены более 40 дипломами.

Кафедра активно участвует в инновационном образовательном проекте. Разработаны учебно-методические комплексы по курсу «Физическая и коллоидная химия», «Физико-химические методы исследований биологических объектов», «Химическая сертификация сельскохозяйственной продукции», «Нанотехнологии и наноматериалы в сельском хозяйстве». На кафедре с 2010 года проходят обучение студенты магистратуры по направлению «Агрохимия и агропочвоведение» по программе «Химико-токсикологический анализ и оценка объектов агросферы».

Студенты разных курсов и факультетов, аспиранты участвуют в выполнении научно-исследовательских работ, непосредственно связанных с научными интересами кафедры. На студенческих научных конференциях РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, всероссийских и международных конференциях многие работы студентов и аспирантов занимают призовые места. Лучшие научно-практические работы студентов на всероссийских выставках НТТМ на ВДНХ отмечены Золотыми медалями ВВЦ (Гришина Е.А., Сушкова Л.О.) и дипломами ВВЦ (Яшин М.А., Орджоникидзе К.Г., Перова В.Н.).

За время работы кафедры сотрудниками опубликовано более 1000 научных работ. Защищено четыре докторских и более 60 кандидатских диссертаций.

### **Библиографический список**

1. Пржевальский Н.М., Белопухов С.Л. "Известия Петровской земледельческой и лесной академии" и химические науки // Известия ТСХА. 2017. № 6. С. 169-183

2. Баутин В.М., Белопухов С.Л. Евгений Никитич Гапон. Материалы к биобиблиографии / Москва, 2016. Сер. Выдающиеся ученые (выпускники, профессора) Петровской (Тимирязевской) академии, Российского государственного аграрного университета - МСХА имени К.А. Тимирязева. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 70 с.

3. Белопухов С.Л., Старых С.Э. Кафедра физической и коллоидной химии // Агрохимический вестник. 2009. № 1. С. 19-20.

4. Пржевальский Н.М., Черников В.А., Белопухов С.Л. Профессор Рюрик Аркадьевич Хмельницкий (к 90-летию со дня рождения) // Известия ТСХА. 2019. № 2. С. 150-151.

## XXI МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ СЪЕЗД ПО ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ. ОТЧЕТ ПРОФЕССОРОВ КАФЕДРЫ ХИМИИ

*Пржевальский Николай Михайлович, профессор кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Смарыгин Сергей Николаевич, профессор кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** *Описано участие профессоров кафедры химии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева в важнейшем международном форуме химиков - XXI Менделеевском съезде, посвященном Международному году Периодической таблицы химических элементов.*

**Ключевые слова:** *Менделеевский съезд, периодическая таблица химических элементов, Д.И. Менделеев, мультикомпонентные реакции, бромпроизводные пирано[3,2-с]пиридонов, история преподавания химии.*

18 марта 1869 года (6 марта по старому стилю) на заседании Русского химического общества профессор Императорского Санкт-Петербургского университета Н.А. Меншуткин сделал сообщение о создании Дмитрием Ивановичем Менделеевым Периодической таблицы химических элементов. Это научное открытие нашего знаменитого соотечественника является одним из важнейших научных достижений российских ученых за всю историю существования науки в нашей стране. В ознаменование заслуг великого русского ученого 2019 год – год 150-летия сделанного Д.И. Менделеевым открытия объявлен Международным годом Периодической таблицы химических элементов. Такое решение было зафиксировано резолюцией Генеральной ассамблеи ООН от 20 декабря 2017 года. Здесь нужно отметить, что в официальном названии Международного года периодической таблицы нет имени Д.И. Менделеева, тем не менее, его профиль украшает официальную эмблему этого международного события.



Рисунок 1 – Эмблема Международного года Периодической таблицы

Официальная церемония открытия Международного года Периодической таблицы химических элементов состоялась 29 января в парижской штаб-квартире специализированного учреждения Организации Объединённых Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО). С приветствиями выступили генеральный директор ЮНЕСКО Одрэ Азуле, министр науки и высшего образования РФ М.М. Котюков, президент академии наук Франции Пьер Корволь, генеральный директор компании «Фосагро» А.А. Гурьев. В этом мероприятии приняли участие руководители международных научных, образовательных и общественных организаций более чем из 80 стран.

В нашей стране церемония открытия Международного года Периодической таблицы прошла в Москве, в здании Президиума Российской академии наук 6 февраля 2019 г. в преддверии 185-й годовщины со дня рождения Д.И. Менделеева. Великий русский ученый родился 8 февраля 1834 г. (28 января по старому стилю). Недалеко от 6 февраля находится и день, который считают днем создания периодической таблицы - 1 марта (17 февраля) 1869 г. С открытием Международного года собравшихся поздравил Председатель Правительства Российской Федерации и Председатель комиссии по его организации и проведению Дмитрий Анатольевич Медведев.

Кульминацией празднования Международного года периодической таблицы химических элементов стал XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Менделеевские съезды были учреждены и начали проводиться в России по инициативе Русского физико-химического общества (РФХО) в память Д. И. Менделеева с 1907 года, года его кончины. Менделеевские съезды – крупнейшие по числу участников и наиболее авторитетные международные научные форумы, которые объединяют химиков, работающих во всех областях этой науки, химического производства и образования. Обсуждаются на Менделеевских съездах и проблемы смежных с химией отраслей науки и производства, в том числе и аграрной науки, и сельскохозяйственного производства и образования.

Рекордный по многим показателям XXI Менделеевский съезд проходил с 9 по 13 сентября 2019 года в Санкт-Петербурге. Съезд открыл президент Российской академии наук А.М. Сергеев, который зачитал приветственное послание президента РФ В.В. Путина. Председатель Правительства Российской Федерации Дмитрий Анатольевич Медведев лично приветствовал участников и гостей съезда. Он отметил, что поддержка перспективных исследований и талантливых ученых является государственным приоритетом страны.

Власти города на Неве уделили большое внимание празднику российской науки. Улицы Санкт-Петербурга были украшены афишами Менделеевского съезда. Для проведения съезда был выделен недавно построенный, прекрасно оборудованный многофункциональный студенческий комплекс «Горный», расположенный на Васильевском острове. Здесь проходили регистрация участников, церемония открытия съезда и работа большинства секций.

Научная программа съезда состояла из 10 секций, 5 англоязычных симпозиумов, молодёжной конференции и 4 круглых столов.

Отдавая дань памяти почетного члена Петровской земледельческой и лесной академии Д.И. Менделеева [1, 2], в нем приняли участие и профессора кафедры химии нашего университета Н.М. Пржевальский и С.Н. Смарыгин.

Профессор Н.М. Пржевальский участвовал в работе секции «Фундаментальные проблемы химической науки» с докладом «Молекулярное моделирование новых производных триптамина». Работой секции руководили академики РАН М.П. Егоров и С.М. Алдошин.

В докладе Н.М. Пржевальского [3] (соавторы Г.П. Токмаков, Р.К. Лайпанов, Д.А. Вершинкин) содержались последние экспериментальные и теоретические данные, полученные при изучении мультикомпонентных реакций, которые позволяют в одну стадию конструировать сложные органические соединения. С помощью реакции между триптамиминами, ароматическими альдегидами и малонитрилом были синтезированы новые гетероциклические молекулы, содержащие триптаминовый и пиранопиридоновый фрагменты [4]. Сравнение данных рентгеноструктурного анализа целевых соединений с известной пространственной структурой модельного противоопухолевого препарата камптотецина позволили провести докинг (молекулярное моделирование) синтезированных веществ и предсказать для них антипролиферативную активность.



**Рисунок 2 – Открытие работы секции «Химическое образование» в актовом зале химического факультета Санкт-Петербургского университета»**

Доклад профессора С.Н. Смарыгина «Периодический закон Д.И. Менделеева – фундамент преподавания химии в аграрной высшей школе» был представлен на секции «Химическое образование». Работа секции «Химическое образование» проходила в Санкт-Петербургском государственном университете, в знаменитом здании двенадцати коллегий, где многие годы жил и работал Д.И. Менделеев. Работой секции руководил член-корреспондент РАН О.И. Койфман (рис.2).

В докладе С.Н. Смарыгина [5] проанализирована история постоянно возраставшего влияния периодической таблицы Д.И. Менделеева на содержание и методику преподавания неорганической и аналитической химии сначала в Московском сельскохозяйственном институте, затем в Московской сельскохозяйственной академии имени К.А. Тимирязева и ныне в Российском государственном аграрном университете – МСХА имени К.А. Тимирязева. Подчеркнута связь содержания учебников и учебных пособий по неорганической химии для аграрной высшей школы с самыми актуальными на каждом историческом этапе достижениями в изучении строения атома, его электронных оболочек и атомного ядра, а также в синтезе новых радиоактивных элементов. С этой целью представлены примеры из учебников И.А. Каблукова, И.Н. Заозерского, Г.П. Хомченко и И.К. Цитовича, Д.А. Князева и С.Н. Смарыгина. Отмечена необходимость и пути изменения дидактических приемов объяснения студентам структуры и способов использования периодической таблицы химических элементов Д.И. Менделеева в свете рекомендованной ИЮПАК новой, длинно-периодной формы периодической таблицы. Рекомендовано отмечать при чтении лекций и проведении практических занятий достижения российских ученых имени, которых увековечены в периодической таблице.

### **Библиографический список**

.Пржевальский, Н.М. Д.И. Менделеев и учёные Петровской земледельческой и лесной академии / Н.М. Пржевальский // Сборник материалов Первых бекетовско-менделеевских чтений. – М., 2015 – С. 67-80.

2. Смарыгин, С.Н. Преподавание периодического закона и периодической системы Д.И. Менделеева в Тимирязевской академии. История и современность / С.Н. Смарыгин // Периодическая таблица химических элементов: теория и практика преподавания. Материалы межвузовского научно-практического семинара. – Орел, 2019 – С. 118-123.

3. Пржевальский, Н.М. Молекулярное моделирование новых производных триптаминов / Н.М. Пржевальский, Г.П. Токмаков, Р.К. Лайпанов, Д.А. Вершинкин // XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. В 6 т. : тез. докл. Т. 1. Фундаментальные проблемы химической науки. – Санкт-Петербург, 2019 – С. 273.

4. Пржевальский, Н.М. Синтез потенциально цитотоксических бромпроизводных пирано[3,2-с]пиридонов / Н.М. Пржевальский, Р.К. Лайпанов, Г.П. Токмаков, Е.Н. Рожкова, Е.Н. // Известия ТСХА. – Вып. 3. – 2017. – С. 146-158.

5. Смарыгин, С.Н. Периодический закон Д.И. Менделеева – фундамент преподавания химия в аграрной высшей школе / С.Н. Смарыгин // XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. В 6 т. : тез. докл. Т. 4. Химия ископаемого и возобновляемого углеводородного сырья. Аналитическая химия: новые методы и приборы для химических исследований и анализа. Химическое образование. – Санкт-Петербург, 2019 – С. 440.

## ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ КОСТРЫ КОНОПЛИ И ЛЬНА РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ГУМИФИКАЦИИ

*Старых Светлана Эдуардовна, профессор кафедры химии ФГБОУ ВО  
РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Миколок Иван Викторович, магистр*

**Аннотация:** Показано, что элементный состав гумусовых веществ костры конопли и льна неодинаков и зависит от качества растительного материала. Содержание углерода варьирует в пределах 29,0 – 32,1 ат.%; водорода – 39,8 – 44,2 ат.%; азота – 1,1 – 2,6 ат.% и кислорода – 22,0 – 27,2 ат.%. Выявлено, что содержание азота в составе препаратов гумусовых кислот льна в 1,5 и 2 раза выше по сравнению с аналогичными препаратами гумусовых кислот конопли. Независимо от природы сырья, теплоты сгорания гумусовых веществ снижаются в процессе гумификации. Направленность процессов трансформации гумусовых веществ, строго индивидуальна. Доминирующими процессами при гумификации костры конопли являются - гидратация, окисление и частичное метилирование. Основным процессом, вызывающим гумификацию костры льна является диметилирование при частичном развитии процессов гидратации, окисления и карбоксилирования.

**Ключевые слова:** элементный состав, гумусовые кислоты, костра конопли и льна, трансформация гумусовых кислот.

Сохранение, воспроизводство и поддержание плодородия почвы, является исключительно важной задачей в условиях современного земледелия. В последнее время появилась тенденция применения помимо традиционных систем удобрений, различных сырьевых ресурсов, характеризующихся агрономически ценным химическим составом. Одним из таких ресурсов являются целлюлозосодержащие (до 35-40%) отходы производства переработки прядильных культур (лен, конопля, джут и др.), которых ежегодно остается до 40-50 ц/га. Отходы АПК, в целом, используются нерационально. Биомасса либо складывается в отвалах, либо сжигается, что приводит к загрязнению окружающей среды. При этом в массе растительных остатков под действием природно-климатических факторов и микробиоты развиваются процессы гумификации-минерализации, что приводит к образованию и накоплению гумусовых веществ.

В связи с вышесказанным, мы в своей работе ставили задачу изучить физико-химические свойства органического вещества костры, разной степени гумификации, для прогнозирования возможности и последствий применения данного материала в сельскохозяйственном производстве, что при дефиците и высокой стоимости традиционных удобрений делает данную тему актуальной.

Одним из основных методов количественного определения элементов в составе гумусовых кислот является элементный анализ, который служит для идентификации веществ, изучения изменений их количественного состава, составления простейших формул, а также для расчета атомных соотношений элементов (С/Н, С/О и С/Н).

Объектами исследования были выбраны образцы костры льна-долгунца – сорта Антей и конопли сорта ЮСО-31, разной степени гумификации.

Препараты гумусовых веществ, были получены методом предельного экстрагирования 0,1н. NaOH по стандартной методике Д.С.Орлова без разделения на гуминовые и фульвокислоты, дабы избежать структурных изменений гумусовых веществ. Полученные экстракты центрифугировали при 20 000 об/мин, упаривали до небольших объемов при 50 °С и диализовали. Диализ прекращали при удельной электропроводности промывных вод  $4,0 \cdot 10^{-5}$  См · м. Жесткую очистку препаратов не проводили, допуская тот факт, что их зольность обусловлена экологическими условиями формирования растительной биомассы. Очищенные экстракты высушивали досуха в токе воздуха при 40 °С и растирали в порошок.

Элементный состав гумусовых веществ определяли на автоматическом анализаторе Hewlett Packard. Кислород вычисляли по разности. Так как различия в элементном составе наиболее четко выявляются, если содержание элементов представлено в атомных процентах, нами выбран этот способ обсуждения результатов. Степень окисленности гумусовых веществ ( $\omega$ ) рассчитывали по Д.С. Орлову [2]. По данным элементного анализа была проведена графостатистическая обработка по Д. ван Кревелену [5], определена брутто - формула гумусовых веществ и рассчитан запас энергии, содержащийся в них.

Гумусовые вещества представляют собой наиболее специфическую часть органического вещества, составляющую 80 - 90% от общего количества содержащихся в почве органических веществ. Все гумусовые вещества являются высокомолекулярными соединениями циклического строения, содержащими азот, и имеют кислотную природу. Главным источником гумусовых веществ в почве являются разнообразные растительные остатки.

Химический состав костры лубяных культур представлен следующими соединениями: целлюлоза – 37-58%; геммицеллюлоза – 26 – 35% (только в костре льна); лигнин – 35 – 39%, пентозаны – 23 – 26%; различные макро- и микроэлементы [3,4]. Следовательно, элементный состав гумусовых веществ, выделенных из костры, как и их структура, будут непостоянны и зависят только от качества растительного материала.

Элементный состав гумусовых веществ, выделенных из натуральной костры льна (*Linum usitatissimum* L.) (КНЛ) и конопли (*Cannabis sativa*) (КНК) и их гумифицированных аналогов (соответственно КГЛ и КГК), выражается в атомных процентах (таблица 1).

По данным элементного анализа, содержание углерода в атомных процентах, практически не изменяется в процессе гумификации для гумусовых ве-

ществ, экстрагированных из костры конопли. Для экстрактов костры льна, данный показатель находится в пределах 31,2 – 32,1%.

Таблица 1.

### Элементный состав препаратов гумусовых веществ

Атомные % на беззольное вещество				
Варианты опыта	С	Н	N	О
ГВ, экстрагированные из КНК	29,4	42,5	1,7	26,4
ГВ, экстрагированные из КГК	29,0	42,7	1,1	27,2
ГВ, экстрагированные из КНЛ	31,2	44,2	2,6	22,0
ГВ, экстрагированные из КГЛ	32,1	39,8	2,1	26,0

Содержание водорода для препаратов льна варьирует в пределах 44,2 – 39,8%, тогда как для препаратов конопли, независимо от степени гумификации изменение содержания данного элемента незначительно и составляет – 0,2%.

Содержание азота варьирует в пределах 2,6 – 2,1 % для препаратов льна и в пределах 1,7 – 1,1% для препаратов конопли. Обращает внимание тот факт, что содержание азота в составе препаратов гумусовых кислот льна в 1,5 и 2 раза выше по сравнению с аналогичными препаратами гумусовых кислот конопли. Незначительное уменьшение содержания азота в процессе гумификации можно объяснить трансформацией аминокислот, которые образуют непрочные связи с ядром гумусовых кислот. Наличие прочносвязанного азота в составе гумусовых веществ свидетельствует о том, что данные кислоты могут являться продуктами конденсации полифенолов, источником которых служат дубильные вещества, лигнин, аминокислоты и др. вещества, характерные для химического состава костры [4].

Известно, что лигнин, как один из наиболее распространенных природных полимеров, играет важную роль в формировании гумусовых кислот. При этом лигнин биологически малоактивен и использование его в качестве источника органического вещества в агроценозах возможно только после химической структурной модификации или дительного компостирования [1].

Иная картина наблюдается в отношении содержания кислорода. Исходное значение данного элемента составляет 26,4% для препарата гумусовых веществ конопли и 22,0% для ГВ льна. В процессе гумификации содержание кислорода в их составе увеличивается на 0,8 и 4,0%, соответственно.

Безусловно, в составе гумусовых веществ, помимо выше упомянутых элементов, присутствует сера, фосфор, ряд зольных элементов, что позволяет получить только общее представление об их строении.

Как известно, атомное отношение Н:С, О: С, С: N показывает число атомов данного элемента, приходящееся на один атом углерода. Следовательно, используя атомные отношения можно охарактеризовать степень развитости периферической части в структуре органического вещества, содержание кислородсодержащих функциональных групп, а также оценить роль азотсодержащих фрагментов в образовании гумусовых веществ. Для характеристики структурных особенностей гумусовых веществ в зависимости от условий их формирования, удобно использовать соотношение элементов (таблица 2).

## Характеристики гумусовых веществ по данным элементного анализа

	H/C	O/C	C/N	$\omega$	$C_{ал}$	Брутто формула	Теплота сгорания (кал/г)
ГВ, экстрагированные из КНК	1,45	0,90	17,29	+0,30	0,95	$C_{36}H_{51}O_{31}N_1$	2238,8
ГВ, экстрагированные из КГК	1,47	0,94	26,36	+0,38	0,97	$C_{39}H_{56}O_{27}N_3$	2027,6
ГВ, экстрагированные из КНЛ	1,42	0,71	12,00	-0,02	0,85	$C_{39}H_{56}O_{27}N_3$	3257,5
ГВ, экстрагированные из КГЛ	1,24	0,81	15,29	+0,38	0,89	$C_{37}H_{46}O_{54}N_6$	2751,8

Величина отношения H:C для всех вариантов опыта больше единицы, что указывает на замещенность ароматических колец и достаточную развитость боковых алифатических цепей. Обращает внимание тот факт, что природа исходного сырья не оказывает влияние на отношение H:C, тогда как процесс гумификации отходов льна вызывает значительное уменьшение данного показателя, что свидетельствует о более выраженной степени конденсированности углеродного скелета гумусовых веществ данного варианта.

Относительно низкие величины отношения O:C характерны для гумусовых веществ, экстрагированных из костры льна, причем количество кислорода приходящееся на один атом углерода увеличивается при гумификации отходов, что свидетельствует о обогащении их структуры кислородсодержащими группировками в процессе развития данного процесса.

Величина отношения C:N изменяется в довольно широких пределах, от 17,3 до 26,4 для конопли, и в более узких пределах - от 12,0 до 15,3 для льна. Судя по результатам, наиболее заметна роль азотсодержащих группировок в структуре гумусовых веществ натурального льна. В процессе гумификации растительных отходов происходит обеднение гумусовых веществ азотсодержащими группировками, на что указывает расширяющаяся величина отношения C:N. В первую очередь это касается препаратов, экстрагированных из костры конопли, для которых данный показатель увеличивается в 1,5 раза.

Для оценки соотношения доли алифатических и ароматических составляющих в структуре гумусовых веществ использовали уравнение Ван Кревелена. Полученные результаты (таблица 2) свидетельствуют о преобладании алифатических структур в составе гумусовых веществ конопли независимо от степени гумификации исходных образцов костры.

Гумусовые кислоты опытных образцов, кроме КНЛ относятся к окисленным соединениям ( $\omega =$  от +0,30 до +0,38), тогда как последние являются восстановленными ( $\omega = -0,02$ ) соединениями. Максимальное значение степени окисления характерно для гумифицированных образцов конопли и льна и равно +0,38.

Нами вычислены теплоты сгорания гумусовых веществ исследуемых образцов и установлена их брутто-формула. Наименьшим значением теплот сгорания характеризуются образцы конопляной костры (2238,8 ккал/г - 2027,64 ккал/г). Высшее значение этого энергетического показателя характерно для препарата костры льна натурального - 3257,5 ккал/г. Независимо от природы сырья теплоты сгорания гумусовых веществ снижаются в процессе гумификации.

Диаграмма атомных отношений Н/С – О/С показала, что процесс гумификации костры конопли осуществляется при развитии процессов гидратации, окисления и частичного метилирования. Основным процессом, вызывающим гумификацию костры льна является диметилирование при частичном развитии процессов гидратации, окисления и карбоксилирования.

### Библиографический список

1. Клёнов, Б.М. Элементный состав гуминовых кислот как индикатор экологической устойчивости почв/Б.М. Кленов// Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2013. - №2, том 4. С. 48-50.
2. Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М.: Изд-во МГУ, 1990.- 325 с.
3. Ускова Н.В., Черников В.А., Белопухов С.Л. Агроэкологическая оценка влияния длительного применения удобрений на гумусовое состояние дерново-подзолистой почвы // Известия ТСХА.- 2018. - №2.- С. 18-33.
4. Шигабаева, Г.Н. Элементный состав и содержание функциональных групп гуминовых веществ почв и торфов различного происхождения/Г.Н. Шигабаева// Вестник Тюменского государственного университета.- 2014. - № 12. Экология.- С. 45-53 с.
5. Van Krevelen D. Graphical-statistical method for the study of structure and reaction processes of coal //Fuel. – 1950. v. 29, № 12. – p.101-112.

УДК 543:546:378.63

### НЕОРГАНИЧЕСКАЯ И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ НА ФАКУЛЬТЕТЕ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ. НАЧАЛО ПУТИ

*Смарыгин Сергей Николаевич, профессор кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация: Описан начальный этап формирования курсов неорганической и аналитической химии для студентов факультета агрохимии и почвоведения, охватывающий период с 1929 по 1941 годы.*

*Ключевые слова: неорганическая химия, аналитическая химия, программа курса, высшее сельскохозяйственное образование, И.А. Каблуков.*

Ко времени создания факультета агрохимии и почвоведения история кафедры неорганической и аналитической химии насчитывала уже 54 года, не считая первого десятилетия существования объединенной кафедры химии с 1865 – 1875. За истекшие десятилетия был накоплен богатый опыт преподавания неорганической и аналитической химии студентам-аграрникам, который нашел свое отражение в учебнике И.А. Каблукова «Основные начала неорганической химии» [1]. В 1929 г. в Госиздате вышло в свет 9-е вновь переработанное и дополненное издание этого учебника.

Создание нового факультета, само название которого содержит корень «химия», потребовало усиления химической подготовки студентов, в частности, более фундаментального изучения ими дисциплин неорганическая химия и аналитическая химия. Реализация этих задач нашла свое конкретное выражение в программах курсов для нового факультета. Чтобы понять объем нововведений, можно сравнить общую для всей системы сельскохозяйственного образования СССР «Программу курса аналитическая химия для сельскохозяйственных вузов», вышедшую в свет в 1935 г. как «Издание главного управления вузов и техникумов», и «Программу курса аналитической химии для факультета агрохимии и почвоведения ТСХА», напечатанную в 1936 г. типографией Тимирязевской сельскохозяйственной академии.

Оба документа представляют несомненный интерес с точки зрения истории высшего сельскохозяйственного образования. На первой странице общей программы для сельхозвузов указано, что она «составлена кафедрой неорганической и аналитической химии ТСХА», что свидетельствует о неоспоримо ведущей роли, которую Тимирязевка играла в то время в системе сельскохозяйственного образования. После указания места подготовки программы приведен гриф. Привожу его с точным соблюдением особенностей написания, принятого в те годы: «Допущено ГлавВУЗ'ом на 1935/36 учебный год», а далее необычное для нашего времени явление – подпись руководителя, утверждающего гриф: «Нач. ГлавВУЗ'а НКЗ СССР Шефлер». Примечательная особенность той эпохи – персональная ответственность руководителя за принятое решение. Сразу понятно, с кого спрашивать за ошибки.

И еще небольшое пояснение для расшифровки названия должности товарища Шефлера. НКЗ СССР – это Народный комиссариат земледелия СССР, государственный орган в ранге министерства, а ГлавВУЗ – это главное управление высших учебных заведений и техникумов. Эта подпись свидетельствует о том, что в те годы Тимирязевка находилась в ведении отраслевого министерства, как и сейчас.

Вторая программа – программа, созданная для недавно образованного в то время факультета агрохимии и почвоведения, свидетельствует о большой самостоятельности, которой пользовалась в то время Тимирязевская академия. Недаром наш вуз был в то время единственным в системе аграрного образования, который назывался академией. Все остальные вузы назывались институтами.

Интересна пояснительная записка к этой программе, которая начинается с замечательной фразы: «Курс аналитической химии для факультетов (так в оригинале, во множественном числе, - прим. авт.) является не только базисной дисциплиной для изучения общенаучных и специальных дисциплин как физиология, микробиология, почвоведение, агрохимия, земледелие и проч., но и специальной дисциплиной, сообщаемой круг сведений и практических навыков для работы по специальности агрохимика-почвоведца в сельскохозяйственном производстве СССР».

Для подтверждения особого положения факультета агрохимии и почвоведения привожу сравнительную таблицу, составленную по данным таблиц «Распределение времени» из вышеназванных программ (табл. 1).

Таблица 1

### Сравнение часов аудиторной работы

Программа по аналитической химии	Число часов		
	Лекции	Лабораторные занятия	Всего
Для сельскохозяйственных вузов вообще	30	138	168
Для факультета агрохимии и почвоведения ТСХА	22	368	390

При знакомстве с данными этой таблицы бросается в глаза огромное число часов, отводимых на аналитическую химию для студентов факультета агрохимии и почвоведения, которое почти в два с половиной раза больше, чем для их коллег, обучающихся на других факультетах. Несколько меньшее число часов на лекции – это дань существовавшей еще в Петровской академии традиции переносить центр тяжести преподавания аналитической химии на лабораторные занятия, а знаменитый химик М.И. Коновалов, работая в Московском сельскохозяйственном институте с 1896 по 1899 г., читал вообще всего одну лекцию по аналитической химии – вводную, в начале изучения этой дисциплины.

Обе программы курсов аналитической химии подписаны одинаково: «Зав. кафедрой неорганической и аналитической химии, заслуженный профессор И.А. Каблуков». Надо отметить, что программа Главного управления вузов и техникумов Наркомзема СССР 1935 г. для факультетов агрохимии и почвоведения мало отличается от рассмотренной выше программы ТСХА.

И еще одно замечание – в то время не было специализированного учебника или учебного пособия по аналитической химии для сельскохозяйственных вузов.

Первые годы существования факультета агрохимии и почвоведения пришлось на эпоху Ивана Алексеевича Каблукова, который руководил кафедрой неорганической и аналитической химии с 1899 по 1942 г. С 1915 по 1930 г. лекционным ассистентом профессора Каблукова работал Иван Николаевич Заозерский, который в 1933 г. был утвержден в звании доцента по специальности неорганическая химия, а в 1938 г. – в ученном звании доцента по кафедре неорганической и аналитической химии и в ученой степени кандидата химических

наук без защиты диссертации. В 20-е гг. коллектив кафедры пополнился новыми преподавателями: выпускником Дерптского университета Александром Николаевичем Славяновым и выпускником Императорского Московского университета, бывшим ректором Рязанского педагогического института Павлом Ивановичем Процеровым. С 1930 г. преподавательский состав кафедры существенно изменился: на кафедру пришли окончившие Тимирязевскую академию Юрий Нилович Груздев, Федор Петрович Платонов, Василий Алексеевич Полосин, М.Н. Поспелов и выпускники Московского университета Георгий Арамович Тер-Шмаонов и Василий Александрович Рябков.

Эта замечательная плеяда преподавателей и сформировала традиции фундаментального химического образования на факультете агрохимии и почвоведения Тимирязевской академии.

Начиная с 1938 г. на программах по неорганической и аналитической химии появляется верхний колонтитул «СНК СССР. Всесоюзный комитет по делам высшей школы» и гриф «Утверждена Всесоюзным комитетом по делам высшей школы при СНК СССР», что свидетельствует о передаче сельскохозяйственных вузов из Наркомзема в ведение вышеназванного комитета. В это же время произошла унификация программ по неорганической и аналитической химии. В них исчезли таблицы с подробным распределением часов лекций и лабораторных занятий по разделам и темам.

Вместо этого в «Программе курса аналитическая химия для сельскохозяйственных вузов» появился следующий текст: «Программа лекций является общей для всех факультетов и рассчитана примерно на 16-30 часов. Лабораторные занятия студентов на различных факультетах строятся в соответствии с количеством часов, отводимых на курс аналитической химии учебным планом факультета». В приложении появился примерный список задач по качественному и количественному анализу отдельно для растениеводческих факультетов, отдельно для факультетов агрохимии и почвоведения и отдельно для зоотехнических факультетов.

То же самое можно сказать и о программах по неорганической химии. В «Программе курса неорганической химии для сельскохозяйственных вузов» издания Тимирязевской сельскохозяйственной академии с верхним колонтитулом «НКЗ СССР. Главное управление вузов и техникумов. Отдел вузов» 1936 г. имеется таблица «Распределение курса» с перечнем тем лекций и лабораторно-практических занятий и часов, отводимых на каждую тему. При этом на лекции предусматривается 80 часов, на лабораторные занятия – 52 часа, всего 132 часа. В «Программе по неорганической химии (для сельскохозяйственных вузов)» в 1939 г. осталась таблица «Распределение времени» с названиями тем и указанием выделяемых часов только для лекций, а в 1940 г. исчезла и эта таблица, конкретное указание стало лаконичным: «Теоретический курс рассчитан на 80 часов. Параллельно с лекциями проводятся практические занятия» и далее «Перечень практических занятий устанавливается высшими учебными заведениями применительно к числу часов, отведенных учебным планом».

С 1938 г. подпись И.А. Каблукова под программами исчезла. Новые программы печатались без указания авторства

Начиная с 1940 г. основным учебником по неорганической химии в программах называется только что вышедший в то время из печати «Курс лекций по неорганической химии, читанных в Московской сельскохозяйственной ордена Ленина академии имени К.А. Тимирязева» - последнее учебное пособие, написанное Иваном Алексеевичем Каблуковым, его лебединая песня. К сожалению, начавшаяся в 1941 г. Великая отечественная война помешала научной и педагогической общественности по достоинству оценить этот великолепный учебник, опередивший свое время.

После войны начался новый этап развития факультета агрохимии и почвоведения и его неотъемлемой составной части - кафедры неорганической и аналитической химии.

### **Библиографический список**

1. Смарыгин, С.Н. История преподавания неорганической и аналитической химии в ведущем аграрном университете России. – Иркутск: ООО Мегапринт, 2017. – 174 с.

УДК 547.831.7

## **РЕЦИКЛИЗАЦИЯ АРИЛАМИДОВ 3-ИНДОЛИЛКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ**

*Токмаков Геннадий Петрович, профессор кафедры химии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева*

***Аннотация:** Получены ариламиды 3-индолилкарбонической кислоты. Показано, что при нагревании в растворе полифосфорной кислоты они подвергаются реакции рециклизации с образованием производных карбостирила.*

***Ключевые слова:** анилины, ариламиды, 3-индолилкарбоническая кислота, карбостирил, полифосфорная кислота, рециклизация.*

В одной из наших предыдущих работ (Токмаков G. P., Grandberg I. I. Tetrahedron, 1995, v. 51, N7, p. 2091-2098) была описана необычная реакция рециклизации 1-арилиндолов **1** под действием полифосфорной кислоты (PPA) в дибензазепины **2** (схема 1).

В связи с тем, что интерес к этой реакции в химическом сообществе постоянно растёт [1-4], мы решили продолжить исследования по рециклизации индольного ядра.

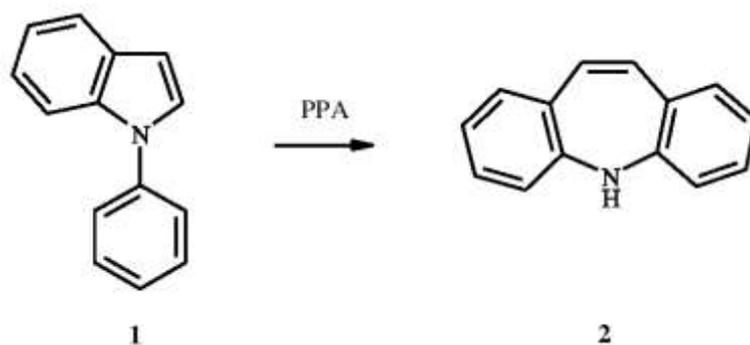


Схема 1

В качестве объекта исследования были выбраны ариламида 3-индолилкарбоновой кислоты **5**. Последние были получены взаимодействием 3-индолилкарбоновой кислоты **3** с анилинами **4** в присутствии 1,3-дициклогексилкарбодиимида (DCC). Полученные ариламида **5** подвергали нагреванию в растворе PPA (схема 2).

При хроматографическом анализе реакционных смесей было установлено, что наряду с продуктами частичного гидролитического и термического разложения ариламидов **5** в них присутствуют и продукты рециклизации **6**, представляющие собой 3-замещённые карбостирилы (хинолоны-2).

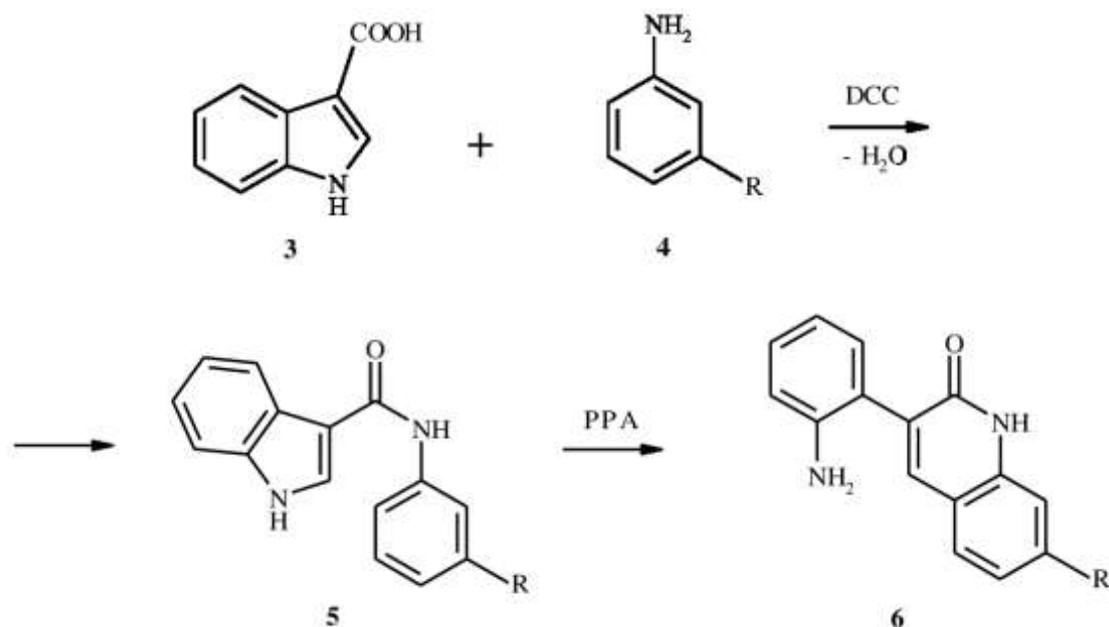


Схема 2

Карбостирилы **6** были выделены, их структуры подтверждены данными элементного анализа и спектральными характеристиками.

### Библиографический список

1. Kanase Y. 4-Substituted carbamazepine derivatives: conformational analysis and sodium channel-blocking properties / Y. Kanase [at al.] // Bioorganic and Medicinal Chemistry. – 2018. – Vol. 26, № 9 – P. 2508-2513.
2. Božinović N. Microwave-assisted synthesis of azepines via nucleophilic aromatic substitution / N. Božinović [at al.] // Journal of the Serbian Chemical Society. – 2016. – Vol. 81, № 11 – P. 1225-1230.
3. Tian M. Carbamazepine derivatives with P2X4 receptor-blocking activity / M. Tian [at al.] // Bioorganic and Medicinal Chemistry. – 2014. – Vol. 22, № 3 – P. 1077-1088.
4. Elliot E.-C. Convenient syntheses of halo-dibenz[*b,f*]azepines and carbamazepine analogues via N-arylindoles / E.-C. Elliot [at al.] // Organic and Biomolecular Chemistry. – 2013. – Vol. 11, № 48 – P. 8426-8434.

УДК 631.8.022.3

### ВЛИЯНИЕ АГРОСТИМУЛИНА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ СОРТА МОСКОВСКАЯ 40

*Ульдина Софья Викторовна* научный сотрудник лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений ФИЦ «Немчиновка»

*Калабашкина Елена Владимировна*, заведующий лабораторией сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений ФИЦ «Немчиновка»

*Гафуров Рафаил Мухаметшинович*, главный научный сотрудник лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений ФИЦ «Немчиновка»

*Цымбалова Виталия Александровна*, научный сотрудник лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений ФИЦ «Немчиновка»

*Абрамкина Людмила Пиркулыевна*, ведущий экономист планово-экономического отдела ФИЦ «Немчиновка»

*Каранетян Эльвира Петиковна*, лаборант-исследователь лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений ФИЦ «Немчиновка»

**Аннотация:** Изучено влияние препарата Агростимулин на развитие растений, урожайность зерна, качественные показатели пшеницы озимой сорта Московская 40 в условиях Нечерноземной зоны.

**Ключевые слова:** урожайность, регулятор роста, пшеница озимая, сорт Московская 40, Агростимулин

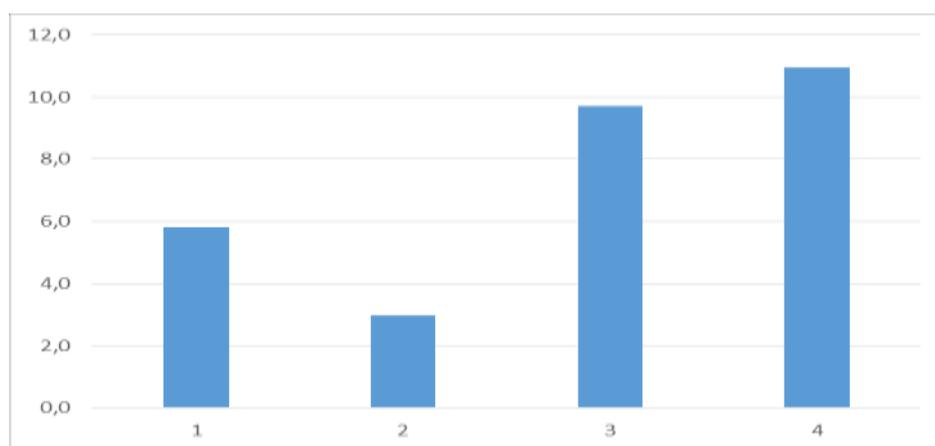
Существенным фактором повышения урожайности и качества зерновых культур является применение регуляторов роста растений. Будучи естественными соединениями, они непосредственно включаются в метаболизм растений, не оказывая вредного влияния на почву и окружающую среду[1,2].

Цель данной работы изучить действие регулятора роста в разных дозах на урожайность, качественные показатели зерна. Испытание регулятора проводилось в условиях I агроклиматической зоны на опытном поле лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений Технологического центра по земледелию ФИЦ «Немчиновка» на посевах пшеницы озимой Московская 40.

Схема опыта включала следующие варианты: контроль без обработок, Эмистим ВСП (эталон) – 10 мл/га в фазе колошения, Агростимулин, ВСП, предпосевная обработка семян – 10 мл/т, Агростимулин, ВСП, 15 мл/га в фазе выхода в трубку, Агростимулин, ВСП, 10 мл/га в фазе выхода в трубку+15 мл/га в фазе колошения.

Норма высева пшеницы озимой – 5,0 млн. всхожих зерен на один гектар. Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая. Мощность пахотного слоя составляет 25-27 см. В пахотном слое содержание органического вещества варьирует в пределах 3,1-4,0%,  $pH_{\text{соль}}$  около 5,6-5,9 (слабокислая, близка к нейтральной), гидролитическая кислотность – 3,1 мл. экв. на 100 г почвы, подвижного  $P_2O_5$  по Кирсанову – 151-200 мг/кг (высокое) и обменного  $K_2O$  – 81-120 мг/кг (среднее).

На вариантах с использованием Агростимулина заметна тенденция увеличения высоты растений с 1,9 -5,1 см, массы зерна с главного колоса на 0,17-0,22 г., массы 1000 зерен с 2,81 до 4,37 г.

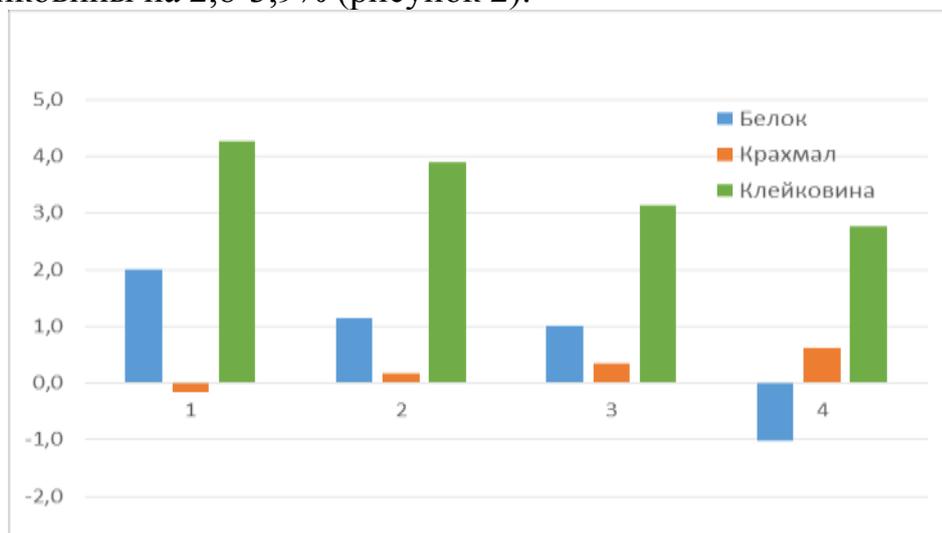


**Рисунок 1 - Влияние применения препарата Агростимулин на урожайность пшеницы озимой Московская 40 в %**

1-Эмистим ВСП (эталон) – 10 мл/га в фазе колошения, 2- Агростимулин, ВСП, предпосевная обработка семян – 10 мл/т, 3- Агростимулин, ВСП, 15 мл/га в фазе выхода в трубку, 4- Агростимулин, ВСП, 10 мл/га в фазе выхода в трубку + 15 мл/га в фазе колошения.

Применение препарата Агростимулин на посевах пшеницы озимой сорта Московская 40 позволяет увеличить урожайность от 3 до 11% на разных вариантах. Самый высокий прирост отмечен при обработке препаратом Агростимулин в фазе выхода в трубку + в фазе колошения (рисунок 1).

По качественным показателям наблюдается тенденция в увеличении белка на 1,0-1,1% относительно контрольного варианта. Белок на эталоне возрастает на 2,0%. Наблюдается увеличение крахмала на 0,2-0,6% по сравнению с контролем и клейковины на 2,8-3,9% (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Влияние препарата Агростимулин на изменение качественных показателей пшеницы озимой сорта Московская 40 в %**

1- Эмистим ВСР (эталон) – 10 мл/га в фазе колошения, 2- Агростимулин, ВСР, предпосевная обработка семян – 10 мл/т, 3- Агростимулин, ВСР, 15 мл/га в фазе выхода в трубку, 4 - Агростимулин, ВСР, 10 мл/га в фазе выхода в трубку+15 мл/га в фазе колошения.

Таким образом, в ходе испытания препарата показано, что самым эффективным вариантом применения является использование Агростимулина при двукратной обработке растений пшеницы в фазе выхода в трубку и в фазе колошения. Это позволяет увеличить урожайность на 0,8 т/га, а также обеспечить высокие показатели качества.

### **Библиографический список**

1. Рябчинская Т.А Средства, регулирующие рост и развитие растений, в агротехнологиях современного растениеводства / Т.А. Рябчинская, Т.В. Зими́на // Агрoхимия, - № 12. – 2017. – С. 62-92.
2. Щекутьева Н.А. Влияние биостимуляторов на урожайность и качество продукции ярового тритикале / Н.А. Щекутьева // Молочнохозяйственный вестник, - № 2 (18) II кв. – 2015. – С. 65-70.

**ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА ВЭРВА-ЕЛЬ, ВЭ  
НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ  
НЕМЧИНОВСКАЯ 17**

*Ульдина Софья Викторовна* научный сотрудник лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений ФИЦ «Немчиновка»

*Калабашкина Елена Владимировна*, заведующий лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений ФИЦ «Немчиновка»

*Гафуров Рафаил Мухаметшинович*, главный научный сотрудник лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений ФИЦ «Немчиновка»

*Цымбалова Виталия Александровна*, научный сотрудник лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений ФИЦ «Немчиновка»

*Абрамкина Людмила Пиркулыевна*, ведущий экономист планово-экономического отдела ФИЦ «Немчиновка»

*Меднов Александр Владимирович*, ведущий научный сотрудник лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений ФИЦ «Немчиновка»

*Мавлютова Людмила Ивановна*, лаборант-исследователь лаборатории сортовых технологий яровых зерновых культур и систем защиты растений ФИЦ «Немчиновка»

**Аннотация:** В статье приведены и анализируются данные динамики вегетации и урожайности озимой пшеницы под влиянием регулятора роста Вэрва-Ель, Новосил, а так же результаты качественного анализа зерна.

**Ключевые слова:** Озимая пшеница, регуляторы роста, Вэрва-Ель, Новосил.

Народнохозяйственное значение пшеницы озимой трудно переоценить. Она является наиболее ценной и самой распространённой продовольственной культурой. По данным Росстата площадь озимой пшеницы с 2000 года увеличилась почти в 2 раза (в 2000 году – 7933 тыс.га, в 2018 году – 15296 тыс.га). С ростом площадей наблюдается и значительный рост средней урожайности озимой пшеницы по стране. Так в 2000 году урожайность составляла 22,3 ц/га, а в 2018 году – 35,2 ц/га [2]. Росту урожайности способствовало не только повышение культуры земледелия с применением современных машин и агрегатов, но и применение современных химических средств защиты растений и агрохимикатов. Современные высокоэффективные пестициды не только позволяют отчистить поля от нежелательного сорного компонента, вредителей культур и патогенных возбудителей болезней, но и предотвратить полегание, снизить негативное воздействие химических соединений на культуру, повысить устойчивость растений к неблагоприятным факторам окружающей среды и улучшить качество получаемой продукции[3].

Цель исследования: изучить биологическую эффективность препарата Вэрва-Ель, ВЭ на основе флавоноидов ели, разработанного в России.

В 2015 году заложен полевой опыт на мягкой озимой пшенице сорт Немчиновская 17 в четырехкратной повторности.

Схема опыта: контроль без обработки; Новосил, ВЭ (эталон) – предпосевная обработка семян 0,1л/т + две обработки вегетирующих растений (первая в фазе кущения, вторая в фазе колошения) по 0,06 л/га; Вэрва-Ель, ВЭ – предпосевная обработка семян 0,7л/т + две обработки вегетирующих растений (первая в фазе кущения, вторая в фазе колошения) по 0,6 л/га.

Агроклиматические условия вегетационного периода 2015-2016 гг. для озимых культур характеризовались в осенний период близкими к среднемноголетним показателям. Перезимовка пшеницы озимой сорта Немчиновская-17 прошла нормально. Гибель культуры от неблагоприятных условий зимы не превышала 15-20%.

В вегетационных условиях 2016 года, двукратная обработка посевов регуляторами роста Новосил, ВЭ и Вэрва-Эль, ВЭ в дозах 0,6 л/га в фазе кущения и фазе колошения способствовала увеличению всех показателей структуры урожая.

Наибольшая урожайность пшеницы озимой в условиях 2016 года получена при двукратном применении регулятора роста Вэрва-Ель в период вегетации в фазе кущения и вторично в фазе колошения в дозах 0,6 л/га и была выше контрольного варианта на 1,58 т/га. При этом на варианте с обработкой Новосил, ВЭ (эталон) – предпосевная обработка семян 0,1л/т + две обработки вегетирующих растений (первая в фазе кущения, вторая в фазе колошения) по 0,06 л/га урожайность была выше на 0,98 т/га относительно контрольного варианта без обработки.

По содержанию сырого белка вариант с регулятором роста растений Вэрва-Ель был выше контроля на 1,09 %, а при обработке эталоном – на 1,05%. По содержанию клейковины самые высокие показатели были получены на варианте с Новосил, ВЭ (эталон) – на 1,6 % выше контроля. В варианте с применением регулятора роста Вэрва-Ель, ВЭ, содержание белка увеличилось на 1,3%.

В результате проведенных исследований установлено положительное влияние регулятора роста растений Вэрва-Ель, ВЭ. Данный препарат позволяет повысить устойчивость растения озимой пшеницы к неблагоприятным факторам окружающей среды, увеличить урожайность и качественные показатели культуры.

### **Библиографический список**

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов // М.: Книга по Требованию, - 2012. – 352 С.
2. Россия в цифрах / Крат. стат. сб. // Росстат-М. - 2019. – 549 С.
3. Шаповал О.А. Регуляторы роста растений /О.А. Шаповал, В.В. Вакуленко, Л.Д. Прусакова // Библиотека по защите растений - приложение к журналу защита и карантин растений. — №12. — 2008. — 48 С.

## БИОИНДИКАЦИЯ ТЕСТ РАСТЕНИЯМИ ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ ВЫБРОСОВ В УСЛОВИЯ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА

*Аскарова Данара Аскарровна, соискатель кафедры судебной экологии с курсом экологии человека, ФГАОУ ВО РУДН*

*Глебов Виктор Васильевич, доцент кафедры судебной экологии с курсом экологии человека, ФГАОУ ВО РУДН*

**Аннотация:** Проведена экологическая оценка пылевых выбросов цементного производства на темно-каштановой почве в условиях модельных опытов. Установлено, что тест растения горчица листовая сорта «Скороспелая» (*Brassica juncea* L.) и яровая пшеница сорта «Саратовская 29» (*Triticum aestivum* L.) могут служить биоиндикаторами пылевого загрязнения, а также пригодны в качестве ремедиантов загрязненных тяжелыми металлами почв.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, биоиндикаторы, пылевое загрязнение, фитотоксический эффект.

Как известно, основными источниками, загрязняющими окружающую среду и вызывающими деградацию природных систем, являются промышленность, переработка металла, нефтеперерабатывающие заводы и сгорание нефти, автомобильный транспорт и другие антропогенные факторы. Одной из основных проблем экологии в настоящее время является техногенное загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами [1-4].

Известно, что тяжелые металлы, поступая в почву с выбросами промышленных предприятий, прочно связываются в верхнем слое. Отрицательное влияние тяжелых металлов на почвенный покров будет незначительным до тех пор, пока они труднодоступны и прочно связаны с составными частями почвы. Но почвенные условия позволяют тяжелым металлам перейти и в почвенный раствор, при этом возникает опасность проникновения их в растения, а также в организм животных и человека [5,6].

Город Усть-Каменогорск и г. Семей (бывший г. Семипалатинск) находятся на северо-востоке Республики Казахстан (рис.1). Города расположены в сухо - степной зоне с континентальным климатом, характеризующимся продолжительным летом и холодным зимним временем. Рельеф местности представлен волнисто - увалистой равниной, разделенной рекой Иртыш.

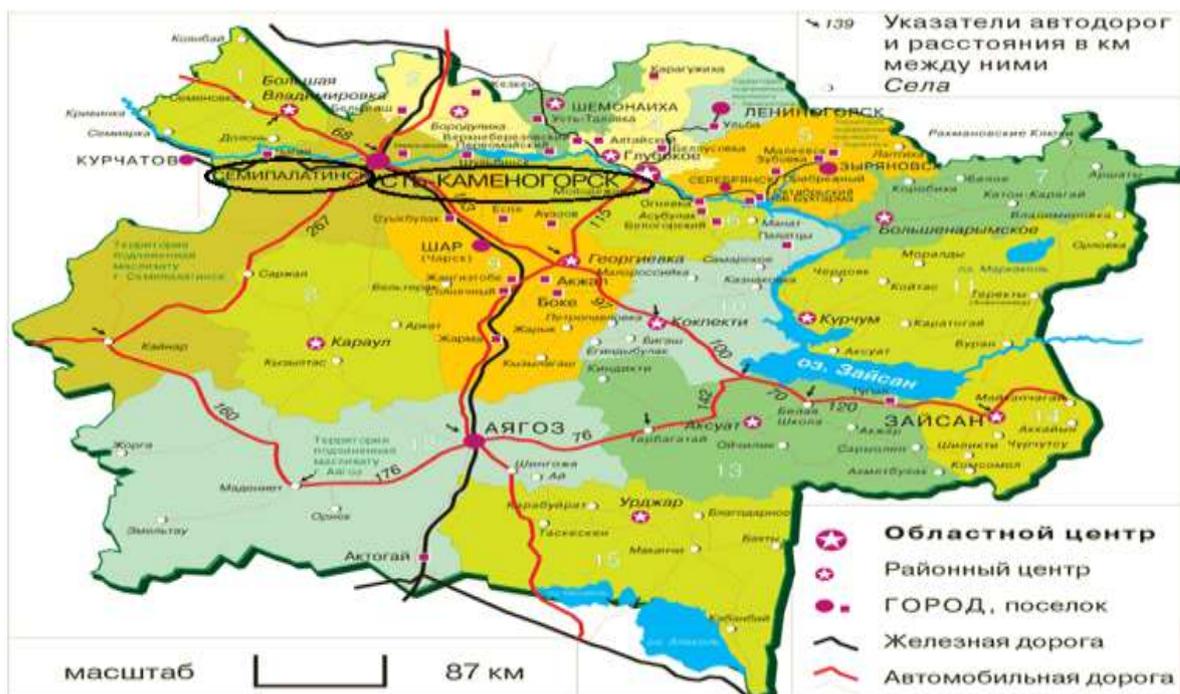


Рисунок 1 - Карта Восточного Казахстана

Промышленность городов представлена различными предприятиями. В частности в Усть-Каменогорске расположен крупный металлургический завод. В г. Семей есть предприятия легкой и пищевой отрасли, предприятия по производству строительных материалов, в том числе силикатного кирпича и цемента, а также городские ТЭЦ [6].

Производство цемента является источником загрязнения всех трех составляющих биосферы: атмосферы, гидросферы и литосферы. Промышленные предприятия цементного производства регулярно выбрасывают в окружающую среду большое количество твердых, газообразных и жидких отходов: пыль, газовые выбросы, сточные воды. Так, тяжелые металлы в количестве от 10% до 30% от общего выброса в атмосферу распространяются на расстояние 10 км и более от промышленного предприятия [6].

#### Объекты и методы исследования

В качестве загрязнителей окружающей среды были выбраны технологические пылевые выбросы промышленно-значимого предприятия города - ОАО Семипалатинский цементный завод. Отбор пылевых выбросов производился с фильтров.

Образцы почв отбирались на участках, не подверженных техногенному воздействию. Отбор и определение физико-химических свойств осуществлялись в соответствии с ГОСТами и общепринятыми методами [7-9].

Искусственное загрязнение цементной пылью производили в соотношениях 0,1%, 0,5%, 1,0%, 5,0%, 10,0% и 15,0% к воздушно-сухой массе почвы.

Выбор опытных культур основан на многочисленных литературных данных, свидетельствующих о высокой аккумулирующей способности растений семейства бобовых, крестоцветных [10-12]. В связи с этим при изучении фитоэкстра

гирующих способностей растений к тяжелым металлам при искусственном загрязнении использовали следующие сельскохозяйственные культуры: крестоцветные – горчица листовая сорта «Скороспелая» (*Brassica juncea L.*) и семейство злаковые – яровая пшеница сорта «Саратовская 29» (*Triticum aestivum L.*).

### Результаты исследований

Исследовав валовое содержание исследуемых тяжелых металлов (мг/кг) в исходной почве, получили следующие результаты: ионы Cu составляют  $17,3 \pm 1,21$ ; ионы Zn -  $35,3 \pm 1,68$ ; ионы Cd -  $0,67 \pm 0,06$  и ионы Pb -  $22,3 \pm 1,43$ , что соответствует фоновому уровню для среднесуглинистых темно-каштановых почв данного региона. На рисунке дана динамика содержания тяжелых металлов в загрязненной почве к валовому содержанию тяжелых металлов в исходной почве.

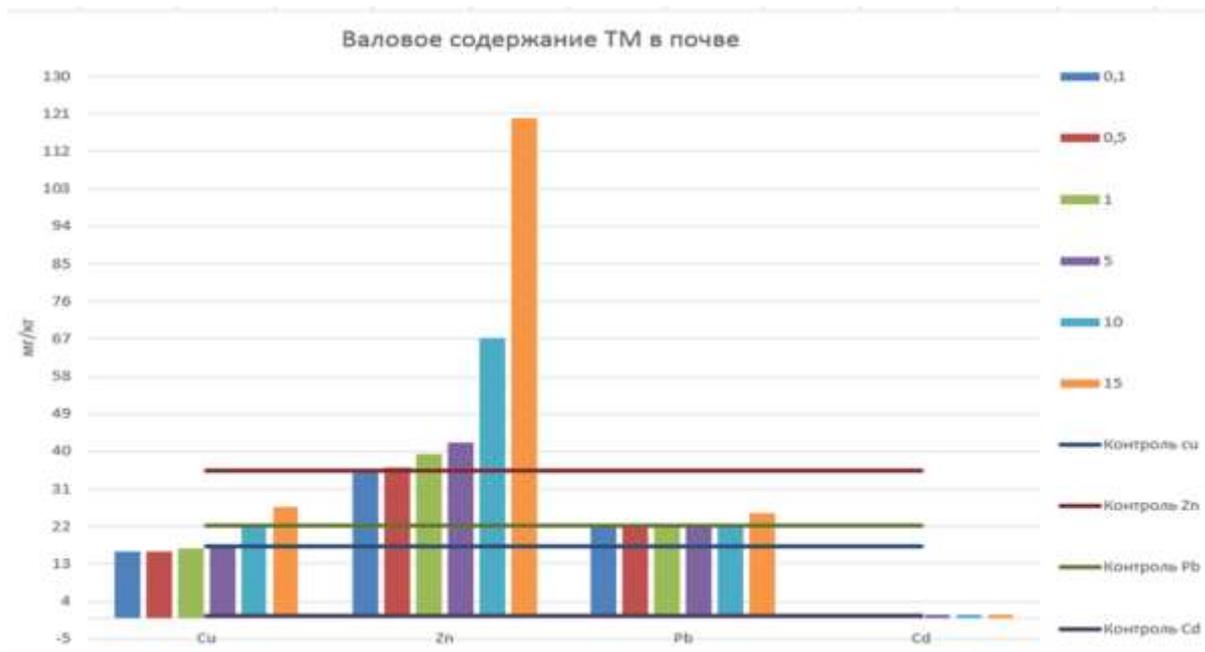


Рисунок 2. - Содержание тяжелых металлов в загрязненной почве

Проведя анализ пылевых выбросов цементного производства г. Семей установлено, что содержание тяжелых металлов в несколько раз превышает ПДК в почве и тем самым служат источником формирования в почвах левобережной части города цинково-свинцово-медного загрязнения.

При загрязнении почвы пылевыми выбросами цементного производства установлено, что содержание цинка в почве составило 1,53-5,22 ПДК для почв Казахстана и 1,45 кларка в почве по Виноградову, меди (при 10%-ном загрязнении) – 1,1 кларка в почве по Виноградову и свинца – 1,37-1,57 кларка в литосфере и 2,2-2,51 кларка в почве по Виноградову.

Фитотоксический эффект для *Brassica juncea L.* составил 6,8-67,1%, для *Triticum aestivum L.* – 20,7-45,1%.

Вынос тяжелых металлов опытными культурами составил следующий убывающий ряд: Zn>Cu>Pb>Cd. Данное наблюдение свидетельствует о пригодности опытных культур к ремедиации загрязненных почв тяжелыми металлами.

Таким образом, можно обобщить, что эпицентр оседания на почву тяжелых металлов находится в радиусе 1-5 км от заводской трубы, по мере удаления приближаясь к фоновому уровню, при этом глубина миграции в почву может достигать 1,5 метров, что создает аномалию загрязнения региона.

### Библиографический список

1. Боев В.А. Тяжелые металлы в почвах и овощных культурах г. Семипалатинска/Автореферат, 2000
2. Королёв А.Н., Боев В.А. Тяжелые металлы в почвах и овощных культурах в зоне влияния цементного завода города Семей (Республика Казахстан) // Вестник Омского ГАУ № 3 (27) 2017, с. 74-79.
3. Аскарова Д.А., Глебов В.В. Содержание и формы нахождения тяжелых металлов в почвенном слое //В сборнике: Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства материалы Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием, посвященной 75-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, Почетного работника высшего профессионального образования РФ, Заслуженного работника высшей школы РФ, Заслуженного деятеля науки и техники Ульяновской области, заведующего кафедрой «Почвоведение, агрохимия и агроэкология» Куликовой Алевтины Христофоровны. 2017. С. 64-70.
4. Askarova, D.A., Glebov, V.V., Rodionova, O.M., Anikina, E.V. (2019). Various approaches for reduction of heavy metal pollution of topsoil.// AIP Conference Proceedings.
5. Добровольский, В.В. Основы биогеохимии / В.В. Добровольский: Учеб. пособие для геогр., биол., геолог., с.-х. спец. вузов. – М., 1998. – 413 с.
6. Аскарова Д.А., Панин М.С., Глебов В.В. Экологическая оценка темно-каштановых почв при пылевом загрязнении в условиях Восточно-Казахстанской области /монография. Москва, 2018.
7. Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А.В. Соколова. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
8. ГОСТ 5681-84 Полевые исследования почвы. Порядок и способ определения работ. Основные требования к результатам. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
9. ГОСТ 28168-89 Почвы. Отбор проб. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
10. Simon L. Heavy metal phytoextraction capacity of several agricultural crop plant species// Proc. Extend. Abstracts 5 th Inter. Conf. Biogeochem. Trace Elements, Juli 11-15, 1999. – Vienna. Austria. – V.II. – P. 892-893.
11. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного метода. Москва: Наука, 1968, С. 266.
12. Ринькис Г.Я Методы анализа почв и растений / Г.Я. Ринькис, Х.К. Рамане, Т.А. Куницкая. – Рига: Зинатне, 1987. – 174 с.

**СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭКСТРАГЕНТОВ  
ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ СВИНЦА  
В ЧЕРНОЗЁМНОЙ ПОЧВЕ**

*Громакова Наталья Викторовна, доцент кафедры проектирования и технического сервиса транспортно-технологических систем*

*Рудой Дмитрий Владимирович, доцент кафедры техника и технологии пищевых производств*

*Кравченко Людмила Владимировна, профессор кафедры проектирования и технического сервиса транспортно-технологических систем*

**Аннотация:** *использование 1%-ной добавки ЭДТА к стандартной ацетатно-аммонийной вытяжке позволила повысить степень экстракции подвижных форм свинца из почвы. Применённые процедуры математической статистики позволяют заключить, что модифицированная вытяжка позволяет достоверно интерпретировать полученные с её помощью результаты.*

**Ключевые слова:** чернозём, тяжёлые металлы, свинец, вытяжка.

Среди тяжёлых металлов (ТМ) свинец обозначен как один из приоритетных загрязнителей [1,2]. В условиях техногенного поступления свинца его содержание всегда выше в верхних слоях почвы. Это характерно как для общего запаса, так и для подвижных форм свинца в почве [3]. Поведение ТМ в почвах агроценозов во многом связано с особой ролью, принадлежащей пахотному горизонту [4]. Для черноземной зоны юга России среднее содержание подвижных форм свинца в экологически сбалансированных почвах агроценозов составляет 1,85 мг/кг. Для определения содержания в почве подвижных форм ТМ экологическими и агрохимическими службами России используется вытяжка ацетатно-аммонийный буфер с рН 4,8 при соотношении почва: раствор 1:10. Доля извлекаемых этой вытяжкой подвижных форм металлов от общего их количества в почве составляет примерно 1-3%. Ввиду большого разнообразия почв и их химических свойств в Российской Федерации для некоторых типов почв эта вытяжка не всегда адекватна объекту изучения [5].

Исследования проводились в Аксайском районе Ростовской области на 1045 км федеральной автодороги М4 «Дон» в условиях придорожного агроценоза, закрытого со стороны дороги лесополосой плотной конструкции в период 2003-2015 гг. Методика исследований предполагала отбор почвенных образцов в экологическом профиле – вариантах опыта: перед лесополосой, 10, 50, 100, 150 и 220 м удаления от автодороги за лесополосой и расположенных перпендикулярно к ней. Почва - чернозем обыкновенный, мощный, слабовыщелоченный. Почвенные образцы отбирали с помощью бура послонно: 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100 см и определяли содержание подвижных форм свинца. Актуальный запас подвижных форм свинца определяли по стандартной методике - с использованием ацетатно-аммонийного буферного раствора с рН 4,8, соотно-

шение почва-раствор 1:10. Потенциальный запас подвижных форм свинца определяли вытяжкой 1%-ного раствора ЭДТА в ацетатно-аммонийном буфере с рН 4,8, соотношение почва-раствор 1:5. Окончательное определение количественного содержания свинца проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре в пламени ацетилен-воздух. Содержание общего запаса свинца определяли в слое почвы 0-40 см рентгенофлуоресцентным методом.

В слое почвы 0-40 см количество подвижных форм свинца актуального запаса находилось в пределах: 0,21-0,74 мг/кг. Относительно общего содержания свинца в почве доля актуального запаса подвижных форм, извлекаемого ацетатно-аммонийной вытяжкой составила: 0,4-1,6 %. Степень извлечения подвижных форм этой вытяжкой относительно общего запаса свинца в почве нестабильна – коэффициент выравниваемости результатов составил 66 %. Содержание подвижных форм свинца потенциального запаса, извлекаемых вытяжкой ацетатно-аммонийного буфера + 1% ЭДТА в слое почвы 0-40 см составило: 4,89-6,68 мг/кг. Степень извлечения подвижных форм свинца вытяжкой ААБ+1% ЭДТА относительно валового содержания выше: 11,0-14,1% и характеризуется весьма высоким уровнем выравниваемости – 91%.

При изучении характера пространственного распределения подвижных форм свинца в почве закрытого лесополосой придорожного агроценоза достоверно установлено превышение его потенциального запаса в точке удаления от автодороги 50 м. Достоверность превышения подвижных форм свинца актуального запаса на этом варианте подтвердить не удалось.

Вертикальное распределение подвижных форм свинца в почве исследуемых агроценозов характеризуется достоверным превышением содержания подвижных форм свинца потенциального запаса в слое почвы 0-40 см. Глубина распределения максимального содержания подвижных форм свинца соответствует мощности гумусового горизонта. Здесь следует отметить преимущественно атмосферный путь поступления свинца в почву. Исследуемые агроценозы характеризуются интенсивным сельскохозяйственным использованием с применением отвальной обработки почвы на глубину 25-27 см, что обуславливает перемешивания поверхностного слоя.

При изучении характера вертикального распределения подвижных форм свинца актуального запаса в почвенном профиле вариантов опыта можно выделить следующие типы: регрессивно-аккумулятивный и прогрессивно-аккумулятивный (рис. 1). Значения коэффициента достоверности аппроксимации 0,58-0,99 соответствуют только регрессивно -аккумулятивному типу распределения. В остальных случаях, основываясь на величине аппроксимации можно заключить, что полученные трендовые модели прогрессивно-аккумулятивного типа не соответствуют фактическому распределению подвижных форм свинца актуального запаса.

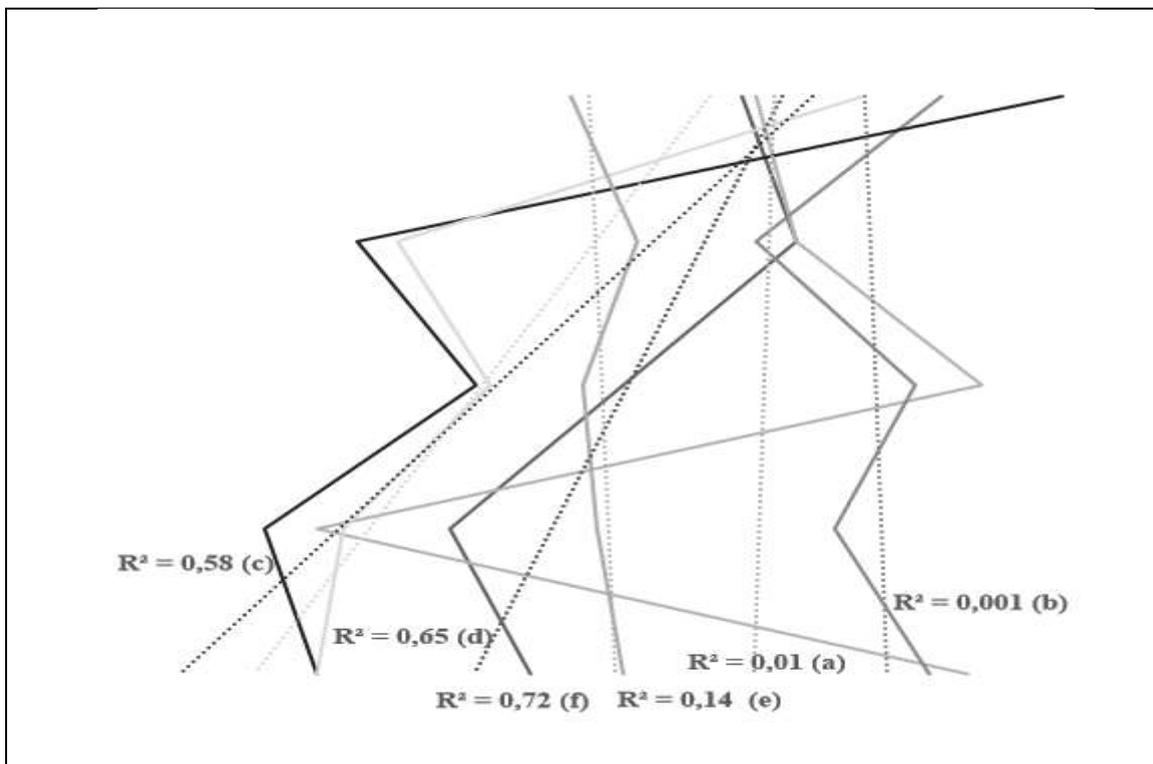


Рисунок 1 - Варьирование содержания подвижных форм свинца актуально-го запаса по вариантам опыта закрытого придорожного агроценоза: а-10 м, b-50 м, с-100 м, d- 150 м. e-220 м, f-перед лесополосой

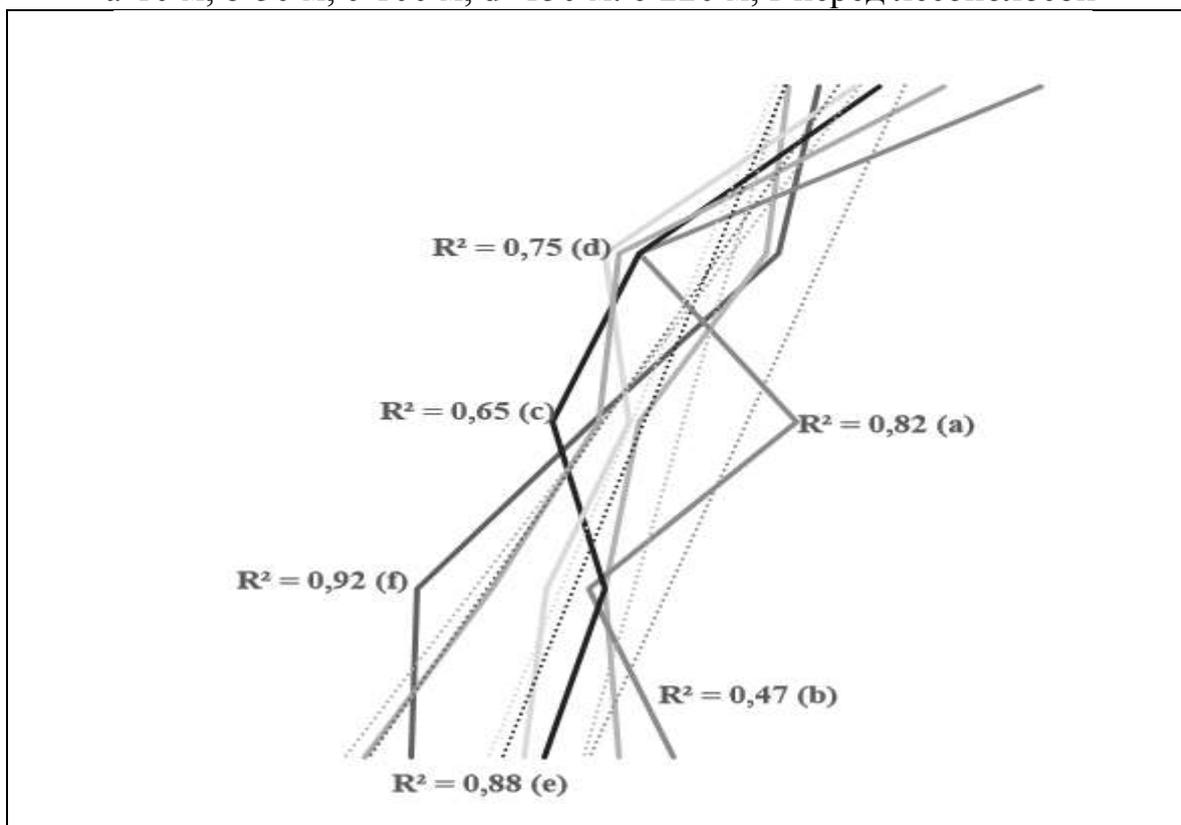


Рисунок 2 - Варьирование содержания подвижных форм свинца потенци-ального запаса по вариантам опыта закрытого придорожного агроценоза: а-10 м, b-50 м, с-100 м, d- 150 м. e-220 м, f-перед лесополосой

Ацетатно-аммонийная вытяжка рН 4,8 широко используется в практике агрохимических служб, но, поскольку имеет место сложность и неоднозначность интерпретации получаемых с её помощью результатов, то можно заключить о её слабой экстрагирующей способности и неадекватности объекту исследования – черноземной почве.

Тип профильного распределения в почве подвижных форм свинца потенциального запаса в исследуемых агроценозах во всех исследуемых профилях характеризуется как равномерно-аккумулятивный. Полученные величины достоверности аппроксимации преимущественно имеют значения близкие к 1, что характеризует высокую точность описываемых моделей распределения подвижных форм свинца, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером с 1%-ной добавкой ЭДТА (рис. 2).

### **Выводы**

Стандартная, широко используемая в практике агрохимических служб вытяжка –ацетатно-аммонийный буфер с рН 4,8 характеризуется слабой экстрагирующей способностью при использовании её на черноземной почве. Используемые процедуры математической статистики позволяют заключить, что интерпретировать результаты, полученные с помощью этой вытяжки весьма затруднительно.

### **Библиографический список**

1. Громакова Н.В. Сравнительная оценка техногенного воздействия автодороги на придорожный агроценоз в многолетнем интервале исследований / Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 105. С. 451-462
2. Влияние техногенных факторов на экологию: научная монография/ Абдугалиева Г.Ю., Бахов Ж.К., Гилёв В.В. и др. Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. - 164 с.
3. K. Yan, Z. Dong, M.A A. Wijayawardena, Y. Liu, Y. Li, R. Naidu The source of lead determines the relationship between soil properties and lead bioaccessibility / *Environmental Pollution* 246 (2019) 53-59.
4. Липатов Д.Н., Вежливцева Л.А. Содержание и распределение подвижных форм Cu, Zn, Co, Cd, Pb в почвах агроландшафтов Тульской области // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 2006. № 3. С.34–43
5. Громакова Н.В. Сравнительная оценка экстрагируемости некоторых микроэлементов и тяжелых металлов ацетатно-аммонийным буфером с рН 4,8 в статических и динамических условиях / Проблемы агрохимии и экологии. 2014. № 3. С. 57-60.

## **АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ И СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОННЫХ ТРАВСТОЕВ**

*Мазиров Илья Михайлович* – кандидат биологических наук, генеральный директор ООО «Грин Эра».

*Визирская Мария Михайловна* - кандидат биологических наук, руководитель отдела агрохимического сервиса ООО «ЕвроХим ТрейдингРус».

*Александров Никита Александрович*, магистрант 1 курса факультета почвоведения, агрохимии и экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.

**Аннотация:** в основу опыта положен тезис о том, что формированию газонного покрытия устойчивого к антропогенным и климатическим нагрузкам способствует его обеспечение минеральным питанием и почвогрунтом с благоприятными агрофизическими свойствами. Целью опыта является разработка рекомендаций по применению комплексных минеральных удобрений и структуроулучшающих добавок для обеспечения необходимых почвенных свойств.

**Ключевые слова:** газон, почвогрунт, перлит, минеральные удобрения, минеральное питание, травостой, мятлик, овсяница.

Газонные покрытия давно стали неотъемлемой частью городского ландшафта. Это не только декоративный элемент и эстетическая составляющая пейзажа, газоны выполняют ряд важных функций: регулируют состав атмосферного воздуха, депонируют углекислый газ, способствуют оседанию пыли, фильтрует избыточную влагу после дождя, уменьшает размыв почвы, регулирует температуру воздуха в мегаполисе, поглощает шумы и вибрации. В то же время формирование устойчивого газонного покрытия давно перестало быть простой задачей. Городские почвы являются крайне неблагоприятной средой для естественного роста трав. Урбаноземы это не типичные зональные почвы, они представляют собой нарушенные почвенные конструкции, которые отличаются плохой оструктуренностью, низким содержанием питательных веществ, зачастую неблагоприятным гранулометрическим составом и сложением (перенос в верхний горизонт тяжелых подстилающих пород). Формирование устойчивых газонных покрытий в таких условиях требует особого подхода – искусственного формирования почв с необходимыми агрофизическими свойствами и систематического применения удобрений. В настоящее время научно обоснованные данные и системный подход в этом вопросе отсутствуют[1,3].

**Цель исследования:** разработка технологии применения почвоулучшающих добавок и минеральных удобрений способствующих устойчивому функционированию покрытий.

В рамках поставленной цели решаются следующие **задачи**:

- Оценка эффективности перлита в качестве почвоулучшающего компонента
- Оценка влияния различных видов комплексных удобрений на приживаемость и функционирование рулонных газонов
- Оценка влияния различных видов комплексных удобрений на развитие и функционирование сеяных газонов

**Объекты исследования.** Опыт заложен в июле 2019 года на территории экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева [2,4]. В качестве тестовых объектов выбраны рулонный и сеяный газоны. Состав трав для рулонного газона представлен мятликом (4 вида), для сеяного – мятлик луговой (10%), овсяница красная измененная (30%), овсяница красная (45%), овсяница овечья (10%), полевица побегоносная (5%).

*Таблица*

**Схема опыта**

№	Вариант	Код варианта
1	Контроль_Сеяный газон	СК
2	Сеяный газон+БХЗ (50г/м <sup>2</sup> )	СГБ
3	Сеяный газон+Фертика (50г/м <sup>2</sup> )	СГФ
4	Сеяный газон+ВРУ НПК 13-40-13 (20г/ м <sup>2</sup> в растворе)	СГЕХ
5	Сеяный газон+перлит	СГП
6	Сеяный газон+перлит+БХЗ (50г/м <sup>2</sup> )	СПБ
7	Сеяный газон+перлит+Фертика (50г/м <sup>2</sup> )	СПФ
8	Сеяный газон+перлит+ ВРУ НПК 13-40-13 (20г/ м <sup>2</sup> в растворе)	СПЕХ
9	Контроль рулонный газон	РК
10	Рулонный газон+БХЗ (50г/м <sup>2</sup> )	РГБ
11	Рулонный газон+ Фертика (50г/м <sup>2</sup> )	РГФ
12	Рулонный газон+ВРУ НПК 13-40-13 (20г/ м <sup>2</sup> в растворе)	РГЕХ
13	Рулонный газон+перлит	РП
14	Рулонный газон+перлит +БХЗ (50г/м <sup>2</sup> )	РПБ
15	Рулонный газон+перлит + Фертика (50г/м <sup>2</sup> )	РПФ
16	Рулонный газон+перлит +ВРУ НПК 13-40-13 (20г/ м <sup>2</sup> в растворе)	РПЕХ

В качестве почвоулучшающего компонента использовался перлит в количестве 10 л/м<sup>2</sup>, запаханный на глубину 5-7 см. Среди тестируемых удобрений использовались: Буйские органико-минеральные удобрения (далее БХЗ) (NPK 10-7-7, Mg -1,5, Mn – 0,07%, Cu – 0,01, Zn – 0,01, B – 0,02, гуматы 1,9), Фертика для Газонов (11,3% N, 12% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 26% K<sub>2</sub>O, 0,55% Ca, 0,7% S, 0,09% B, 0,08% Cu, 0,16% Fe, 0,16% Mn, 0,08% Mo, 0,09% Zn) и Водорастворимые удобрения ЕвроХим (три марки с составом NPK 13-40-13, 6-14-35, 18-18-18).

В опыте 16 вариантов (Таблица) каждый из которых заложен в 3-х кратной повторности, расположение делянок рендомизированное

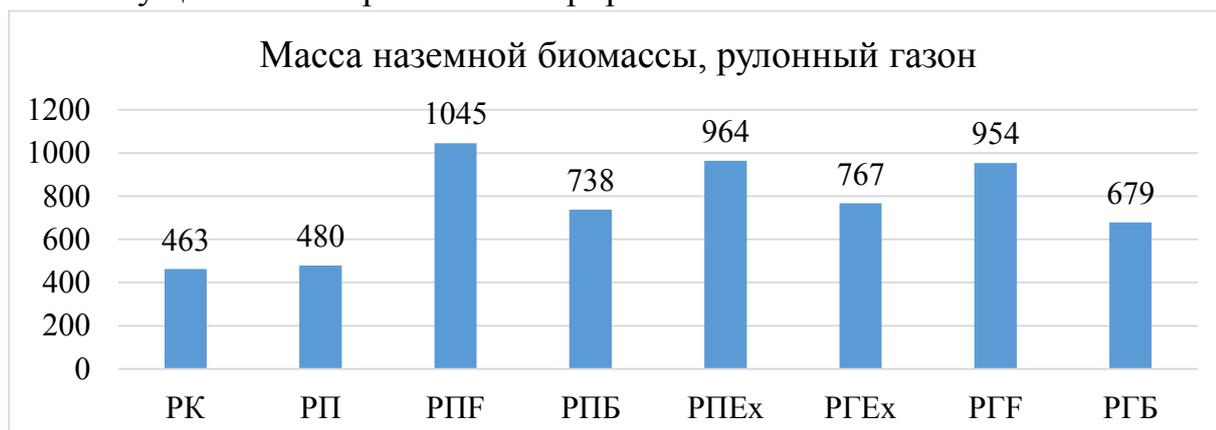
**Методы исследования.** Для оценки формирования и функционирования газонов в режиме мониторинга (1 раз в 10 дней) будут оцениваться следующие показатели: масса наземной биомассы, масса 1 см<sup>3</sup> высушенного дерна, масса корней из 0,5 дм<sup>3</sup> почвы, плотность газонного покрытия, цветность, высота травостоя, содержание хлорофилла (N-тестер).

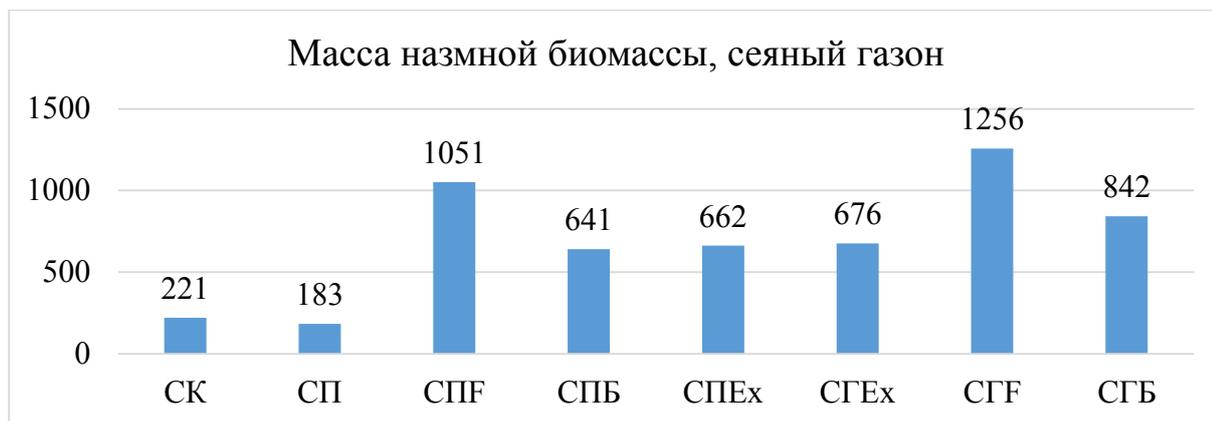
Текущий период от момента посадки до ухода в зиму относится к периоду закладки опыта или старту эксперимента. На данном этапе проведен агрохимический анализ почв участка, через месяц после закладки проведен первый укос с взвешиванием биомассы и перед уходом газона в зиму проведен второй укос с взвешиванием дерна и корней [3].

**Результаты.** В ходе исследований, проведенных в период с августа по ноябрь, сделаны 3 укоса наземной биомассы (рис. 1), осуществлен замер высоты травостоя, измерено содержание хлорофилла в растениях, проведена фотофиксация проективного покрытия участков и отобраны образцы для проведения агрохимического почвенного анализа, измерения массы дернины и массы корневой системы.

Данные укосов показывают, что применение удобрений оказало значительное положительное влияние на развитие травостоя, причем разные виды удобрений показали разную эффективность. Для рулонного газона максимальную эффективность показала Фертика, обеспечившая массу скошенной травы в 1045 г/м<sup>2</sup> для варианта с перлитом и 954 г/м<sup>2</sup> для варианта без перлита. Минимальную эффективность показали Буйские удобрения – 738 г/м<sup>2</sup> для варианта с перлитом и 679 г/м<sup>2</sup> - без.

Для сеяного газона максимальный прирост биомассы также наблюдался для варианта с применением удобрения Фертика, но без перлита – 1256 г/м<sup>2</sup>, с перлитом показатель меньше – 1051 г/м<sup>2</sup>. Для остальных удобрений на сеяном газоне существенных различий в приросте биомассы не выявлено.





**Рисунок 1 – средняя масса наземной биомассы газонных покрытий на изучаемых вариантах**

Важным показателем, характеризующим степень форсированности и отвечающим за устойчивость газона является масса корневой системы и дернины. Эти показатели будут оценены позднее.



**Рисунок 2 – Содержание хлорофилла (по показаниям N-тестера Konica Minolta)**

Так же на вариантах с сеяным газоном были проведены замеры содержания хлорофилла, которые показали лучшее развитие листового аппарата для вариантов, сочетающих применение перлита и удобрений. С максимальными значениями данного показателя для варианта с применением комплексного удобрения Фертика – 37 и водорастворимых удобрений ЕвроХим – 34 (рис.2). Особенности видового состава трав на рулонном газоне не позволили провести измерение из-за недостаточной площади листового аппарата.

Проведенные на данный момент испытания позволили выявить благоприятное влияние перлита, как структурообразующего компонента почвы, для рулонных газонов и значительное положительное влияние комплексных минеральных удобрений на рост и развитие травостоя.

## Библиографический список

1. Визирская, М. М., Епихина, А. С., Васенев, В. И., Мазиров, И. М., Эльвира, А. И., Гусев, Д., Тихонова, М. В., Васенев, И. И. Экологическая оценка роли городских газонов в формировании потоков парниковых газов // Вестник Российского университета дружбы народов. № 5, 2013. – С.38–48.
2. Джанчаров, Т.М. Опыт создания базы данных для модели автоматизированной системы агроэкологической оценки почв и земель, адаптированной к городским условиям / Т.М. Джанчаров, П.К. Глушков, Н.А. Александров //Агрехимический вестник, 2019. - №2. – С. 26-32.
3. Епихина, А. С. Газоны: строительство и эксплуатация, учебно-методическое пособие. – Москва: РУДН, 2013. – 53 с.
4. Яшин, И.М. Путеводитель научных почвенно-экологических экскурсий в лесных и аграрных ландшафтах ЦЛГПБЗ и мегаполиса Москвы / И.М. Яшин, И.И. Васенев, С.Л. Белопухов; под ред. И.М. Яшина. М.: РГАУ-МСХА, 2018 г. – 128 с.

УДК 631.453:628.47

### **ПОЧВОГРУНТЫ ПОЛИГОНА ТБО «САЛАРЬЕВО»КАК ВОЗМОЖНЫЕ ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ МИКОТОКСИНОВ**

*Мосина Людмила Владимировна, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Жандарова Юлия Александровна, аспирант кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

***Аннотация:** По результатам эксперимента исследования физических, химических, агрохимических и микробиологических свойств составлена экологическая характеристика почвогрунтов верхнего 10-см слоя полигона ТБО «Саларьево»-одного из наиболее крупных полигона ТБО Московского региона. Полученные результаты характеризуют неблагоприятные свойства почвогрунтов полигона- значительное уплотнение, загрязнение тяжёлыми металлами, нефтепродуктами, ПАВ, превышающие нормативные значения. Анализ структуры микробного ценоза, в которой установлено примерно 7 кратное увеличение доли микроскопических грибов, свидетельствует о нарушении метаболических процессов у данной группы микроорганизмов и возможности образования микотоксинов в почвогрунтах полигона.*

***Ключевые слова:** полигоны ТБО, тяжёлые металлы, нефтепродукты, ПАВ, микроскопические грибы.*

Развитие человеческой цивилизации связано с появлением огромного количества разнообразных отходов- бытовых, промышленных, численность которых непрерывно растёт.

Ежегодно в России образуется около 7 млрд т.отходов из которых используется лишь 2 млрд т. ( на период 2012 г.).[1].

Образование отходов обуславливает ряд острых экологических проблем, что связано с отчуждением значительной части территории под занимаемые полигоны, а с другой- накопление в них токсичных, в т.ч. канцерогенных веществ, общее количество которых достигло 1, 6 млрд т, что составляет 23% от общего количества образующихся отходов.

Полигоны ТБО и различные свалки размещают чаще всего неподалёку от населенных пунктов, с/х предприятий, что ухудшает условия проживания, населения и снижает качество с/х продукции.

Признавая опасность существования полигона, следует отметить ещё слабую изученность их экологического состояния, что и явилось целью наших исследований.

**Объектом изучения** явился полигон ТБО «Саларьево»-один из крупнейших полигонов Московского региона, площадь которого составляет 59 га, высота-80 м. Здесь захоронено около 15 млн т отходов.

Для выявления свойств почвогрунтов полигона были заложены пробные площади размером 50×100м<sup>2</sup> на разных частях полигона (северной, южной, западной), с которых методом конверта отбирали образцы почвогрунта глубиной 0-10 см, из которых составляли смешанный образец. В качестве контроля анализировали почвогрунт, отобранный на территории пригородной зоны Московского мегаполиса. Всего было отобрано около 50 образцов.

### Результаты и их обсуждение

Почвогрунты полигона характеризовались неблагоприятными физическими, химическими агрохимическими свойствами (табл.1).

Таблица 1

### Почвенно- экологическая характеристика почвогрунтов полигона ТБО «Саларьево»

Вар. опыта	ОМ г/см <sup>3</sup>	Содержание ТМ, мг/кг				Сод. гумуса, %	рН КСl	P2O5 мг/кг	K2O мг/кг
		Pb	Cd	Zn	Cu				
Почвогрунт	1,64±0,13	54,7±4,9	1,11±0,09	291,0±22,2	119±9,5	1,49±0,11	5,2±0,5	80,2±6,2	31,7±2,8
Контроль ДП	1,0±0,08	23,2±2,1	0,49±0,05	-	-	1,57±0,17	5,2±0,5	94,3 ±8,5	41,8 ±4,6

Почвогрунт полигона характеризуется высоким содержанием нефтепродуктов (1150,0±116 мг/кг) превышающие значение ПДК приблизительно равно 3,8 раз и высоким содержанием ПАВ (1,38±0,12).

Плотность почвогрунтов ( величина объёмной массы) довольно высокая-  $1,64 \pm 0,13$  г/см<sup>3</sup> в верхнем 10-см слое, что превышает контрольную дерново-подзолистую почву в 1,5-1,8 раз.

Содержание загрязняющих веществ также довольно высокое, что отражает экологическую обстановку изучаемого региона, а именно-близость крупной автомагистрали.

Содержание нефтепродуктов ( $1150,0 \pm 116$  мг/кг) превышает более чем 3-х кратный допустимый уровень ( 300 мг/кг).Содержание тяжелых металлов превышает их ПДК в 2-3раза.

По агрохимическим свойствам полигон близок к зональным ДП почвам. Содержание гумуса характеризует его как слабо обеспеченный органическим веществом, по степени кислотность слабокислый.

Обеспеченность подвижным P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ( 80,2 мг/кг)- средняя, обменным калием ( K<sub>2</sub>O 31,7 мг/кг)- очень низкая.

Неблагоприятные экологические свойства почвогрунта полигона отразились на их микробиологических свойствах: на 1-2порядка отмечалось снижение численности аэробных гетеротрофных микроорганизмов по сравнению с контрольной дерново-подзолистой почвой: соответственно  $0,34 \pm 0,029$  млн КОЕ и  $30,8 \pm 2,9$  млн КОЕ/1 г почвы.

При анализе численности грибного населения, выполненного в динамике ( май, сентябрь) обращает внимание соотношение обсемененности данной группы микроорганизмов с общей численностью микроорганизмов (микроорганизмов на МПА) и аммонифицирующих микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота (микроорганизмы на КАА) (рис.1).

#### Численность грибов, тыс.КОЕ/г.

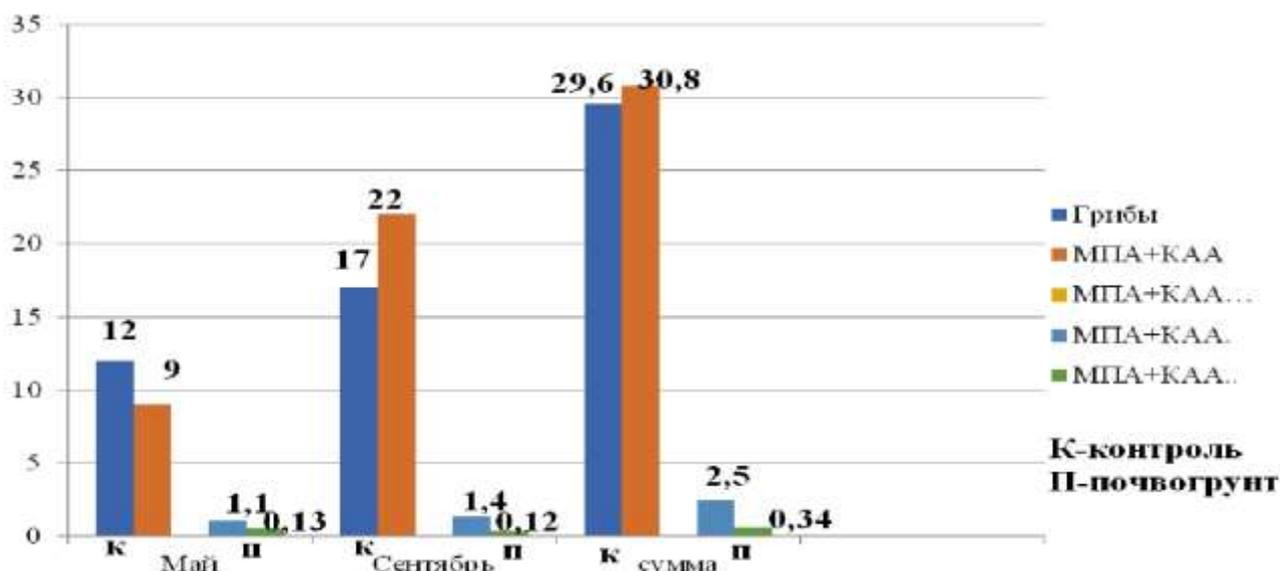


Рисунок 1 - Структура микробного ценоза в различных экологических условиях

В контрольной почве на 1 часть суммарного количества микроорганизмов (на МПА и КАА) ( $30,8 \pm 2,9$  млн КОЕ) приходится примерно 1 часть микроскопических грибов ( $29,6 \pm 2,8$  тыс.КОЕ/1г. ( $29,6 \pm 2,8 : 30,8 = 0,95$ )).

В почвогрунтах же полигона на 1 часть данный группы организмов ( $0,34 \pm 0,029$  или КОЕ на 1 г) приходится более 7 частей грибов (КОЕ  $2,5 \pm 0,18$  тыс).( $2,5 \pm 0,18 : 0,31 \pm 0,029$ )).

То есть относительное количество грибного населения в почвогрунтах полигона примерно в 7 раз выше контрольной почвы.

Столь значительное возрастание численности микроскопических грибов могло быть ответной реакцией на неблагоприятные свойства почвогрунтов полигона, в которых грибы начинают менять характер метаболизма, следствием чего является образования сильнейших ядов-микотоксинов.

В этой связи накопление сведений о действии микробных метаболитов будет способствовать более глубокому пониманию сложных взаимоотношений в системе почвогрунт-микроорганизмы с целью оптимизации экологического состояния полигонов ТБО.

#### **Библиографический список**

1. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2013 году/Государственный доклад, М.,2014-460 с.
2. Зомарев А.М. Санитарно-гигиенический мониторинг полигонов захоронения твёрдых бытовых отходов (ТБО) на этапах жизненного цикла.:автореф...к.м.н.-Пермь, ПГМА, 2010-28 с.
3. Мосина Л.В., Довлетярова Э.А.,Ефремова С.Ю. Микотоксины как экологическая опасность (монография). Иркутск, ООО «Мегапринт 2017.-143 с.
4. Мосина Л.В.Жандарова Ю.А. Фиторемедиация почв загрязнённых тяжёлыми металлами (на примере полигона ТБО «Саларьево»// Экология промышленного производства изд.ФГУП «НТИЦ оборонного комплекса «Ломпас:2018. Вып.2(102)-с74-76

УДК 574:630

#### **ВРЕМЕННОЕ ВАРЬИРОВАНИЕ ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННОЙ ПОЧВЕ С ПОСАДКАМИ ИВЫ ПУРПУРНОЙ *SALIX PURPUREA***

*Тихонова Мария Васильевна, доцент кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Ермаков Сергей Юрьевич, аспирант кафедры экологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Посадка Ивы Пурпурной *Salix purpurea* как декоративных пород деревьев, на территориях подверженных антропогенному воздействию и сильному переувлажнению. Влияние посадок на эмиссию потоков парниковых газов из переувлажненных почв. По результатам экспериментальных исследований было определено влияние Ивы Пурпурной на территории с антропогенно

*измененной почвой и оценена временная зависимость потоков парниковых газов от влажности и температуры почвы.*

**Ключевые слова:** *влажность почвы, температура почвы, потоки парниковых газов, углекислый газ, оксид азота (I), Ива Пурпурная, озеленение переувлажнённых городских территорий.*

В последнее время основной проблемой озеленения городских территорий является застройка огромных площадей, расширение дорожно-транспортных сетей, развитие рекреационных территорий в лесных и лесопарковых зонах, создающую огромную нагрузку на почвы и приводящее к деградации древесного и растительного покрова.

Озелененные территории в городской черте несут не только эстетическую нагрузку, но и являются основным составляющим экологического фона района.

В Москве большое количество лесопарковых территорий, которые постепенно «закрываются» в бетонные кольца, что приводит к изменению водного режима почвы. Это негативно сказывается на состоянии древесных насаждений и растительности. Происходит подтопление территорий, заболачивание. Не все древесные породы могут выдерживать сильное увлажнение. Поэтому необходимо высаживать те породы, которые быстро адаптируются к разным уровням влажности, могут переносить заболачивание и аномальное количество осадков, при этом не теряют свой декоративный вид и экологические свойства.

Мировой проблемой последних двадцати лет является увеличение потоков парниковых газов, особенно в черте города. К основным из которых относятся углекислый газ, оксид азота I, метан.

Объектом исследований является Западное поле на территории экологического стационара РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева является объектом проведения научных работ.

В начале 1990-х годов на этих полях провели систему работ по созданию дренажных систем открытого типа. Созданы 3 дренажа с длиной примерно 120 м каждая, ширина 3,5 метров, а глубина примерно 2 метра. Почва из дренажных очагов была высыпана поверх строительного мусора, и затем выровнена. На разных участках насыпной горизонт имеет неоднородную структуру, так как при насыпе почвенного грунта не учитывались почвенные горизонты насыпаемого грунта. В непосредственной близости от участка протекает р. Жабенка, что является источником подтопления территории, особенно в весенний период времени, так как уровень грунтовых вод составляет 94 см, вследствие чего на нем приживались только сорные растения. С двух сторон от экспериментального участка на расстоянии 2-3 м располагаются каналы для сбора воды бывшей иррациональной системы

Перед посадкой саженцев Ивы Пурпурной был проведен ряд агротехнических мероприятий с целью выполаживания и очистки от сорных растений экспериментального участка. Проведено рыхление почвы. Было подго-

товлено 346 лунок размером 0,6 м х 0,6 м и глубиной 0,5 м. подготовленных для посадки ивы.

Посадка производилась в следующей последовательности:

1. Подготовленную лунку с одним саженцем засыпали в равных частях 1 кг земли, торф, песок и перепревший компост;
2. Оставшаяся земля засыпалась в лунку и утрамбовывалась, чтобы не осталось пустот.

В течение 2018-2019 года осуществлялся, полив посаженных саженцев в зависимости от погодных условий, стрижка, укос сорной растительности, прореживание посадок, уборка мусора, рыхление прикорневой области. Саженцы ивы при посадке были разных размеров. Посадка производилась таким образом, что самые низкие расположились на первых рядах, а далее происходило увеличение рамера саженцев по рядам (рис.1). В ноябре 2018, мае и ноябре 2019 года было произведено измерение аллометрических характеристик: высоты и кустистости саженцев (рис 2)

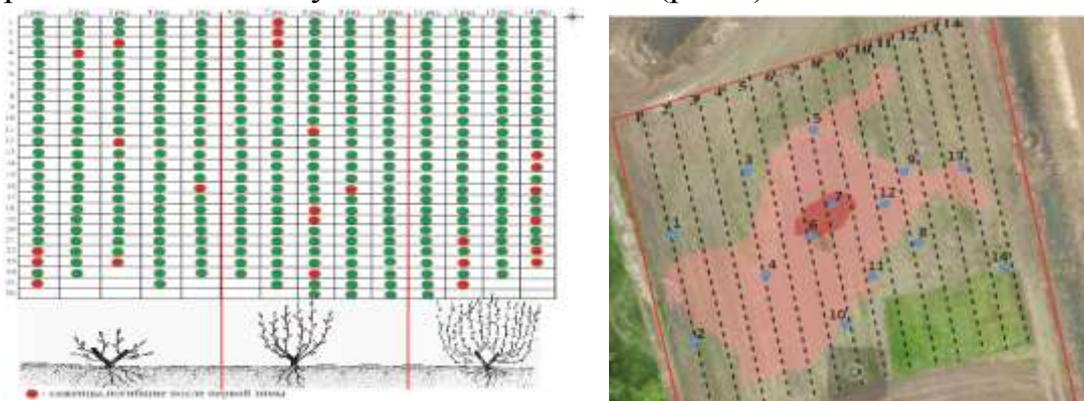


Рисунок 1 – Расположение посадок Ивы Пурпурной на Западном поле (1), расположение точек отбора проб и влажность территории (2)

За первую зиму 26 саженцев из 346 штук погибли. Остальные за весенний период набрали в высоту те же 10%, которые отмерли, в первые заморозки.

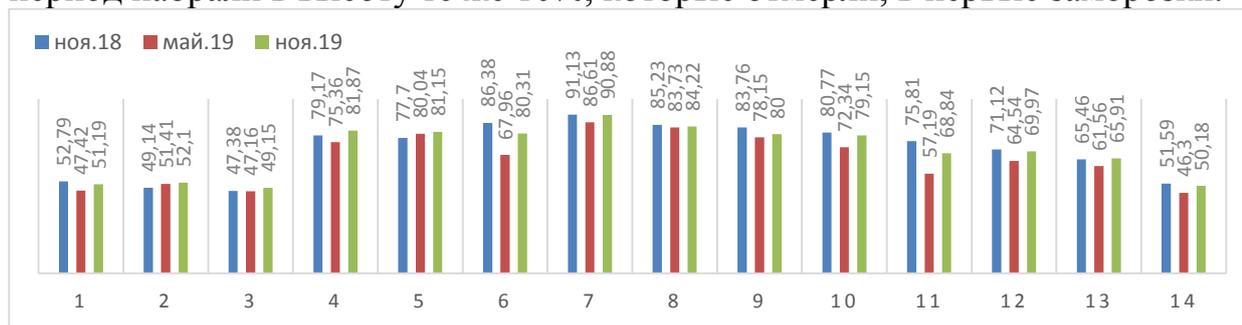


Рисунок 2 – Средняя высота саженцев Ивы Пурпурной по рядам

Максимальная высота саженцев в 7 ряду, где наблюдается максимальная влажность почвы, составляет по данным на ноябрь 2019 года 90,88 см. Минимальная высота за 2019 год в 3 ряду, что связано с расположением около дороги, и в 14 ряду из-за близости с тропой и обводным каналом, где проводятся различные посадочные мероприятия. Диаметр саженцев увеличился в среднем на 7 % по всем рядам при сравнении аллометрических измерений за ноябрь 2018 года и май 2019 г. После зимнего периода появилась большая кустистость,

после отмирания верхних наростов. В ноябре 2019 года помимо увеличенной кустистости выросли показатели разветвленности ветвей.

Измерения температуры и влажности почвы проводились каждые 10 дней. Температура почвы определялась почвенным термометром, влажность почвы весовым методом. Полученные данные продемонстрировали динамику влажности в зависимости от расположения точки отбора. Июнь был самым жарким и самым сухим месяцем, влажность почвы была минимальна, но на участке с западиной показатель влажности был выше, чем на других точках и составила 5,26%. Максимальная влажность составила 29,97% в сентябре (рис 3).

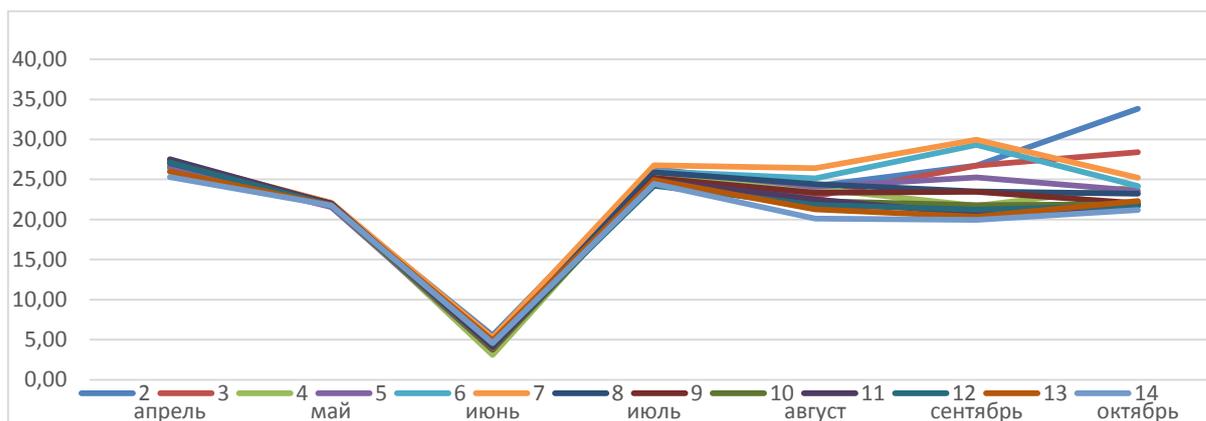


Рисунок 3 – Сезонная динамика влажности почвы, %

Температура почвы сильнее всего колебалась в июне в связи с неустойчивой температурой воздуха. По остальным месяцам динамика изменения температур примерно одинаковая. Максимальные значения наблюдались в июне и составили 30,57 на 3 точке, расположенной на небольшом склоне участка, минимальные 10,55 в октябре на 14 точке.

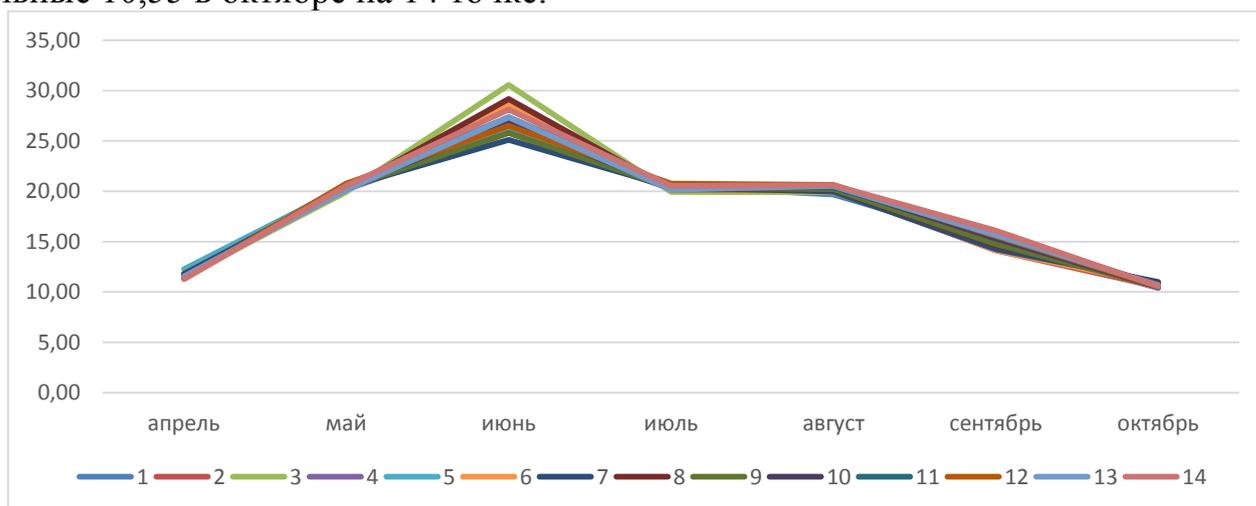
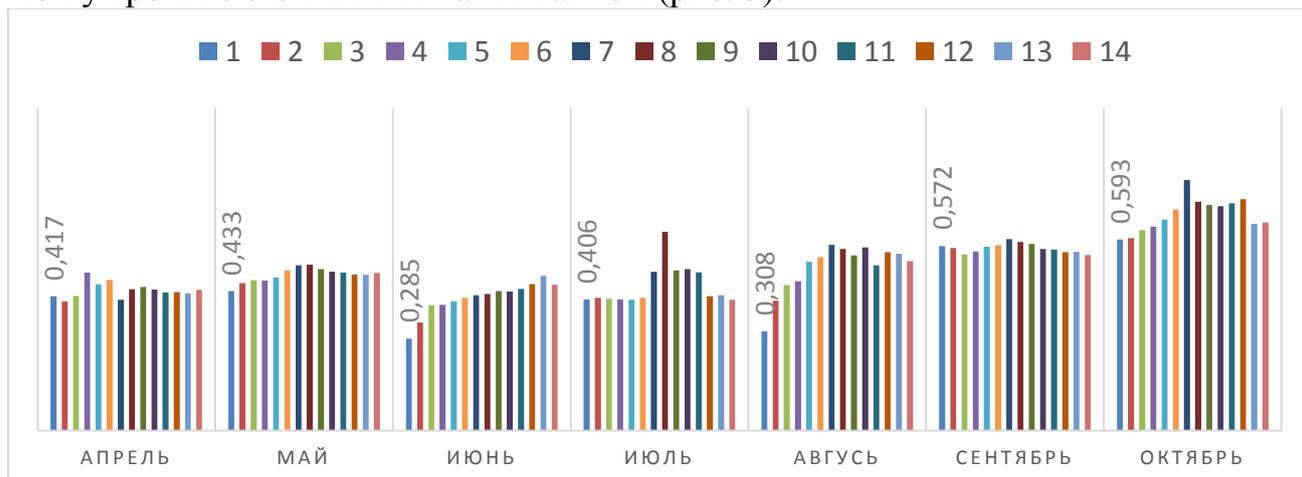


Рисунок 4 – Динамика температуры почвы, С

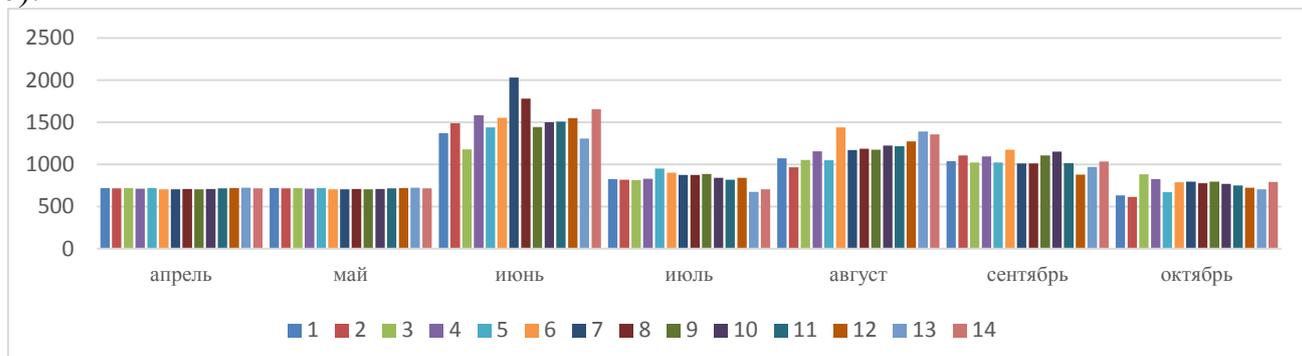
Проведенные исследования динамики эмиссии парниковых газов продемонстрировали зависимость оксида азота (I) от влажности почвы, максимальные значения наблюдались на 7 точке в западине, где в течении всего сезона измерений показатели влажности были максимальными и составили 0,777 мг/м<sup>2</sup>

в день в октябре. Минимальные – 0,285 мг/м<sup>2</sup> в день в июне, на 1 точке, расположенной у тропы с сильным вытаптыванием (рис. 5).



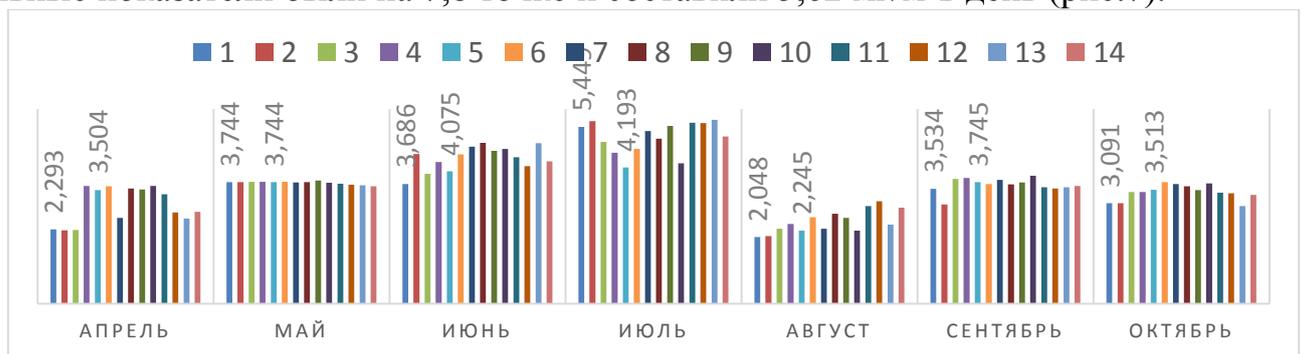
**Рисунок 5 – Динамика эмиссии оксида азота (I) (г/м<sup>2</sup>вдень)**

Потоки углекислого газа продемонстрировали зависимость от температуры почвы. Максимальные значения в 7 ряду и составляет 2028,9 мг/м<sup>2</sup> в день (рис. 6).



**Рисунок 6 – Динамика эмиссии углекислого газа (мг/м<sup>2</sup> в день)**

Потоки метана максимальных показателей достигали в июле, что связано с понижением температуры воздуха и увеличивающейся влажностью. Максимальные показатели были на 7,8 точке и составили 5,62 мг/м<sup>2</sup> в день (рис.7).



**Рисунок 7 – Динамика потоков метана (мг/м<sup>2</sup>вдень)**

### Библиографический список

1. Валягина-Малютина, Е. Т. Ивы Европейской части России/Е. Т. Валягина-Малютина. М.: Тов. науч. изд. КМК, 2004. -217 с.
2. Тихонова М.В. Экологическая оценка пространственно-временной изменчивости почвенной эмиссии N<sub>2</sub>O и CO<sub>2</sub> из дерново-подзолистых почв представительной лесной экосистемы Московского мегаполиса : на примере ЛОД РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева: дис.Тихоновой М.В. к.н.б. РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Москва, 2015.

УДК 630.181.351

### МОДЕЛИ МНОГОМЕРНОЙ РЕСУРСНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕСНЫХ ТАКСОНОВ ДЛЯ РАЙОНИРОВАНИЯ СУБЪЕКТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

*Хлюстов Виталий Константинович, профессор кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Васенёв Иван Иванович, профессор кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Ганихин Александр Максимович, аспирант кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* Посредством поэтапного применения факторного, кластерного и дискриминантного анализов разработаны модели многомерной ресурсно-экологической классификации лесных таксонов для районирования лесов субъектов центрального федерального округа.

*Ключевые слова:* экология леса, районирование лесов, модели многомерной классификации.

Продолжая исследования в области лесного районирования Л.Г. Раменского, В.Н. Сукачева, Б.П. Колесникова, С.Ф. Курнаева и др. следует отметить, что до настоящего времени отсутствуют научно-обоснованные схемы комплексного ресурсно-экологического районирования лесов.

Достоверное ресурсно-экологическое районирование лесов является основой рационального, экологически обоснованного лесопользования, оценки лесосырьевого, экологического, углероддепонирующего и биоэнергетического потенциала насаждений.

При решении задач районирования следует учитывать, что субвенции на реализацию государственной лесной политики распределяются по субъектам Российской Федерации. Поэтому механизм финансирования лесохозяйственной деятельности является определяющим для установления границ объекта, подлежащего ресурсно-экологическому районированию. В связи с этим было при-

нято решение ограничивать территорию районирования границами субъекта Российской Федерации, а в качестве элементарных единиц, выделяемых в тот или иной лесной район, рассматривать его лесничество.

Учет множества факторов, позволяющих оценить отдельно взятые лесничества, становится возможным при использовании методов многомерной классификации.

Путём поэтапного применения факторного, кластерного и дискриминантного анализов разработаны модели многомерной ресурсно-экологической классификации лесных таксонов [4].

При многомерном анализе был использован следующий комплекс показателей:

1. Геопозиционирование лесничеств – координаты центров полигонов (полигонами выступают отдельно взятые лесничества);
2. Группа почвенно-климатических переменных (данные приведены академиком Немчиновым В.С. с соавторами в «Материалах по природно-экономической характеристике сельскохозяйственных микрорайонов СССР»);
3. Группа переменных, характеризующая структуру земель лесного фонда (представлена долевым участием для площадных объектов и протяженностью для линейных);
4. Группа переменных, характеризующая долевое участие площадей, занятых разными типами лесов;
5. Группа переменных, характеризующая продуктивность и сомкнутость древостоев по типам лесов [4].

Все переменные, задействованные в анализе должны в обязательном порядке быть количественными, что требуется для достоверной группировки объектов сначала методом иерархической кластеризации (*агломеративная стратегия*), затем методом итеративной кластеризации (*метод k-средних*).

Фундаментальной основой кластерного анализа выступает гипотеза о выявлении близлежащих друг к другу скоплений точек (таксонов) в многомерном пространстве, размерность которого определяется количеством рассматриваемых переменных, а координатами точек в данном пространстве выступают значения переменных для отдельных лесничеств [4].

Применением факторного анализа осуществляется устранение автокорреляции между переменными, что позволяет в конечном итоге получить достоверные классификационные модели, т. к. коррелируемые между собой переменные искажают результаты кластеризации [3]. Факторизация переменных необходима для сокращения размерности многомерного пространства путем устранения малоинформативных переменных. Приемлемые результаты были получены при использовании *метода главных компонент*, позволяющего осуществить переход к главным компонентам (факторам), вобравшим в себя информацию о наиболее коррелируемых между собой переменных.

Выявление главных компонент позволило осуществить достоверную многомерную группировку лесничеств. Группировка выполнена в несколько этапов, т.к. требовалось получить ответ на несколько вопросов:

1. Какое количество типичных (однородных) групп объектов (таксонов) в многомерном пространстве следует считать оптимальным?

2. Каким образом достичь максимально достоверного соотнесения объектов к действительной группе в многомерном пространстве? [4]

Решение первого вопроса получено при использовании метода иерархической кластеризации (*агломеративная стратегия*), где в качестве меры сходства между таксонами использован *метод Уорда*, а в качестве измерения расстояния между ними – *Эвклидова метрика*.

Решение второго вопроса получено при использовании метода итеративной кластеризации – *метода k-средних*, т.к. этот метод с более высокой точностью соотносит объекты к их действительным классам.

Необходимо отметить, что кластерный анализ не имеет вычислительного механизма проверки гипотезы о достоверности получаемых разбиений. Данная задача решена при использовании алгоритма классификации с обучением, именуемым дискриминантным анализом [4].

Дискриминантный анализ позволяет спроецировать местоположение отдельно взятого лесничества в многомерном пространстве на оси канонических дискриминантных функций, которые со статистической достоверностью подтверждают достоверность таксономии.

При дискриминантном анализе так же, как и при кластерном анализе, лесничества представляются точками в многомерном пространстве. Соответственно функциональная зависимость, выступая в качестве поверхности проецирования, требует расчета собственных координат лесничеств, отражающихся на ось канонической дискриминантной функции. Координатой лесничества в данном случае выступает математическое ожидание, получаемое при решении уравнения. Уравнение канонической дискриминантной функции записывается следующим образом:

$$DF = b_1x_1 + \dots + b_ix_i + \dots + b_px_p + C, \quad (1)$$

где:

DF – координата лесничества в пространстве образуемом канонической дискриминантной функцией;

$x_i$  – числовое значение  $i$ -го главного компонента для отдельно взятого лесничества;

$b_i$  – значение коэффициента  $i$ -ой канонической дискриминантной функции для главного компонента;

C – константа [4].

После вычисления координат объектов для каждой канонической дискриминантной функции дана критериальная оценка достоверности классификации.

Алгоритм многомерной группировки лесничеств по однородности в системе главных компонент предполагает некоторую повторность его выполне-

ния. Это связано с тем, что метод итеративной кластеризации на каждом этапе выдает разный результат принадлежности лесничеств к тому или иному таксону. Принимая во внимание это обстоятельство, многомерная группировка лесничеств осуществлена с учетом целевой функции, ориентированной на максимизацию межгрупповой и минимизацию внутригрупповой изменчивости:

$$\lambda = \frac{\text{Дисперсия между группами}}{\text{Дисперсия внутри групп}} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где:  $\lambda$  – собственное значение канонической дискриминантной функции.

Собственные значения для канонических дискриминантных функций будут, как правило, уменьшаться от первой функции к последующей, а их абсолютные значения являются малоинформативными, т.к. интерпретировать их весьма затруднительно [4]. Истинную статистическую достоверность классификации и высокую полезность дискриминантной функции позволяет оценить коэффициент канонической корреляции, рассчитываемый для отдельной функции, по следующей формуле:

$$r_i = \sqrt{\frac{\lambda_i}{1+\lambda_i}}, \quad (3)$$

где:

$r_i$  – расчетное значение коэффициента канонической корреляции для отдельно взятой дискриминантной функции;

$\lambda_i$  – отношение дисперсии между группами к дисперсии внутри групп по значениям координат  $i$ -ой канонической дискриминантной функции.

На рисунке (рис.1) представлена карта-схема Костромской области с распределением лесничеств по выделенным в результате классификации однородным ресурсно-экологическим лесным районам (рис. 1). Статистическая достоверность классификации подтверждается расчетными значениями критериев, представленными в таблице (табл.1) [3].

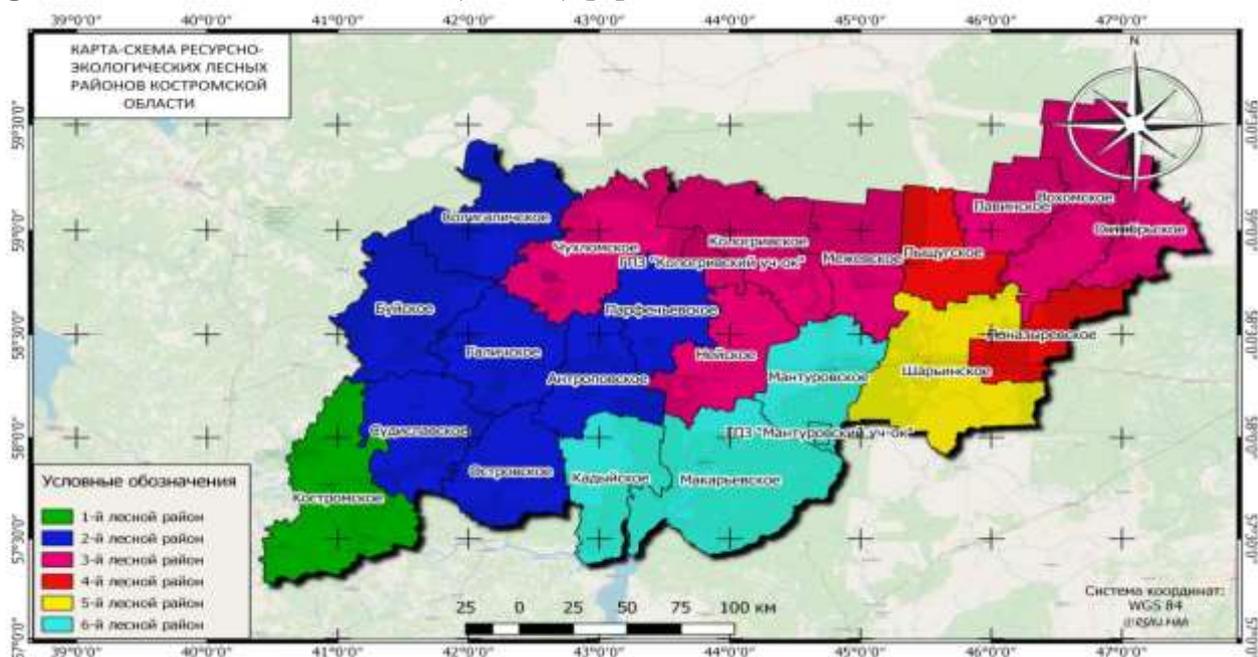


Рисунок 1 - Карта-схема ресурсно-экологических лесных районов Костромской области

**Расчётные значения критериев**

Функция	Собственное значение	% дисперсии переменных, объясняемый функцией	Суммарный % объясняемой дисперсии переменных	Каноническая корреляция
1	60,46	85,5	85,5	0,992
2	5,83	8,2	93,7	0,924
3	2,88	4,1	97,8	0,862
4	1,57	2,2	100	0,781

Расчётные значения критерия канонической корреляции оказались больше – 0,7 (табл. 1), что указывает на статистическую достоверность разделения каждой канонической дискриминантной функцией таксонов в многомерном пространстве. Четыре из четырех рассчитанных функций в сумме объясняют 100% дисперсии главных компонент.

Результаты ресурсно-экологического районирования лесов являются основой для проведения государственной инвентаризации, так как в соответствии с лесным кодексом Российской Федерации и приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 10.11.2011 №472 объектом исследований по определению количественных и качественных характеристик лесов являются лесные районы Российской Федерации [1, 2].

**Библиографический список**

1. Лесной кодекс Российской Федерации [Текст] : [федер. Закон : принят Гос. Думой 8 нояб. 2006 г. : по состоянию на 27 дек. 2018 г.] – М. : Эксмо, 2019. – ISBN 978-5-04-099934-7
2. Приказ Рослесхоза от 10.11.2011 №472 (ред. от 15.03.2018) "Об утверждении методических рекомендаций по проведению государственной инвентаризации лесов" [Текст] – СПС КонсультантПлюс.
3. Хлюстов, В. К. Комплексная оценка и управление древесными ресурсами: модели - нормативы - технологии <Книга I> [Текст] / В.К. Хлюстов – М : Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015. – стр. 389. – ISBN 978-5-9675-1288-9.
4. Хлюстов, В. К. Ресурсно-экологическое районирование и государственная инвентаризация лесов: учебное пособие [Текст] / В.К. Хлюстов, Ганихин А. М., Хлюстов Д. В. – М : Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева, 2018. – 185с.

## ОЦЕНКА ДЫХАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ЦИНКОМ И НИКЕЛЕМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАСТЕНИЙ ЯРОВОГО РАПСА

*Андреева Ирина Викторовна, доцент кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Абсалямов Рамиль Амирович, магистрант кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** по данным дыхательной активности дерново-подзолистой почвы установлено, что в первые 13 дней вегетации растения ярового рапса оказывали положительное влияние на устойчивость почвенного микробиоценоза к комплексному загрязнению цинком и никелем в диапазоне доз соответственно 400-800 и 30–60 мг/кг почвы.

**Ключевые слова:** рапс яровой, цинк, никель, дерново-подзолистая почва, базальное дыхание, углерод микробной биомассы, микробный метаболический коэффициент.

Практически во всех промышленно развитых регионах Российской Федерации отмечается загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ), превышающее безопасные пределы, что является причиной деградации сельскохозяйственных земель. При этом согласно данным Минсельхоза России, наиболее опасными по масштабам и объемам выбросов среди элементов 1 класса опасности является цинк, 2-го класса опасности – никель. В связи с этим возрастает значение комплексных непрерывных наблюдений за динамикой происходящих изменений в агроэкосистемах на фоне природных процессов, раннее выявление степени нарушения их устойчивости и разработка мероприятий по предупреждению развития негативных последствий.

Для целей почвенно-экологического мониторинга наряду с определением физико-химических показателей особое значение приобретает количественная оценка экологической устойчивости почвы по биологическим показателям ее состояния, в частности, по балансу микробного углерода в почвах, испытывающих разную степень антропогенной нагрузки. Учитывая чувствительность почвенного микробиоценоза к различным воздействиям, определение статуса почвенного микробного сообщества по таким показателям, как базальное (БД) и субстрат-индуцированное (СИД) дыхание, углерод микробной биомассы ( $C_{\text{мик}}$ ) и микробный метаболический коэффициент ( $q\text{CO}_2$ ) позволяет установить особенности их функционирования в условиях загрязнения различными токсикантами, выявить степень допустимости антропогенного вмешательства, наметить пути реабилитации нарушенных почв [1].

Ранее нами были проведены исследования по определению фиторемедиационного потенциала растений ярового рапса на загрязненной тяжелыми ме-

таллами почве [2]. На основе рассчитанных показателей выноса, коэффициентов биологического поглощения и транслокации был сделан вывод о потенциальной возможности использования указанной культуры для реабилитации химически деградированных почв. Однако характер влияния растений ярового рапса на состояние почвенного микробиоценоза в загрязненной тяжелыми металлами почве оставался невыясненным. Таким образом, цель данного исследования состояла в оценке дыхательной активности дерново-подзолистой почвы при разном уровне ее загрязнения цинком и никелем в условиях вегетационного опыта с растениями ярового рапса.

Для закладки вегетационного опыта использовали пахотный слой дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы с территории Полевой опытной станции ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева со следующей агрохимической характеристикой:  $pH_{KCl}$  - 7,13, гумус по Тюрину – 2,36%,  $N_T$  – 0,41 мг-экв/100 г,  $N_{общ}$  – 0,12%,  $P_2O_5_{подв.}$  – 367,78 мг/кг,  $K_2O_{подв.}$  – 240,5 мг/кг, Zn и Ni (валовое содержание) – 41,4 и 13,3 мг/кг соответственно. Определение агрохимических показателей почвы проводили в соответствии с общепринятыми методиками. Фоновые макроудобрения при набивке сосудов вносили в виде нитроаммофоски с соотношением основных питательных веществ 16:16:16. Загрязнение почвы имитировали путем комплексного внесения в нее цинка (Zn) и никеля (Ni) в виде растворов солей  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  и  $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ . Суммарный показатель загрязнения почвы при совместном внесении цинка и никеля в дозах соответственно 400 и 30 мг/кг составил 9,4 (допустимый уровень загрязнения), в дозах 800 и 60 мг/кг – 19,8 (умеренно опасный уровень загрязнения). Схема опыта включала также варианты, предполагающие посев растений ярового рапса сорта Petranova (по 7 шт. на сосуд), и аналогичные варианты без растений (таблица). Опыт проводили в четырехкратной повторности. Для оценки динамики дыхательной активности дерново-подзолистой почвы в первой и второй половине вегетационного периода (на 13 и 66-й день после посева растений рапса) из каждого сосуда отбирали образцы почвы, высушивали в течение 1 – 2 суток на воздухе при комнатной температуре и просеивали (сито, диаметр ячеек 1 мм). Затем готовили навески почвы массой 2 г, которые помещали в вials объемом 15 мл, увлажняли дистиллированной водой до 60% полной влагоемкости. *Субстрат-индуцированное дыхание почвы* оценивали по скорости начального максимального дыхания микроорганизмов после обогащения почвы глюкозой. В навески почвы добавляли 0,2 мл 7,5% раствора глюкозы, герметично закрывали и помещали в термостат при 22°C на 3 часа для инкубации. Затем из каждой вials отбирали пробу воздуха и анализировали с помощью газового хроматографа «Хроматэк - Кристалл 5000.2». Скорость СИД выражали в мкл  $CO_2$  г<sup>-1</sup> почвы ч<sup>-1</sup>. *Базальное дыхание* измеряли по скорости выделения  $CO_2$  почвой за 24 часа инкубации при 22°C. Определение проводили аналогично СИД, но вместо раствора глюкозы в почву добавляли дистиллированную воду в таком же количестве. Скорость БД выражали в мкг  $CO_2$ -С г<sup>-1</sup> почвы ч<sup>-1</sup>. Измерение БД и СИД проводили в 5-кратной повторности, расчеты были выполнены

на сухую почву, результаты выражены как среднее  $\pm$  стандартное отклонение (таблица).

Углерод микробной биомассы  $C_{\text{мик}}$  рассчитывали по формуле:

$$C_{\text{мик}} (\text{мкг С г}^{-1} \text{ почвы}) = \text{СИД} (\text{мкл СО}_2 \times \text{г}^{-1} \text{ почвы ч}^{-1}) \times 40,04 + 0,37.$$

Микробный метаболический коэффициент  $q\text{СО}_2$  рассчитывали как отношение скорости базального дыхания к углероду микробной биомассы:

$$\text{БД}/C_{\text{мик}} = q\text{СО}_2 (\text{мкг СО}_2\text{-С мг}^{-1} \text{ С}_{\text{мик}} \text{ ч}^{-1}).$$

Статистическую обработку данных проводили с использованием основных инструментов базовой статистики при помощи программы Microsoft Excel.

В результате проведения вегетационного опыта были получены данные по дыхательной активности почвы, представленные в таблице.

Влияние растений ярового рапса и разных уровней комплексного загрязнения дерново-подзолистой почвы цинком и никелем на динамику содержания углерода микробной биомассы ( $C_{\text{мик}}$ , мкг С г<sup>-1</sup> почвы), базального (БД, мкг СО<sub>2</sub>-С г<sup>-1</sup> почвы ч<sup>-1</sup>) и субстрат-индуцированного (СИД, мкл СО<sub>2</sub> г<sup>-1</sup> почвы ч<sup>-1</sup>) дыхания, микробного метаболического коэффициента ( $q\text{СО}_2$ , мкг СО<sub>2</sub>-С мг<sup>-1</sup> С<sub>мик</sub> ч<sup>-1</sup>)

Таблица

**Данные по дыхательной активности почвы, представленные в таблице**

Вариант		БД	СИД	$C_{\text{мик}}$	$q\text{СО}_2$
<i>Первый отбор</i>					
Без растений	Контроль (фон)	0,71 $\pm$ 0,15	3,20 $\pm$ 0,88	129 $\pm$ 25	5,91 $\pm$ 1,95
	Фон + Zn400 + Ni30	0,77 $\pm$ 0,14	3,22 $\pm$ 0,32	129 $\pm$ 13	6,18 $\pm$ 1,55
	Фон + Zn800 + Ni60	0,41 $\pm$ 0,06	2,30 $\pm$ 0,53	92 $\pm$ 11	5,55 $\pm$ 1,09
С растениями	Контроль (фон)	0,38 $\pm$ 0,09	5,64 $\pm$ 1,36	211 $\pm$ 80	1,91 $\pm$ 0,71
	Фон + Zn400 + Ni30	0,30 $\pm$ 0,06	7,93 $\pm$ 0,65	317 $\pm$ 26	0,93 $\pm$ 0,24
	Фон + Zn800 + Ni60	0,31 $\pm$ 0,05	5,96 $\pm$ 0,60	239 $\pm$ 25	1,30 $\pm$ 0,19
<i>Второй отбор</i>					
Без растений	Контроль (фон)	1,19 $\pm$ 0,06	17,78 $\pm$ 2,91	712 $\pm$ 117	2,12 $\pm$ 0,25
	Фон + Zn400 + Ni30	0,87 $\pm$ 0,07	14,40 $\pm$ 1,75	577 $\pm$ 70	1,54 $\pm$ 0,32
	Фон + Zn800 + Ni60	0,77 $\pm$ 0,09	18,21 $\pm$ 3,28	730 $\pm$ 59	1,10 $\pm$ 0,10
С растениями	Контроль (фон)	1,34 $\pm$ 0,12	20,19 $\pm$ 3,93	809 $\pm$ 157	1,31 $\pm$ 0,18
	Фон + Zn400 + Ni30	1,20 $\pm$ 0,06	15,48 $\pm$ 3,60	620 $\pm$ 63	1,89 $\pm$ 0,47
	Фон + Zn800 + Ni60	0,96 $\pm$ 0,06	15,83 $\pm$ 3,11	634 $\pm$ 124	2,62 $\pm$ 0,60

Базальное дыхание почвенных микроорганизмов характеризует эмиссию СО<sub>2</sub> из почвы. Интенсивность БД тесно связана с суммарной биологической активностью почвы и может выступать в качестве индикатора ее загрязнения. Как правило, повышение интенсивности БД является свидетельством ухудшений условий существования микроорганизмов [3]. В нашем исследовании установ-

лено, что при первом отборе в вариантах с растениями различий по величине БД не наблюдалось и в целом они были в 1,3 – 2,6 раза ниже аналогичных значений в вариантах без растений. По всей видимости, на начальном этапе проведения эксперимента присутствие растений в сосудах сглаживало негативное влияние на почвенную микрофлору внесенных токсикантов.

В отличие от БД, величина субстрат-индуцированного дыхания, характеризующего потенциальную активность микробного сообщества почвы, при первом отборе не зависела от присутствия тяжелых металлов в изучаемом диапазоне доз, однако достоверно зависела от фактора «наличие растений»: в вариантах с растениями величина СИД была в 1,8 – 2,6 раза выше, чем в аналогичных вариантах без растений. Считается, что высокий микробный потенциал свидетельствует о большей способности системы сохранять равновесие под влиянием внешних воздействий. Во второй половине вегетации во всех вариантах значения СИД значительно возросли – в 2 – 8 раз по сравнению с аналогичными данными первого отбора, причем на них достоверно не оказывал влияния ни один из изучаемых факторов.

К числу значимых эколого-физиологических индикаторов, отражающих состояние почвенного органического углерода, относится содержание углерода микробной биомассы  $S_{\text{мик}}$ . Данные, полученные при первом отборе, показали, что  $S_{\text{мик}}$  в вариантах без растений был в 1,6 – 2,6 раза ниже, чем в тех же вариантах с растениями. Проверка значимости различий средних между изучаемыми факторами по критерию Краскела – Уоллиса показала достоверность различий между вариантами с растениями и без них и отсутствие достоверных различий по фактору «доза цинка и никеля». К моменту второго отбора статистически значимых различий по критерию Тьюки между вариантами опыта ни по одному фактору выявлено не было. Необходимо отметить значительный рост значений  $S_{\text{мик}}$  во всех вариантах во второй половине вегетационного периода по сравнению с данными, полученными при первом отборе, что может быть связано с ростом количества минерализуемого углерода в почве. Наибольшее значение  $S_{\text{мик}}$  было зафиксировано в контрольном варианте с растениями без токсикантов и составило 809 мкг С г<sup>-1</sup> почвы.

Показатель удельной скорости дыхания микробной биомассы  $q\text{CO}_2$ , который называют еще показателем микробного стресса, отражает экофизиологический статус почвенного микробного сообщества и является важным индикатором эффективности использования субстрата [4]. При устойчивом состоянии почвенной системы данный показатель обычно снижен, тогда как антропогенные воздействия приводят к повышению значений  $q\text{CO}_2$ . Согласно полученным нами данным, в вариантах с растениями в начальный период их вегетации и во всех вариантах во второй половине вегетации независимо от уровня внесения токсикантов значения  $q\text{CO}_2$  находились в диапазоне от 0,93 до 2,62 мкг  $\text{CO}_2$ -С мг<sup>-1</sup>  $S_{\text{мик}}$  ч<sup>-1</sup>. Только в вариантах без растений, включая контрольный, при первом отборе значения данного показателя оказались в среднем в 5 – 6 раз выше значений, полученных в других вариантах, что свидетельствует о нарушении функционирования микробного сообщества. Рассчитанные значения коэффи-

циента микробного дыхания (**QR**) как отношение абсолютной величины БД к СИД, которые дают представление об устойчивости почвенного микробиоценоза [4], подтвердили слабую степень ее нарушения в вариантах без растений при первом отборе (0,18 – 0,24), тогда как в других вариантах степень нарушения устойчивости отсутствовала ( $QR < 0,1$ ).

Таким образом, полученные в условиях вегетационного опыта экспериментальные данные дыхательной активности почвы, искусственно загрязненной цинком и никелем в диапазоне доз соответственно 400 – 800 и 30 – 60 мг/кг почвы, и рассчитанные на их основе значения экофизиологических индикаторов позволяют сделать вывод, что статистически достоверные изменения в функционировании микробного сообщества были вызваны в основном фитогенным фактором (наличием в сосудах растений ярового рапса) и слабо зависели от присутствия токсикантов в почве. Сравнение данных дыхательной активности почвы, полученных после первых 13 дней эксперимента, в вариантах без растений с вариантами с растениями (более низкие значения БД и высокие – СИД, рост содержания углерода микробной биомассы и низкие значения  $qCO_2$ ) свидетельствует о существенном вкладе последних в повышение устойчивости почвенного микробиоценоза к изучаемым токсикантам в начальный период их действия. Во второй половине вегетационного периода растений рапса различия между вариантами сглаживались, вероятно, по причине преодоления стресса и адаптации микробного сообщества. Для подтверждения выявленных тенденций необходимо проведение дальнейших исследований с тем, чтобы выработать практические рекомендации по рекультивации деградированных почв.

### Библиографический список

1. Сушко, С.В. Эмиссия  $CO_2$ , микробная биомасса и микробное дыхание почвы разного землепользования лесостепной зоны европейской России / С.В. Сушко, Н.Д. Ананьева, К.В. Иващенко, В.Н. Кудеяров // Почвоведение. - 2019. - № 9. - С. 1081–1091.
2. Кошкин, Е.И. Оценка фиторемедиационного потенциала сортов ярового рапса (*Brassica napus* L.) в условиях загрязненной тяжелыми металлами дерново-подзолистой почвы / Е.И. Кошкин, И.В. Андреева, С.Л. Белопухов // Агрехимия. - 2014. - № 8. - С. 79-87.
3. Васенёв, В.И. Влияние поллютантов (тяжелые металлы, дизельное топливо) на дыхательную активность конструкторских земель / В.И. Васенёв, Н.Д. Ананьева, К.В. Иващенко // Экология. – 2013. - № 6. – С. 436-445.
4. Жукова, А.Д. Оценка экологического состояния почв на территории импактного влияния производства фосфорсодержащих минеральных удобрений (на примере ОАО «Воскресенские минеральные удобрения»): дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / А.Д. Жукова. – Москва, 2017. – 169 с.

## ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОСТОВ НА ОСНОВЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА

*Анисимова Татьяна Юрьевна, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал ФГБНУ «Верхневолжский федеральный научный центр»*

**Аннотация:** Разработан технологический процесс и технические средства для ускоренного компостирования в специальных сооружениях с активной аэрацией, а также дополнительные способы, позволяющие снижать потери биогенных элементов в процессе компостирования и получать высококачественные компосты и питательные грунты на основе помета, торфа и других органогенных материалов.

**Ключевые слова:** птичий помет, торф, сорбенты, аэробная ферментация, технологический процесс, пометный компост

По данным Министерства сельского хозяйства РФ, годовой объем отходов животноводческих предприятий и птицефабрик составляет более 700 млн. м<sup>3</sup>. Ежегодно необходимо подвергать переработке свыше 200 млн. т жидких навозных стоков различной степени очистки [1]. Для решения этой проблемы наиболее эффективным способом утилизации отходов с одновременным получением органических удобрений является производство компостов.

Метод пассивного компостирования предполагает формирование пометных буртов под открытым небом на специально отведенных для этого территориях. Длительность компостирования при температуре воздуха около плюс 5°C составляет 30 дней, выше плюс 10°C - от 30 до 90 дней; при низких температурах до минус 20°C – 60 дней и более [2]. Метод активного аэробного компостирования предусматривает проведение всего процесса в специальных теплоизолированных устройствах – биоферментаторах, в которых помет обогащается кислородом воздуха, что приводит к ускорению процессов распада органических веществ. При активном компостировании длительность процесса составляет 7-10 суток [3]. Аэрация может осуществляться естественной диффузией кислорода в компостируемую массу посредством перемешивания компоста вручную, с помощью механизмов или принудительно. Поток воздуха удаляет диоксид углерода и воду, образующиеся в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, а также отводит теплоту благодаря испарительному теплопереносу [4]. Потребность в кислороде меняется в течение процесса: она низка в мезофильной фазе, возрастает до максимума в термофильной и падает до минимума во время стадии остывания и созревания.

Для обеспечения технологического процесса производства торфопометного компоста (при соотношении компонентов 3:1) использовали следующие сооружения: площадку с твердым покрытием размером 20x10 (м<sup>2</sup>) для хране-

ния годового запаса подстилочного помета (20 т) и торфа (60 т), а также предварительного смешивания и хранения готового компоста; здание ферментационной камеры размером (9x4x3) м.

Технологический процесс производства компостов включал в себя следующие операции: транспортировка торфа и формирование «подушки»; транспортировка помета; смешивание компонентов и укладка в бурт; погрузка смеси; транспортировка и выгрузка смеси в ферментационную камеру; аэробная ферментация смеси; погрузка, транспортировка и укладка готового компоста в бурт.

Продолжительность компостирования составляла 10 дней. Процесс сопровождался потерями массы от 1,8 до 4,7 % в сутки за счет испарения влаги и разложения органического вещества. Расход воздуха составлял от 2,5 до 4,5 м<sup>3</sup>/г в час для обеспечения условий ускоренного протекания биотермического процесса. Цикл подачи кислорода повторялся до полного завершения аэробного процесса в ферментационной камере. После достижения оптимальной температуры (55 °С) смесь выдерживали в течение 4 дней. За этот период происходит гибель патогенной микрофлоры, а семена сорных растений теряют всхожесть. Из ферментационной камеры готовый компост выгружали погрузчиком ПКУ-0,8 в машину РОУ-6 и вывозили на площадку хранения. Для снижения потерь массы и питательных веществ из компоста формировали бурт высотой 2,0 м с максимально возможным уплотнением.

С целью снижения потерь азота в процессе компостирования с использованием метода аэробной ферментации проводили изучение эффективности применения сорбентов в качестве укрывного материала или наполнителей смеси (10% от объема). В качестве сорбентов использовали торф, глину, цеолит.

Торфопометная смесь (в соотношении компонентов 3:1) перед загрузкой в ферментационную камеру была тщательно перемешана на открытой площадке, согласно схеме опыта в смесь добавлены глина и цеолит. Перед перенесением полученных смесей в ящики были отобраны пробы на агрохимический анализ, в ящики помещены мешки из нетканого материала, содержащие 1 кг исходных торфосмесей. Испытуемые смеси загружали в ящики объемом 1 м<sup>3</sup>, разделенные на 4 секции и закрывали слоем сорбентов: торф, цеолит, глина толщиной 15 см. Размеры частиц сорбентов - не более 0,5 см; влажность - не более 60 %. Объем сорбента в смесях - 15 % к общему объему ферментируемой массы. Ящики устанавливали в ферментационную камеру, в секцию принудительно подавали воздух компрессором в течение 30 минут через каждые два часа (дискретно).

На открытой площадке проводили аналогичные наблюдения, были сформированы бурты с торфопометной смесью, укрытые торфом, глиной и черной полиэтиленовой пленкой. Контролем в обоих опытах являлась неукрытая торфопометная смесь.

Определение концентрации выделения  $\text{NH}_3\uparrow$  проводили с использованием метода Макарова [5] .

Наибольшее выделение  $\text{NH}_3\uparrow$  в смесях, помещенных в аэратор, зафиксиро-

ровано в контрольном варианте без использования сорбентов (рисунок 1). Максимальный скачок температуры до  $+50^{\circ}\text{C}$  отмечен при использовании глины, в этом же варианте зафиксированы наименьшие потери массы после биоферментации торфопометной смеси.

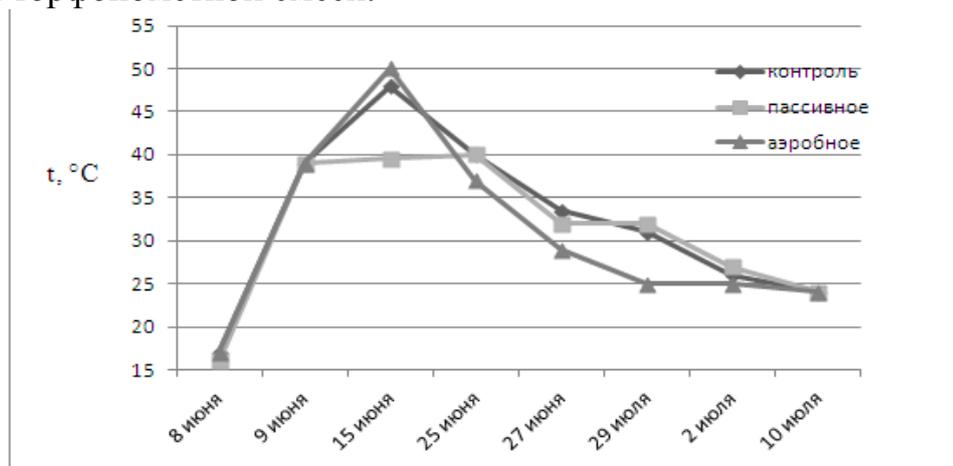


Рисунок 1 - Динамика выделения аммиака из смесей при разных видах компостирования

При компостировании торфопометной смеси в буртах (пассивное компостирование) наибольшее выделение аммиака по времени и по значениям зафиксировано также в контрольном варианте, наименьшее - при использовании глины и черной полиэтиленовой пленки в качестве укрывного материала (рисунок 2).

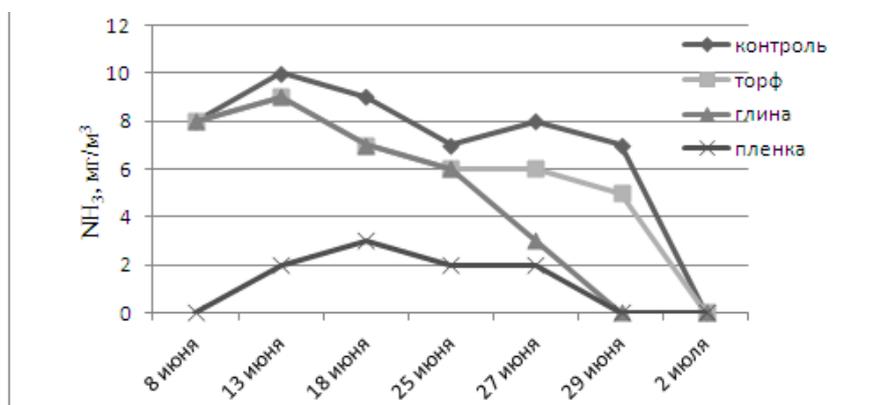


Рисунок 2 - Динамика выделения аммиака из торфо-помётной смеси при компостировании в буртах при использовании укрывных материалов,  $\text{мг}/\text{м}^3$

При использовании торфа в качестве укрывного материала буртов период эмиссии аммиака был более растянут по сравнению с вариантами с глиной и пленкой, был приближен к контрольному варианту, что может свидетельствовать о сравнительно медленной скорости биохимических реакций внутри смеси при укрытии её торфом.

В результате исследований получены данные по изучению процесса аэробного компостирования, на основании которых установлено, что лучшим сорбентом для компостирования торфопометной смеси является торф. Потери

физической массы в этом варианте опыта были самыми низкими и составили 16,5 %. Наименьшие потери аммиака при компостировании торфопометной смеси в аэраторе были зафиксированы при использовании глины, а общего азота – при использовании торфа и цеолита (таблица).

*Таблица*

**Влияние способов использования сорбентов при применении метода аэробной ферментации при производстве торфопометных компостов на изменение массы и содержания общего азота**

Варианты	Потери массы, %	Потери N <sub>общ.</sub> , %
Контроль (без сорбента)	22,5	10,2
Сорбент цеолит	22,8	7,0
Сорбент торф	16,5	8,0
Сорбент глина	26,7	12,0
Торфопометно-глиняная смесь	20,0	19,6
Торфопометно-цеолитовая смесь	17,0	18,0

В результате проведенных исследований при производстве торфопометных компостов методом аэробной ферментации были получены следующие результаты:

- наименьшее сокращение потерь физической массы отмечено при использовании торфа в качестве сорбента и составило в среднем 16,5%;
- потери общего азота при использовании торфа, глины и цеолита как в качестве сорбентов, так и в качестве наполнителей, снизились в среднем в 1,6 раза по сравнению с контролем;
- наименьшие потери аммиака при компостировании торфопометной смеси в аэраторе были зафиксированы при использовании глиняного сорбента, а общего азота – при использовании торфа и цеолита.

**Библиографический список**

1. Сельское хозяйство России// Буклет МСХ РФ. Москва: ФГБНУ «Росинформагротех». - 2019. - 55 с.
2. Ковалев, Н. Г. Основные направления совершенствования технологических средств производства удобрений путем ускоренной биоконверсии органического сырья, получаемого на предприятиях агропромышленного комплекса / Н.Г.Ковалев //Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2012. – №. 4. – С. 3-12.
3. РД-АПК 1.10.15.02-17 Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета // Министерство сельского хозяйства РФ. Москва, 2017. – 173 с.
4. Никольский К. С., Сачков А. Н. Твёрдые промышленные, бытовые и сельскохозяйственные отходы. Их свойства и переработка. - М: Союз российских городов, Секция "Экология города" (изд. 2-е), 2011. – 115 с.
5. Агрохимические методы исследования почв / под редакцией А.В.Соколова. 5-е изд., доп. и перераб. - М.: Наука, 1975. - 656 с.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМ МИКРОРЕЛЬЕФА НА ПРИМЕРЕ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЁМОВ СРЕДНЕРУССКОЙ ПРОВИНЦИИ

*Бузылёв Алексей Вячеславович, старший преподаватель кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Слюсарев Владимир Иванович, доцент кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Проведена базовая агроэкологическая оценка модельного поля в рамках агроэкологической оценки выщелоченных чернозёмов северной части Среднерусской провинции лесостепной зоны, проводимой в целях оптимизации их использования. При проведении оценки были выявлены проблемные участки, требующие детального анализа основных агроэкологических параметров.

**Ключевые слова:** агроэкологическая оценка, суффозионные процессы, эрозия почвенного покрова.

Агроэкологическая оценка земель изо дня в день набирает свою актуальность в условиях подъёма сельского хозяйства и в связи с проводимыми аграрными реформами.

Поставленная правительством цель на экологизацию продукции растениеводства и сертификацию её экологической безопасности не может быть достигнута без прохождения этапа первоначальной агроэкологической оценки тех почв, на которых данная продукция будет выращиваться.

В рамках большой работы по агроэкологической оценке выщелоченных чернозёмов северной части Среднерусской провинции лесостепной зоны, проводимой в целях оптимизации их использования на первом этапе были получены общие сведения по группе агроэкологических факторов, определение которых не требует сложных химических анализов.

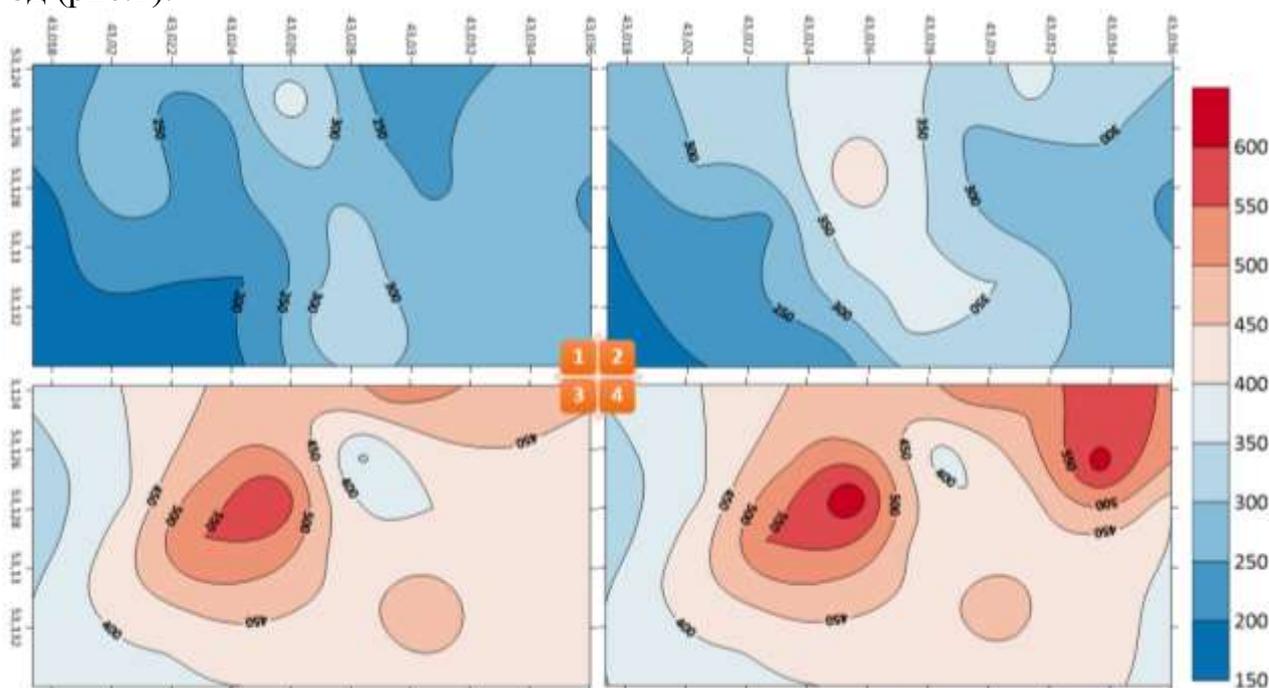
Модельное поле, площадью 100 га было разбито на гектарную сеть с отбором усреднённых образцов стандартным агрохимическим методом «Конверта» из каждой ячейки сети. Базовые физико-химические анализы проводились на базе лаборатории ЛАМП.

Высоко окультуренное модельное поле, задействовано в товарном зерно-паро-пропашном севообороте. Почвенный покров представлен исключительно выщелоченными чернозёмами мощными среднегумусными глинистыми на лесовидных глинах, является верхней частью плоского водораздела. Выположенное с равномерным очень пологим склоном 1-2° южной экспозиции в западной части. Микрорельеф представлен формами суффозионных процессов - блюдцами и западинами. В юго-восточной оконечности поля присутствуют эрозионные процессы на основе двух ложбин, являющихся частью гидрографической

сети. В зависимости от сезонности и климатических параметров периодически проявляются стоковые борозды и промоины. В северной части поля выявлены очаги вымокания посевов озимых зерновых культур, связанные с характером внутрипочвенного стока и возможно суффозионными процессами [1].

Микрорельеф играет важнейшую роль при проведении детальной агроэкологической оценки, являясь одним из факторов образования и индикатора структуры почвенного покрова. В рамках исследуемого поля он непосредственно влияет на перераспределение влаги и тепла в пределах ключевых участков, что сказывается как на количестве, так и на качестве полученного урожая сельскохозяйственных культур. Особенно сильно влияние микрорельефа проявляется в условиях плохой дренированности территории, почвообразующих пород тяжелого гранулометрического состава. Весной застаивание воды в замкнутых микропонижениях обуславливает сильное запаздывание сроков поспевания почвы, оглеение, накопление токсичных продуктов почвообразования, вымокание посевов озимых культур.

Для предварительной характеристики модельного поля была составлена картограмма плотности пахотного и подпахотного горизонта А с динамикой в 1 год (рис.1).



**Рисунок 1 - Плотность почвенного покрова модельного поля:**

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 – 2018 г., горизонт Апах, | 2 – 2019 г., горизонт Апах, |
| 3 – 2018 г., горизонт А,    | 4 – 2019 г., горизонт А     |

На картограммах четко отслеживаются общие закономерности распределения уплотнений пахотного и подпахотного горизонтов. Динамика свидетельствует о постепенном повышении плотности как пахотного, так и подпахотного горизонтов почвенного покрова.

Крупное суффозионное блюдце с постоянным вымоканием озимых зерновых наблюдается в точке N43,026 E53,126 пахотного горизонта, причём на глубине 25-40 сантиметров почвы становятся более лёгкими.

О приблизительном характере миграции почвенного стока могут свидетельствовать картограммы подпахотного горизонта, где наблюдаются замывы изолиний плотности в юго-западном направлении, практически аналогично поверхностному уклону модельного поля [2].

Локальное переуплотнение в северо-восточной части поля с координатами N43,034 E53,126 по всей видимости связано с размещением на данном участке временного полевого стана для погрузки/разгрузки минеральных удобрений в 2018 году, когда поле находилось под паром.

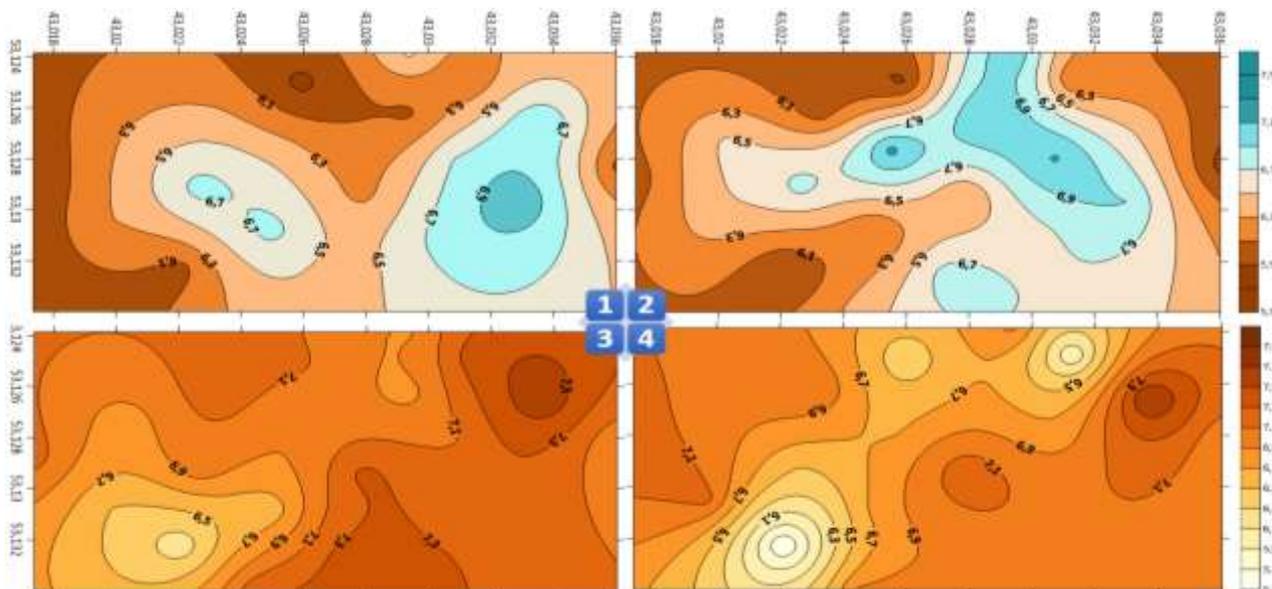


Рисунок 2 - Влажность и содержание гумуса в почве:

- 1 – Влажность горизонта Апах,                      2 – влажность горизонта Апп,  
3 – Содержание гумуса горизонта Апах,      4 – Содержание гумуса горизонта Апп

Данные по влажности (рис.2) в пахотном горизонте показывают минимальную влажность в зоне суффозионного блюдца и максимальную в зоне ложбин с начальным проявлением эрозии (точка N43,032 E53,13). В подпахотном горизонте ни суффозионные процессы, ни процессы связанные с эрозией почвы не отслеживаются.

Пониженная концентрация гумуса на картах-схемах его содержания в пахотном и особенно подпахотном горизонтах так же позволяют выявить суффозионные процессы. Помимо уже обнаруженной проблемной территории на поле выявлено 2 значительно крупных участка с его пониженной концентрацией. Данные участки визуально не отслеживаются в процессе вегетации культур и их детальное обследование с заложением разрезов и эколого-химическим анализом почв на содержание макро- и микроэлементов запланировано на следующий полевой сезон [2].

На участке эрозионных процессов наблюдается среднее по полю содержание гумуса в обоих горизонтах, так как зона выноса находится за пределами обследованной территории, а поле относится к высококультуренному с постоянным применением локальной почвозащитной обработки проблемного участка.

Таблица 1

## Гранулометрический состав пахотного горизонта

№	Гранулометрический состав						
	Пк и Пс	Пм	Крупная пыль	Средняя пыль	Мелкая пыль	Ил	Физическая глина
	(1-0.25)	(0.25-0.05)	(0.05-0.01)	(0.01-0.005)	(0.005-0.001)	(<0.001)	(<0.01)
Апах 2-3	0,49	9,15	34,70	20,47	15,30	29,89	55,66
Апах 2-4	0,84	13,53	28,03	9,59	16,55	31,46	57,59
Апах 2-5	0,66	10,38	33,80	9,91	16,26	28,99	55,17
Апах 2-6	0,48	12,23	34,46	5,64	15,85	31,34	52,83
Апах 3-3	0,75	10,54	31,85	5,77	20,13	30,96	56,86
Апах 3-4	0,43	11,42	28,88	11,57	15,27	32,43	59,28
Апах 3-5	0,58	14,66	27,56	10,66	15,28	31,26	57,20
Апах 3-6	0,20	12,60	26,34	12,97	17,08	30,82	60,86
Апах 4-3	0,19	10,31	26,12	15,96	17,19	30,23	63,38
Апах 4-4	0,51	12,63	28,07	13,74	15,18	29,87	58,79
Апах 4-5	0,50	14,72	27,74	10,00	20,52	26,52	57,04
Апах 4-6	0,69	16,24	25,84	13,12	12,04	32,06	57,23
Апах 5-3	0,38	9,78	28,39	12,60	19,71	29,13	61,45
Апах 5-4	0,19	15,06	23,16	14,83	19,84	26,92	61,59
Апах 5-5	0,20	10,27	30,15	9,18	18,87	31,34	59,38
Апах 5-6	0,55	14,62	31,63	11,34	16,79	25,06	53,19
Апах 6-3	0,46	12,58	28,06	12,17	16,01	30,72	58,90
Апах 6-4	0,51	13,01	32,05	10,45	16,45	27,53	54,43
Апах 6-5	0,44	9,58	31,15	8,77	20,03	30,03	58,82
Апах 6-6	0,48	12,18	29,14	11,22	18,11	28,88	58,21

В таблице представлены усреднённые в 4 раза характеристики гранулометрического состава почв пахотного горизонта модельного поля. Точки 2-4 и 3-4 относятся к участкам ложбин с проявлением эрозионных процессов. Точки 4-6 – к выявленному суффозионному блюдцу.

Таблица 2

## Гранулометрический состав подпахотного горизонта

№	Гранулометрический состав						
	Пк и Пс	Пм	Крупная	Средняя пыль	Мелкая пыль	Ил	Физическая глина
	(1-0.25)	(0.25-0.05)	(0.05-0.01)	(0.01-0.005)	(0.005-0.001)	(<0.001)	(<0.01)
А 2-3	0,12	17,05	22,90	9,25	16,94	33,74	59,93
А 2-4	0,20	12,60	26,34	12,97	17,08	30,82	60,86
А 2-5	0,55	16,51	26,64	11,53	15,37	29,41	56,30
А 2-6	0,57	11,89	28,31	10,01	17,13	32,09	59,24
А 3-3	0,65	14,21	29,72	9,25	15,10	31,06	55,41
А 3-4	0,24	10,75	28,23	15,06	9,72	35,99	60,77
А 3-5	0,16	11,56	24,48	16,21	15,91	31,68	63,80
А 3-6	0,14	9,95	27,28	12,26	17,60	32,77	62,63
А 4-3	0,67	10,41	34,00	12,01	15,11	27,79	54,92
А 4-4	0,15	15,09	27,30	11,54	15,36	30,57	57,46
А 4-5	0,45	17,13	30,59	4,17	20,13	27,52	51,83
А 4-6	0,71	12,20	32,86	10,98	14,75	28,50	54,23
А 5-3	0,37	13,07	30,54	11,48	15,31	29,23	56,02
А 5-4	0,27	10,93	29,60	8,44	19,41	31,35	59,20
А 5-5	0,55	14,34	28,40	6,20	20,30	30,49	56,72
А 5-6	0,38	18,06	19,78	19,97	13,66	28,15	61,78
А 6-3	1,18	16,27	24,92	11,47	16,02	30,14	57,63
А 6-4	0,65	15,83	26,77	11,51	16,96	28,28	56,75
А 6-5	0,60	15,99	26,66	5,88	17,85	33,02	56,74
А 6-6	0,53	13,60	30,81	9,83	15,12	30,10	55,06

При эрозионных и суффозионных процессах наблюдается преобладание крупного и среднего песка при существенном снижении содержания крупной и мелкой пыли связанном, по нашему мнению, с процессами вымывания.

Следы вымывания пылевых фракций на эрозионных участках чётко прослеживаются по точкам, расположенным ниже по склону: 2-3 и 4-3. На суффозионном участке данные следы не обнаружены, что свидетельствует о вертикальной миграции пылевых частиц.

В подпахотном горизонте (табл.2) всё также наблюдается много крупного и среднего песка, а также значительное количество крупной пыли. На эрозионных участках преобладает физическая глина, а на суффозионном участке – физический песок, что вполне соответствует принятым закономерностям.

Построенные карты-схемы реакции среды (рН водный) так же чётко отображают местоположение суффозионного блюда нейтральной реакцией среды с показателем рН 7,0-7,5 при общем слабо-кислом фоне рН 5,5-6,0. Подверженный эрозии участок поля близок к нейтральному с показателями рН 6,0-6,5.

### **Библиографический список**

1. Бузылёв А.В. Агроэкологическая оценка высоко окультуренных пахотных угодий на выщелоченных чернозёмах Башмаковского района пензенской области / А.В. Бузылёв // Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию А.В. Леонтовича. – М., 2019. – С. 108-110.

2. Бузылёв А.В. Агроэкологическая оценка высоко окультуренных пахотных угодий представительных хозяйств пензенской области / А.В. Бузылёв, С.Ю. Ермаков // ДОКЛАДЫ ТСХА / Международная научная конференция, посвященная 175-летию К.А. Тимирязева. – М., 2019. – С. 667-670.

УДК 631.95

### **АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЛЕВЫХ ОПЫТНЫХ УЧАСТКОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА**

*Джанчаров Турмушбек Мурзабекович., доцент кафедры экологии,  
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.*

*Александров Никита Александрович, магистрант I курса факультета  
почвоведения, агрохимии и экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева.*

*Аннотация: Обобщены данные, полученные в ходе проведения мониторинговых исследований на Экологическом стационаре РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Была получена динамика ряда почвенных показателей, в резуль-*

*тате чего выявлено зафосфачивание почв Южного поля. Изучено валовое содержание и содержание подвижных форм тяжелых металлов. Проведены снегомерные съемки, а также анализы талой воды. Составлена система мониторинга опытных культур при помощи международной шкалы стадий развития зерновых культур Цадокса.*

**Ключевые слова:** агроэкологический мониторинг, урбанизированные почвы, зерновые культуры, снежный покров, зафосфачивание, Экологический стационар, реперные участки.

Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения на реперных участках локального мониторинга представляет собой систему наблюдений за состоянием сельскохозяйственных угодий для своевременного выявления изменений плодородия почвы, качества и количества сельскохозяйственной продукции, предупреждения и устранения негативных процессов, происходящих в окружающей среде.

Основными задачами локального мониторинга являются:

- контроль (наблюдение) за состоянием экосистемы (почва, растение, вода) и оценка изменений во времени и пространстве;
- прогноз изменения состояния экосистемы;
- составление рекомендаций по внедрению экологически безопасных технологических приемов в земледелии и направленному регулированию основных режимов в почвах, непосредственно определяющих их плодородие, урожайность и качество сельскохозяйственных культур.

Локальный мониторинг осуществляется на реперных участках. Реперные участки располагаются в различных природно-сельскохозяйственных зонах и провинциях, а также на техногенно-загрязненных территориях вблизи крупных промышленных предприятий, транспортных магистралей, городов.

Закладка реперных участков в зоне деятельности Государственного центра, станции агрохимической службы проводится с учетом всех природно-климатических и производственно-технологических условий, чтобы максимально характеризовать все многообразие факторов, влияющих на сельскохозяйственное производство.

Объектами исследования послужили почвы полевые участки Экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева общей площадью более 5 га. Рассматриваемая территория, более 30-ти лет назад использовалась под пастбище, а затем как залежь [1].

Преобладающие почвы на участках: урбанизированные агродерново-подзолистые легкосуглинистая на двучленных отложениях с погребенным гумусовым горизонтом. Изначально погребенный гумусовый горизонт диагностировался нами как «глеевый», однако последующий анализ показал на глубине 70-80 см содержание гумуса равное 2,8%. Также стоит отметить различия по содержанию подвижного фосфора. На Южном поле наблюдается наибольшее значение по подвижному фосфору по Кирсанову – 579,4 мг/кг, что значи-

тельно превышает другие поля, это говорит о том, что уровень содержания доступных для растений соединений фосфора в почве очень высокий (более 250 мг/кг) [2].

На Восточном, Центральном и Западном полях уровень содержания доступных для растений соединений фосфора в почве является высоким (183,5 мг/кг, 190,8 мг/кг, 184,5 мг/кг соответственно).

Однако, следует обратить внимание на выбранную методику определения. В зависимости от типа почв выбирают метод определения подвижных соединений фосфора в почве (Кирсанова, Чирикова или Мачигина)[1].

Для экологического стационара, с имеющимися на нем дерново-подзолистыми и дерново-урбоподзолистыми некарбонатными почвами целесообразно было бы использовать метод Кирсанова [3].

Но, при выборе методики, немаловажным моментом является реакция среды почв исследуемой территории. Реакция среды на Восточном, Центральном и Западном поле является слабокислой, что однозначно доказывает применения метода Кирсанова.

Южное поле также, как и остальные полевые участки имеет некарбонатную почву, соответственно следовало бы использовать метод Чирикова, но, т.к. рН почв данной территории является слабощелочной (7,6), делаем вывод, что для почв Южного поля анализ определения подвижных соединений фосфора необходимо проводить методом Мачигина.

Для более глубокого исследования данного полевого участка и трех методов определения подвижных соединений фосфора в почве, а также для того, чтобы сравнить все полевые участки на данной территории между собой, и для того, чтобы провести динамику данного показателя с предыдущим годом, анализ на определения подвижных соединений фосфора был проведен по всем трем методикам.

Значительное отличие Южного поля по ряду показателей от других опытных участков связано с тем, что, во-первых, в 2016 году на поле было внесено свыше 200 т/га органических удобрений, содержащих неразложившиеся фосфатные кормовые добавки для КРС, а так с тем, что урбанизированный горизонт (в нашем случае ТСН) имеет антропогенное происхождение. При образовании горизонта были задействованы различные отходы производства с обильным содержанием различных групп фосфатов, а также органического углерода техногенного происхождения [5].

При проведении агроэкологического мониторинга важной составляющей является наблюдением за опытными культурами. Наблюдения включали анализ погодных условий (температура воздуха, температура на поверхности почвы и на глубине 5-10 см, количество осадков, влажности почвы), контроль сорной растительности и сельскохозяйственных вредителей для своевременной обработки ХСЗР, использование современной международной шкалы стадий развития зерновых колосовых культур Цадокса, а также отбор и анализ растительной биомассы на каждой из стадий фенофазы. Главным достоинством шкалы

Цадокса (рис.) является как возможность отслеживать фенофазы по широко представленным стадиям, так и по количеству дней с момента посева [3].

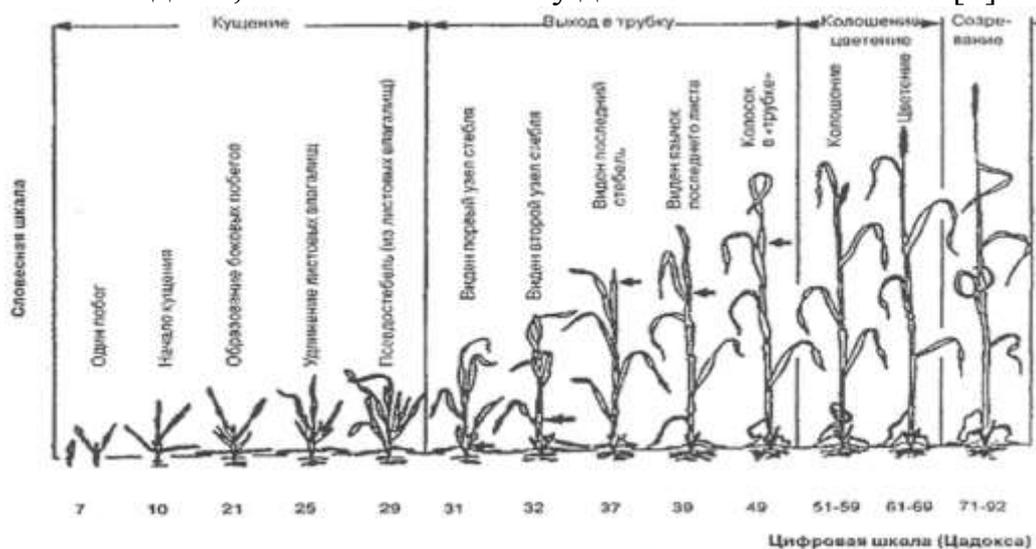


Рисунок – Международная шкала стадий развития зерновых колосовых культур Цадокса

Шкала включает в себя четыре основные стадии развития зерновых: кущение, выход в трубку, колошение-цветение и созревание. Внутри данной «словесной» шкалы отображается еще двенадцать подстадий. Этим же подстадиям соответствует непосредственно цифровая шкала (количество дней с момента посева до наступления соответствующей стадии) [3].

Таблица

Химические показатели талой воды

Показатель	2018г.	2019г.	Нормативы (ПДК)
pH	6,5	6,7	6,5-8,5
Общая жесткость, мг/л (CaCO <sub>3</sub> )	8±0,2	10±0,3	6,5-8,5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	3,7±0,9	4,2±1,5	500,0
Cu <sup>2+</sup> , мг/л	<0,5	<0,5	1,0
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/л	0,02±0,01	0,03±0,01	3,3
Cl <sup>-</sup> , мг/л	21,7±3,6	6,8±1,7	350,0
N (NH <sub>3</sub> ), мг/л	0,71±0,02	0,32±0,03	2,0
Al <sup>3+</sup> , мг/л	<0,01	<0,01	0,5
Fe <sup>3+</sup> , мг/л	<0,1	<0,1	0,3
Mn <sup>3+</sup> , мг/л	<0,01	<0,01	0,1

Мониторинг снежного покрова также является необходимым, так как позволяет оценивать не только возможное загрязнение атмосферного воздуха, но и для определять влагозапас, которым будет обеспечена почва к началу предпосевной подготовки.

Снегомерные съемки проводились в феврале 2018 и 2019 гг. перед началом периода активного снеготаяния. Помимо определения влагозапаса, также

был определен ряд химических показателей, которые были сопоставлены с ПДК. Т.к. на данный момент не существует нормативной базы для определения предельно допустимых концентраций химических соединений в талой воде, однако ряд исследователей предлагают использовать для сравнения ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового значения (табл.).

Можно заметить, что в 2019 году наблюдается незначительное превышение общей жесткости, что, предположительно, также связано с усиленным антропогенным воздействием.

Данное сопоставление не совсем корректно. Правильнее, с нашей точки зрения, сравнивать лучше с объектом, который можно принять за эталон, однако подобный объект нами пока не найден.

При продолжении мониторинговых исследований снежного покрова планируется определение тяжелых металлов, как в талой воде, так и в осадке, который остается после растопки снега.

Определение запаса воды в снеге проводится в конце зимнего периода перед началом активного снеготаяния, так в 2018 году влагозапас составил 1050 т/га, а в 2019 году 852 т/га, что позволяет обеспечить растения почвенной влагой вплоть до наступления фазы двух листьев даже при позднем посеве. Данная разница обуславливается более теплой зимой 2018-2019 гг., выражающаяся в увеличенном количестве дней без осадков, что, в свою очередь, отразилось на плотности снежного покрова.

### **Библиографический список**

1. Александров Н.А. Изучение плодородия урбанизированных почв на примере агроэкологического стационара РГАУ-МСХА // Сборник трудов Международной молодежной научной конференции «Генетическая и агрономическая оценка почв» /Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева. - Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева. – 2018. – С. 92-94.

2. Джанчаров, Т.М. Опыт создания базы данных для модели автоматизированной системы агроэкологической оценки почв и земель, адаптированной к городским условиям / Т.М. Джанчаров, П.К. Глушков, Н.А. Александров //Агрехимический вестник, 2019. - №2. – С. 26-32.

3. Попова Л.Ф., Никитина М.В. Кумуляция, миграция и трансформация фосфора в почвах города Архангельска // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9-1. – С. 70-74;

4. Яшин, И.М. Путеводитель научных почвенно-экологических экскурсий в лесных и аграрных ландшафтах ЦЛГПБЗ и мегаполиса Москвы / И.М. Яшин, И.И. Васенев, С.Л. Белопухов; под ред. И.М. Яшина. М.: РГАУ-МСХА, 2018 г. – 128 с.

**ВЛИЯНИЕ ГУМУСОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ  
НА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ  
ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ**

*Касатиков Виктор Александрович, доктор с.-х. наук, профессор  
ВНИИОУ – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» г. Владимир*

*Раскатов Вячеслав Андреевич, доцент кафедры экологии ФГБОУ ВО  
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** *Представлены результаты исследований влияния гумусовых соединений на свойства почвы и содержание тяжёлых металлов в растениях и в почве на фоне последствия осадков городских сточных вод и известкования. Отмечено, что обработка почвы гуматом калия выявила тенденцию к увеличению показателя суммарного загрязнения подвижных форм тяжёлых металлов (ТМ) в почве по сравнению с фоновым вариантом, особенно при минимальной дозе известкования.*

**Ключевые слова:** *осадки сточных вод, подвижные формы тяжелых металлов, агрогеохимические свойства почв, гуматы.*

Ранее проведёнными исследованиями [1,2] установлено, что почвенные разности обладают способностью к иммобилизации ТМ, поступающих в почву в составе агрохимикатов, в том числе и на основе осадков городских сточных вод. Эта способность определяется физическими и физико-химическими свойствами пахотного и подпахотного слоев почвы, видом сельскохозяйственной культуры. Гумусовые вещества, вносимые в почву, потенциально могут снижать миграционную активность ТМ и радиоактивных элементов, а также пестицидов и детергентов в системе почва-растение. Это способствует замедлению поступления вредных веществ (экотоксикантов) из окружающей среды в пищевую цепь растение – животное – человек [3,4].

Цель исследований - изучение влияния гумусовых соединений на фоне последствия осадка городских сточных вод на агроэкологические показатели дерново-подзолистой почвы.

Последствие торфогуминового удобрения (ТГУ), производимого методом механохимической активации смеси торфа и 0,1н КОН, на миграцию макро- и микроэлементов в системе почва – озимая рожь изучали на фоне последствия длительного применения осадков сточных вод (ОСВ), доломитовой муки в сочетании с действием ОСВ, внесенного в 2015г.. Опыт заложен в сосудах без дна ( $d = 20$  см), вкопанных на делянках мелкоделяночного опыта. Дозы ТГУ, внесенного в 2015г., рассчитывали по содержанию общего углерода в вытяжке и вносили в жидком виде из расчета 3 и 6 г/м<sup>2</sup> органического углерода, что составило 1,52 и 2,64 г на сосуд (42 и 84 г/м<sup>2</sup> на натуральную влажность). В 2016 г. выращиваемая культура – озимая рожь.

Применение ТГУ по фонам ОСВ и известкования почвы способствовало снижению насыщенности почвы основаниями при минимальной дозе ОСВ при закономерном уменьшении величин ЕКО, повышению в почве содержания  $P_2O_{5\text{подв}}$  при максимальной дозе ТГУ и  $K_2O_{\text{обм.}}$  на 2-12 мг/кг за счет высокого содержания этого элемента в составе ТГУ, достигающего 2%, и активизации обменных процессов в почвенном поглощающем комплексе, насыщенном органоминеральными соединениями из ОСВ.

Применение ТГУ повышало также содержание гумуса относительно фона в слое 0-20 см по последствию ОСВ 360 т/га - на 0,1-0,27 %, ОСВ 1440 т/га - на 0,24-0,31%.

ТГУ<sub>1</sub> в дозе 3 г/м<sup>2</sup> способствовало дополнительному увеличению размера прибавок на 9-40%, а в двойной дозе (ТГУ<sub>2</sub>) – на 12-40% по отношению к фону. При этом следует отметить рост уровня прибавок урожайности озимой ржи при двукратном повышении дозы известкования (таблица 1).

Таблица 1

**Последствие ТГУ по фону ОСВ на урожайность зерна озимой ржи**

Вариант опыта	Урожайность, г/м <sup>2</sup>	Прибавка к контролю		Прибавка к фону	
		г/м <sup>2</sup>	%	г/м <sup>2</sup>	%
Контроль	245	-	-	-	-
Фон					
ОСВ 360 т/га+ дол. м. 3 т/га	373	128	52	-	-
ОСВ 1440 т/га+ дол. м.3 т/га	550	305	124	-	-
ОСВ 360 т/га +дол. м. 6 т/га	318	73	30	-	-
ОСВ 1440т/га+ дол. м. 6 т/га	474	229	93	-	-
Фон + ТГУ <sub>1</sub>					
ОСВ 360 т/га+ дол. м. 3 т/га	426	181	74	53	14
ОСВ 1440 т/га+ дол. м.3 т/га	599	354	144	49	9
ОСВ 360 т/га + дол. м. 6 т/га	421	176	72	103	32
ОСВ 1440т/га+ дол. м. 6 т/га	662	417	174	188	40
Фон + ТГУ <sub>2</sub>					
ОСВ 360 т/га+ дол. м. 3 т/га	419	174	71	46	12
ОСВ 1440 т/га+ дол. м.3 т/га	616	371	151	66	12
ОСВ 360 т/га + дол. м. 6 т/га	408	163	66	90	28
ОСВ 1440т/га+ дол. м. 6 т/га	663	418	170	189	40
НСР общ. г/м <sup>2</sup>	45 г/м <sup>2</sup>				
P, %	3,3				

Последствие ТГУ<sub>1</sub> в отличие от их действия способствовало снижению показателя суммарного загрязнения ( $Z_c$ ) пахотного горизонта в сравнении с фоновыми вариантами, наиболее выраженное при повышенной дозе известкования, что обусловлено необменной фиксацией ТМ и Са – гуматами, образующимся при обработке почвы гумусовыми соединениями (таблица 2). Дальнейшее увеличение дозы известкования не оказало заметного влияния

на коэффициенты концентрации ТМ и как следствие значения  $Z_c$  почвы. Последствие двойной дозы ТГУ не сказывается на подвижности ТМ исходя из величин  $Z_c$ .

По значениям  $K_c$  подвижных форм ТМ в почве варианта с ОСВ 1440 т/га и дозой известкования 3 т/га выделен следующий убывающий ряд:  $Cu > Cd > Ni > Zn > Cd > Cr > Pb$ . На варианте с известкования в дозе 6 т/га и дозе ОСВ 1440 т/га ряд  $K_c$  видоизменяется за счет возрастания  $K_c$   $Cu$ :  $Cu > Ni > Zn > Cd > Pb > Cr$ . Последствие ТГУ в сравнении с их действием не оказывает заметного влияния на распределение ТМ в рядах  $K_c$ .

Таблица 2

**Влияние длительного применения различных доз ОСВ в сочетании с известкованием и ТГУ на содержание подвижных форм ТМ в почве пахотного слоя (0-20 см), мг/кг сухого вещества**

Вариант	Cd	Cu	Zn	Cr	Ni	Pb	Zc
Контроль, без удобрений	0,74	0,59	2,45	0,57	0,42	1,4	-
Фон							
ОСВ 360 т/га + дол. м. 3 т/га	2,05	1,66	6,1	0,74	0,85	1,7	7,6
ОСВ 1440 т/га + дол.м.3 т/га	3,84	4,42	12,7	0,81	2,87	1,9	22,5
ОСВ 360 т/га + дол.м. 6 т/га	2,00	2,02	7,4	0,69	0,89	1,7	8,7
ОСВ 1440т/га + дол.м. 6 т/га	2,50	3,95	10,9	0,80	2,57	3,0	19,6
Фон+ТГУ <sub>1</sub>							
ОСВ 360 т/га + дол. м. 3 т/га	1,60	1,69	6,2	0,64	0,72	1,3	6,4
ОСВ 1440 т/га + дол.м.3 т/га	2,20	4,23	12,2	0,76	2,41	2,4	18,9
ОСВ 360 т/га + дол.м. 6 т/га	1,90	1,74	6,5	0,61	0,78	1,7	7,3
ОСВ 1440т/га + дол.м. 6 т/га	2,30	2,63	10,0	0,74	2,23	2,0	14,7
Фон+ТГУ <sub>2</sub>							
ОСВ 360 т/га + дол. м. 3 т/га	1,20	1,99	7,2	0,63	0,68	1,3	6,6
ОСВ 1440 т/га + дол.м.3 т/га	2,10	4,57	13,0	0,67	2,13	2,7	19,1
ОСВ 360 т/га + дол.м. 6 т/га	1,40	1,95	7,5	0,59	0,67	1,6	7,0
ОСВ 1440т/га + дол.м. 6 т/га	2,15	2,86	10,5	0,63	2,04	2,0	14,4

При внесении в слой почвы 0-20 см ТГУ возрастает степень биологической доступности в зерне  $Cu$ ,  $Ni$ ,  $Pb$  и  $Zn$ . Выявлен ряд  $K_c$  ТМ в зерне, не зависящий от дозы ТГУ:  $Ni > Cu > Pb > Zn > Cd > Cr$ . Данная зависимость сказывается на значениях показателя суммарного загрязнения ( $Z_c$ ), возрастающих под действием ТГУ<sub>1</sub>. При внесении двойной дозы ТГУ выявленные закономерности сохраняются. Для соломы характер накопления ТМ и порядок изменения  $Z_c$  по вариантам опыта в сравнении с зерном не меняется.

Таким образом, исследования выявили положительное последствие осадка сточных вод и торфогуминового удобрения на агрохимические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы и урожайность овса. По последствию ОСВ 360 т/га в сочетании с минимальной дозой известкования в максимальной степени повышается содержание в пахотном слое почвы подвижной формы  $Cu$ , а в минимальной –  $Pb$ . Внесение в слой почвы 0-20 см. торфогуми-

нового удобрения способствовало снижению величины Zc подвижных форм ТМ в сравнении с фоновым вариантом, особенно при минимальной дозе известкования и увеличению Zc озимой ржи, в первую очередь соломы (таблица 2). Данная зависимость связана с увеличением необменной фиксации ТМ Са – гуматами, образующимися при обработке известкованной почвы гуматом калия и как следствие снижением миграционной активности ТМ по почвенному профилю, и повышением интенсивности миграции ТМ в системе почва-растение озимой ржи.

### Библиографический список

1. Беляева, Е.В., Садовникова Л.К., Касатиков В.А. Влияние осадков сточных вод на изменение химических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы и содержание в ней тяжелых металлов. // Агрохимия, , 2011г. № 10 С. 32-36.
2. Бердяева, Е.В., Горшков Е.И., Касатиков В.А. Влияние длительного применения осадков сточных вод на некоторые химические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы. Вестник МГУ, сер. 17. Почвоведение, № 4, 2001г. С. 41-44.
3. Перминова, И.В. и др. Детоксикация тяжелых металлов, полиароматических углеводородов и пестицидов гумусовыми веществами в водах и средах // Материалы международного конгресса «Вода: экология и технология», Москва, 6-9 сент., 1994., том 4, с. 1136-1143.
4. Аргунов, Н.Д., Ватуева О.Б. и др. Некоторые свойства и особенности осадков сточных вод // Агрохимический вестник, 2013., №5 – С.39-43.

УДК 574.24

### **АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВНУТРИПОЛЬНОЙ ПЕСТРОТЫ ПОЧВ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА**

*Морев Дмитрий Владимирович, старший преподаватель кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Джанчаров Турмушбек Мурзабекович, доцент кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация: в результате проведенных исследований были выявлены основные агроэкологические факторы, влияющие на продуктивность горчицы белой в условиях южного поля экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, почвы которого характеризуется повышенной пространственной неоднородностью.*

**Ключевые слова:** агроэкологическая оценка земель, лимитирующий фактор, горчица луговая, пространственная неоднородность

Изучение повышенной пространственной неоднородности почвенного покрова, которая характерна для значительной части европейской территории России является актуальной задачей современной агроэкологии [1]. Данная проблема осложняет использование технологий земледелия на больших участках и требует адаптации отдельных элементов к конкретным условиям, что влечет увеличение затрат и снижает возможности прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур [2].

Горчица белая широко применяется в качестве сидеральной культуры и позволяет не только успешно бороться со многими видами вредителей и болезней, но и улучшает как физические, так и химические свойства почв [3]. Одним из вариантов её использования служит проведение уравнительного посева, который направлен на снижение внутривидовой пестроты основных агроэкологических показателей почв.

Цель работы заключалась в проведении комплексных агроэкологических исследований почв южного поля экологического стационара РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева с горчицей белой и выявлении факторов, влияющих на её продуктивность.

**Материалы и методы исследования.** Исследования проводили в условиях южного поля экологического стационара кафедры экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, расположенного в Северном административном округе города Москвы. В качестве сидеральной культуры использовали горчицу белую сорта «Луговская». Почвы участка характеризуются сложным сочетанием сильно измененных дерново-подзолистых почв и урбаноземов, с погребенным гумусово-аккумулятивным горизонтом.

Для изучения основных агроэкологических показателей почв и учёта продуктивности горчицы белой было заложено 20 площадок. На каждой площадке была выполнена привязка с высокой точностью по высоте с использованием системы точного позиционирования GNSS Stonex S9 III. Отбор проб почвы проводили буром на глубину пахотного горизонта до 15 см. Укосы биомассы производили на площадках площадью 1 м<sup>2</sup>.

Лабораторный анализ включал в себя определение актуальной и обменной кислотности почвы, органического вещества (по методу Тюрина в модификации ЦИНАО), подвижного фосфора (по методу Чирикова в модификации ЦИНАО), серы, обменного аммония и азота нитратов (по методу ЦИНАО). Определение металлов в вытяжке 5М азотной кислоты выполняли с использованием метода атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной атомизацией.

**Результаты исследования.** В результате проведенных комплексных агроэкологических исследований была выявлена значительная пространственная неоднородность основных показателей качества почвы и, как следствие, распределения биомассы горчицы белой (табл. 1), что также хорошо согласуется с микрорельефом территории ( $R = -0,68$ ). Так, участки с наибольшей продуктивностью сосредоточены в пониженных элементах рельефа, расположенных в восточной части участка, где лучше влагообеспеченность и относительно выше содержание органического вещества в пахотном горизонте.

Таблица 1

**Основные агроэкологические показатели пахотного горизонта исследуемой почвы и надземная сухая биомасса горчицы**

№ п/п	Абс. высоты, м	pH <sub>aq</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Орг. в-во, %	Содержание подвижных форм, мг/кг				Кислотораств. ф-мы, мг/кг		Биомасса, г/м <sup>2</sup>
					NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Zn	Mn	
1	180,0	7,09	6,46	4,72	2,36	13,89	718	6,87	66,5	356	159
2	179,8	6,59	5,86	4,00	1,01	3,21	314	3,06	27,5	98,5	162
3	179,8	7,19	6,56	5,77	0,56	6,74	826	4,7	57,4	127	321
4	180,0	7,23	6,76	10,4	4,1	0,86	1495	6,19	68,7	72,9	533
5	180,1	7,29	6,8	8,08	5,76	1,37	1845	7,4	80,6	139	251
6	180	7,28	6,73	7,23	2,94	0,31	1152	2,58	52,2	75,0	80
7	180,2	7,09	6,59	9,92	1,40	3,20	801	4,04	53,2	48,8	441
8	180,2	6,96	6,51	5,44	2,69	4,05	830	1,85	49,3	69,8	62
9	180,4	7,06	6,44	7,49	2,68	4,16	802	0,86	48,7	156	171
10	180,5	7,00	6,39	8,14	3,5	3,72	857	0,19	56,4	153	91
11	180,2	6,80	6,27	9,52	1,04	0,62	399	5,41	40,3	175	174
12	180,2	6,73	6,26	7,76	0,37	5,76	592	7,36	53,3	369	172
13	180,3	7,13	6,51	5,74	5,99	5,20	764	4,10	60,0	325	113
14	180,5	6,76	5,97	4,01	0,53	1,13	341	0,69	45,8	242	64
15	180,7	6,82	6,3	4,19	0,91	3,98	400	1,32	38,4	158	91
16	180,6	6,76	6,17	2,49	1,29	0,16	312	2,66	46,0	137	12
17	180,6	7,07	6,42	5,72	3,26	2,07	446	3,98	55,1	255	71
18	180,6	7,02	6,54	4,94	1,15	12,3	395	2,68	60,9	253	5
19	180,5	6,97	6,45	4,39	1,07	9,66	300	5,68	42,3	170	0
20	180,8	7,07	6,67	4,15	1,59	18,1	473	0,27	40,8	192	9
<b>Ср.</b>	<b>180,3</b>	<b>7,00</b>	<b>6,43</b>	<b>2,21</b>	<b>5,02</b>	<b>6,21</b>	<b>703</b>	<b>3,59</b>	<b>52,2</b>	<b>179</b>	<b>149</b>
<b>СКО</b>	<b>0,296</b>	<b>0,20</b>	<b>0,24</b>	<b>1,65</b>	<b>4,91</b>	<b>2,23</b>	<b>412</b>	<b>2,36</b>	<b>12,0</b>	<b>94,4</b>	<b>143</b>

Проверка типа распределения полученных данных показывает значительное отклонение от нормального (рис. 1), что не позволяет проводить корреляционный и регрессионный анализ с помощью параметрических методов и критериев.

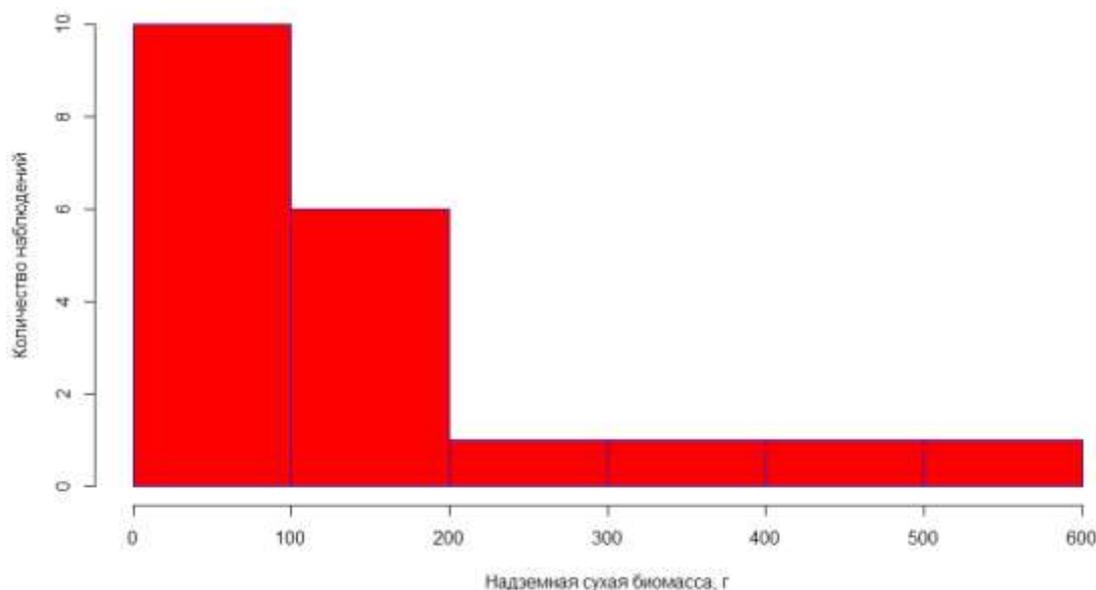


Рисунок 1 – Гистограмма распределения надземной сухой биомассы горчицы белой

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа основных агроэкологических показателей почв и надземной сухой биомассы горчицы (коэффициенты корреляции Спирмена)

	Абс. ВЫСОТЫ	pH <sub>aq</sub>	pH <sub>KCl</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Орг. в-во	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	Zn	Mn	Био-масса
Абс. ВЫСОТЫ	1	-0,32	-0,24	-0,06	0,16	-0,39	-0,47	-0,54	-0,31	0,40	-0,68
pH <sub>aq</sub>	-0,32	1	0,90	0,66	0,05	0,48	0,72	0,27	0,69	-0,20	0,33
pH <sub>KCl</sub>	-0,24	0,90	1	0,57	0,16	0,45	0,68	0,23	0,58	-0,32	0,21
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-0,06	0,66	0,57	1	-0,16	0,39	0,63	0,02	0,55	-0,17	0,07
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,16	0,05	0,16	-0,16	1	-0,21	-0,10	0,04	0,12	0,45	-0,23
Орг. в-во	-0,39	0,48	0,45	0,39	-0,21	1	0,71	0,36	0,50	-0,23	0,70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-0,47	0,72	0,68	0,63	-0,10	0,71	1	0,11	0,62	-0,40	0,53
S	-0,54	0,27	0,23	0,02	0,04	0,36	0,11	1	0,47	0,15	0,50
Zn	-0,31	0,69	0,58	0,55	0,12	0,50	0,62	0,47	1	0,09	0,33
Mn	0,40	-0,20	-0,32	-0,17	0,45	-0,23	-0,40	0,15	0,09	1	-0,28
Био-масса	<b>-0,68</b>	0,33	0,21	0,07	-0,23	<b>0,70</b>	<b>0,53</b>	<b>0,50</b>	0,33	-0,28	1

Для выявления основных факторов, влияющих на продуктивность горчицы белой были рассчитаны коэффициенты ранговой корреляции Спирмена

(табл. 2). Значимый коэффициент корреляции для 20 элементов опробования составляет 0,456. Таким образом, помимо микрорельефа, косвенным показателем которого служат абсолютные высотные отметки, наличие достоверной связи средней силы было отмечено между сухой надземной биомассой и следующими показателями агроэкологического качества изучаемой почвы: содержание органического вещества ( $R = 0,70$ ), содержание подвижных форм фосфора ( $R = 0,53$ ) и содержание подвижной серы ( $R = 0,50$ ). Корреляционная связь при высокой обеспеченности подвижными формами фосфора свидетельствует об относительно невысокой доступности этого элемента и дальнейшее внесение его не приведет к существенному повышению продуктивности.

Дополнительным инструментом, позволяющим оценить значимость вклада факторов в общую изменчивость сухой биомассы горчицы белой, служит анализ с использованием ансамбля случайных деревьев решений (рис. 2).

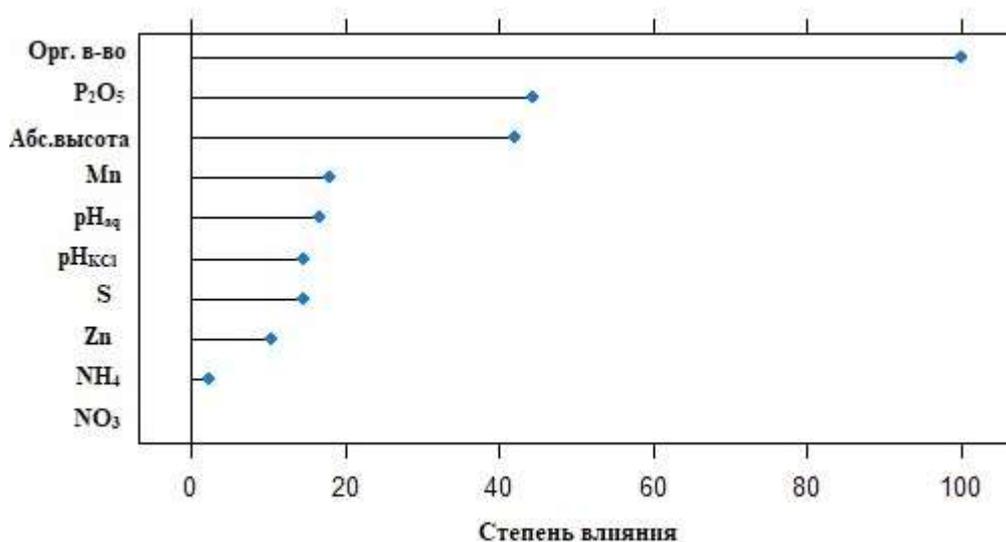


Рисунок 2 – Влияние основных агроэкологических показателей почвы на продуктивность горчицы белой

Наибольший вклад в общую дисперсию продуктивности горчицы белой вносит содержание органического вещества, что позволяет рассматривать данный фактор в качестве лимитирующего. Внесение дополнительных доз органических удобрений будет целесообразным для условий данного участка. Остальные исследуемые агроэкологические показатели почвы в значительно меньшей степени влияют на продуктивность культуры. Влияния содержания доступного азота в почве, как аммонийного, так и нитратного выявлено не было.

**Заключение.** Проведенные комплексные агроэкологические исследования позволяют считать лимитирующим продуктивность горчицы белой фактором содержание органического вещества в почве. В качестве других условно регулируемых факторов можно выделить содержание доступного фосфора и серы. Микрорельеф может быть отнесен к условно нерегулируемым факторам, ограничивающим продуктивность культуры.

## Библиографический список

1. Агроэкологическая оценка земель и оптимизация землепользования / А.Л. Черногоров [и др.] М.: Издательство Московского университета, 2012. 268 с.
2. Васенев И.И., Бузылев А.В. Автоматизированные системы агроэкологической оценки земель / И.И. Васенев, А.В. Бузылев, М.: РГАУ-МСХА, 2010. 120 с.
3. Трубина В.С. [и др.]. Горчица белая (*Sinapis alba* L.) - перспективы и возможности использования селекции ВНИИМК Краснодар: КубГАУ, 2017. 906–907 с.

УДК 632.914

### ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ФИТОСАНИТАРНОМ МОНИТОРИНГЕ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

*Сластя Ирина Васильевна, доцент кафедры экологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Худякова Елена Викторовна, профессор кафедры прикладной информатики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* Эффективность защитных мероприятий против вредных организмов в сельском хозяйстве зависит от своевременного их выявления и прогноза вредоносности. Использование информационных технологий и искусственного интеллекта в фитосанитарном мониторинге посевов позволяет снизить трудоемкость исследований и имеет большие перспективы.

*Ключевые слова:* фитосанитарный мониторинг, искусственный интеллект, нейронная сеть, болезни растений.

Получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур невозможно без проведения комплекса мероприятий по защите растений от неблагоприятных факторов окружающей среды, одним из которых является поражение вредными организмами (болезнями и вредителями), приводящее к значительному снижению продуктивности растений. Потери урожая зерновых культур только от болезней в России составляют от 6 до 25 млн. т зерна в год (в среднем 14,8 млн. т) [1]. Эффективность защитных мероприятий против вредных организмов зависит от своевременного их выявления и прогноза вредоносности. Ведущую роль в этом играет фитосанитарный мониторинг посевов, под которым понимают систему наблюдений за состоянием защищенности экосистем, их компонентов или продукции растительного происхождения от вредных организмов, наблюдений за вредными организмами и влияющими на них факторами окружающей среды, проводимых в постоянном режиме для анализа, оценки и прогноза фитосанитарной обстановки на определенной территории, а также для определения причинно-следственных связей между состоянием рас-

тений и воздействием факторов среды обитания [2]. Может также употребляться термин «фитосанитарная диагностика и прогноз».

В настоящее время фитосанитарный мониторинг сельскохозяйственных угодий проводится специалистами ФГБУ «Россельхозцентр» на территории 78 субъектов Российской Федерации. В 2018 году в Российской Федерации фитосанитарным мониторингом вредителей и болезней растений было охвачено 159,34 млн. га, сорняков – 58,1 млн. га. Защитные мероприятия были проведены на площади 94,73 млн. га. Болезни зерновых культур были выявлены на 7124,3 тыс. га, с поражением выше экономического порога вредоносности на – 3378,6 тыс. га. Обработки средствами защиты были проведены на 15451,3 тыс. га.

Методы выявления и учета болезней и вредителей растений разделяют на визуальные и инструментальные. Первые основаны на непосредственном осмотре и подсчете вредителей и поврежденных ими органов растений, интенсивности поражения растений болезнями. Визуальные наблюдения проводят при маршрутных обследованиях или на стационарных участках. Маршрутные обследования проводят не менее, чем на 10 % площади, занятой культурой, где глазомерно устанавливают плотность популяции вредителя и степень поражения им растений, пораженность растений болезнями. Наблюдения на стационарных участках проводят на пробных площадях выбранных для этого полей в течение всей вегетации растений не менее, чем через каждые 10 дней: наблюдают за стадиями развития вредных организмов, сезонной динамикой численности вредителей, степени поражения растений болезнями, устанавливают сроки появления вредных фаз и обеспечивают хозяйства оперативной информацией о необходимости проведения мероприятий по защите растений.

При учете болезней определяют распространение, интенсивность и развитие болезни. Для этого, двигаясь, как правило, по диагонали поля, через каждые 25-50 шагов просматривают или берут 10 проб по 10-15 растений в каждой пробе. Для определения степени пораженности растений болезнями используют специальные балльные шкалы, которые разработаны для каждой болезни или группы сходных в проявлениях болезней и отражающие долю (%) площади, занятой пятнами или другими признаками болезни. У зерновых колосовых культур определение проводят, как правило (за исключением экспресс-методов), для каждого яруса листьев отдельно, а затем рассчитывают среднюю степень поражения для растения и всей пробы.

Визуальные обследования сельскохозяйственных угодий отличает высокая трудоемкость и рутинность. При выявлении и учете вредителей растений, обитающих или зимующих в почве, проводят почвенные раскопки глубиной от 10 до 65 см, а при определении пораженности растений болезнями, поражающими их подземную часть (корневую систему, клубни и т.д.), растения выкапывают, отмывают их подземные органы от почвы и затем определяют интенсивность поражения.

Инструментальные методы основаны на использовании различных приборов, включая современную электронную технику, и цифровых технологий, которые позволяют значительно сократить затраты труда и времени на прове-

дение обследований и повысить их эффективность. В последние годы бурно развиваются методы дистанционного обследования посевов с использованием аэрофотосъемки и спутниковых снимков с их последующим дешифрированием. Широкое применение для мониторинга посевов в последние годы находят беспилотные аппараты.

Для оценки состояния посевов часто используют нормализованный относительный индекс растительности – Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), называемый также вегетационным индексом. Этот индекс характеризует фотосинтетическую активность биомассы: чем он выше, тем лучше развитие растений (максимальное значение равно 1,0). При составлении картограмм полей разные величины индекса визуализируются разнообразными цветами, в результате чего можно выделить наиболее проблемные участки, их площади и координаты для дальнейшего обследования [3], так как NDVI, позволяя определить зоны со снижением продукционного процесса, не может установить причины этого. Выявление этих причин является необходимым для принятия решений о проведении соответствующих защитных мероприятий.

Согласно СанПиН 1.2.2584-10 защитные мероприятия могут проводиться только после предварительного обследования сельскохозяйственных угодий. Иногда специалисты хозяйств применяют химические средства защиты растений от вредных организмов без учета фитосанитарной обстановки. Это не только бывает экономически нецелесообразно, но и способствует загрязнению объектов окружающей среды и сельскохозяйственной продукции.

В связи с важностью фитосанитарного мониторинга в защите сельскохозяйственных культур от вредных организмов и его высокой трудоемкостью большие перспективы имеет использование в этой области информационных технологий на основе искусственного интеллекта. Одним из применяемых методов является метод распознавания изображений на основе нейронных сетей. Так, например, в основе метода распознавания болезней растений на основе использования нейросети лежит алгоритм, включающий предварительную обработку изображений, извлечение характерных признаков и обнаружение и диагностику болезни.

Для получения изображений используют технологические достижения в области машинного зрения, специальное оборудование (встроенные микродатчики, микроскопы, навигаторы, компьютеры с выходом в Интернет, которые могут монтироваться на транспортных средствах, глобальные системы GPS и ГЛОНАСС).

Центральным и наиболее сложным в алгоритме является блок анализа изображений и их распознавания, где ведущую роль так же, как и при определении показателя NDVI, играют методы, основанные на спектральном анализе и визуализации данных. При идентификации объекта происходит извлечение характерных для него признаков. Выявленные признаки сравнивают с обученной с помощью нейронной сети совокупностью. Трудность заключается в том, что многие симптомы являются неспецифическими и могут присутствовать при действии на растения различных факторов, как биотических, так и абиотиче-

ских. При этом степень изменения морфологических параметров, обусловленная биотическими или абиотическими стрессами (например, размер, форма или цвет) может быть очень низкой по сравнению с изменчивостью проявления в здоровых растениях. Поэтому в последние десятилетия в диагностике болезней растений акцент смещается от наблюдения симптомов в сторону специальных тестов по обнаружению патогенов методами иммуноферментного анализа (ИФА) или полимеразной цепной реакции (ПЦР) *in vitro* [4].

В последние годы разработаны методы выявления болезней растений с использованием датчиков, оценивающих оптические свойства растений в широком диапазоне электромагнитного спектра. Гиперспектральные датчики могут работать в диапазоне волн 350–2500 нм, с разрешением менее 1 нм. В результате применения таких датчиков анализ изображений может быть более точным (точность обнаружения достигает 95%), чем визуальная оценка симптомов болезни [4]. Искусственный интеллект чтобы поставить диагноз способен «вспоминать» тысячи изображений, собирать и обрабатывать большое количество скрытых от восприятия человеком данных, что невозможно сделать при визуальной диагностике. Однако для того, чтобы обучить искусственный интеллект распознаванию и идентификации объекта необходимо наличие обширной обучающей базы данных, вмещающей десятки тысяч снимков пораженных растений. Такие базы данных по отдельным видам растений уже созданы в США, Германии, Австралии, Китае, Индии. Начата работа в этом направлении и в России. Значительную помощь в создании таких баз данных может оказать перевод на цифровую основу уже имеющихся изображений пораженных растений, представленных в печатных изданиях.

К сожалению, наличие баз данных и применение высокоточных датчиков в технологиях искусственного интеллекта не всегда может обеспечить точные результаты при распознавании и идентификации объектов, что наблюдается при гетерогенности симптомов или при слиянии поражений, а также связано с невозможностью вместить все существующие в природе комбинации «патоген – хозяин – окружающая среда». Кроме того часть болезней растений (болезни подземных органов) пока невозможно определять дистанционно.

Применение информационных технологий находит применение не только в фитосанитарном мониторинге сельскохозяйственных угодий, но и в разработке системы принятия решений в связи с необходимостью обработки и анализа большого объема информации. При этом учитывается и анализируется большое количество показателей: данных фитосанитарных, агроэкологических и агрометеорологических наблюдений, позволяющих оценить текущую фитосанитарную ситуацию и дать прогноз ее развития, в том числе потерь урожая. Созданы модели, описывающие развитие основных болезней озимой и яровой пшеницы, их вредоносность, состояние растений, устойчивость сортов, погодные условия и эффективность защитных мероприятий с учетом особенностей агротехники, планируемого урожая и других факторов [5].

При очевидных успехах информационных технологий в системе фитосанитарного мониторинга и управления защитой растений нельзя не сказать о

присущей им доли неопределенности, связанной, прежде всего, с нелинейным взаимодействием между физическими и биологическими компонентами природных и сельскохозяйственных экосистем.

### **Библиографический список**

1. Санин, С.С. Болезни зерновых колосовых культур: рекомендации по проведению фитосанитарного мониторинга / С.С. Санин, Е.А. Соколов, В.Н. Черкашин и др. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. –140 с.

2. ГОСТ 21507-2013. Защита растений. Термины и определения. – Введ. 27.05.2014.

3. Зозуля, А.Л. Использование дронов в оценке фитосанитарного состояния посевов / А.Л. Зозуля, С.Н. Рыбин., А.А. Коваленко // Вісник ХНАУ, серія «Фітопатологія та ентомологія». – 2017. – № 1-2. – С. 71-75.

4. Ampatzidis, Y. Pathology: Robotic Applications and Management of Plants and Plant Diseases / Y. Ampatzidis, L. [De Bellis](#), A. [Luvisi](#) // [Sustainability](#). – 2017. – № 9. – P. 1010-1023.

5. Ибрагимов, Т.З. Фитосанитарная экспертиза поля и системы поддержки принятия решений / Т.З. Ибрагимов, С.С. Санин // Защита и карантин растений. – 2015. – № 5. – С. 18-21.

УДК 631.41+631.42+631.4

### **ИЗУЧЕНИЕ ВОДНОЙ МИГРАЦИИ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ ОАО «ДРУЖБА» ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ**

***Яшин Иван Михайлович**, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры экологии, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева»*

***Атенбеков Рамиз Ажибекович**, младший научный сотрудник кафедры экологии, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева»*

***Аннотация.** В течение 2014-2016 гг. на стационарах ОАО «учхоз Дружба» Переславль-Залесского района Ярославской области исследована водная миграция веществ в почвах лесных (фон) и аграрных экосистем. В докладе обсуждаются результаты эко-геохимической оценки водной миграции органических веществ, а также соединений железа в почвах Ополья – формы миграции железа, масштаб водной миграции и барьеры миграции.*

***Ключевые слова:** почвы Ополья, сорбционные лизиметры, водная миграция, барьеры миграции, органические вещества, параметры водной миграции.*

**Объекты и методы исследований.** Стационарные площадки в лесных и аграрных экосистемах ополья - ОАО «учхоз Дружба» Переславль-Залесского района Ярославской области - были заложены в 2014 г. в 5-ти катенах: 1-я - на склоне увала (у пруда д. Михалево), разрезы 1 - 3 (рис.1а);

2-я – у карьера, на сенокосе недалеко от д. Дубки, разрезы 1я - 4я;  
3-я – на плакоре, недалеко от д. Михалево, на сенокосе, разрезы 5, 6, и в 850м на север два разреза в смешанном и еловом лесу – разрезы 10, 11;  
4-я – в понижении (пашня), у поворота шоссе на д. Кабанское, разрез 6я;  
5-я – на плакоре (окультуренный сенокос у конторы), разрез 16я.

Стационарные наблюдения охватывали основные элементы холмисто-увалистого рельефа: *плакоры, склоны и подошвы склонов, а также уголья - пашню, сенокосы и лесные массивы*. Среди почв аграрных экосистем стационаров изучены дерново-подзолистые и дерновые, а среди лесных (фоновых) почв моренных увалов – подзолистые и дерново-подзолы контактно-осветленные супесчаные на двучленах. Карбонаты кальция в покровных суглинках обнаружены в форме дресвы, щебня  $\text{CaCO}_3$ , залегают на глубине 1,4-2,1 м и слабо влияют на процессы современного почвообразования, а также водную миграцию [3]. Водную миграцию веществ исследовали с помощью *метода сорбционных лизиметров*. Анализы выполнены в аккредитованной лаборатории ГЦАС «Московский» и ЛАМП (лаборатории агроэкологии, моделирования и прогнозирования экосистем) кафедры экологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева по ГОСТам. Сорбционные лизиметры устанавливали под генетические горизонты почв лесных и аграрных фаций в 2–4-кратной повторности. Катионы  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  и в водах Плещеева озера, реки Трубеж, дренирующих ландшафты и почвы, в водах прудов учхоза (как и в кислотно-щелочных вытяжках из сорбентов лизиметров) определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре после сжигания ВОВ 20% пероксидом водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), вначале упарив аликвоты на водяной бане досуха

[4].  $S_{\text{орг}}$  – по Тюрину – Пономаревой с фотометрическим окончанием.

При изучении состава ВОВ использовали *прием их сорбции в колонках на активированном угле марки «карболен»*. Затем в лаборатории ВОВ были *фракционированы* по схеме Форсайта – И.М. Яшина (1974) – [2,4]. Данная аналитическая схема позволяет выделить **две группы** органических соединений в составе ВОВ: *индивидуальную* (ИОВ, десорбируемую с угля 90% водным ацетоном - это алифатические органические кислоты - щавелевая, фумаровая и полифенолы) и *специфическую* (фульвокислоты - ФК, десорбируемые с угля водным раствором 1%  $\text{NH}_4\text{OH}$ ). Эти группы мобильных органических веществ генетически взаимосвязанные, *а их аналитическое деление на группы условное*. ФК - наиболее химически активные.

**Результаты и обсуждение.** В почвенных растворах *лесных южно-таежных* экосистем Ополья диагностированы ВОВ, в составе которых преобладают *индивидуальные органические вещества* – низкомолекулярные органические кислоты и полифенолы (табл.1-2). По-видимому, это связано с сезонным переувлажнением почв. При водной миграции ВОВ *через сорбционные барьеры* в их составе достоверно увеличивалась масса фульвокислот. Установлена сорбция компонентов ВОВ веществами гор.  $A_1$ . Подзолисто-оглеенный горизонт ( $E_{\text{hg}}$ ), как мы и предполагали, является транзитным. *На плакоре, под кроной ели* (разрез 10), в горизонте  $A_1$  лесной почвы отмечен аккумулятивно-

элювиальный процесс. Хотя в горизонте  $E_{hg}$  наблюдается более масштабная сорбция ВОВ, возможно, коллоидами гидрогелей гидроксидов железа  $Fe(OH)_3$ . В составе ВОВ заметно преобладают вещества фульвокислотной природы. *Нисходящая водная миграция ВОВ усиливает биологическую активность длительно промерзающих почв тайги.* ВОВ также мобилизуют химические элементы в раствор из почвенных минералов и гумуса. В этой связи доступность химических элементов таежной биоте существенно повышается, в частности, и за счет комплексообразования.

*Во влажное лето 2014 года подзолистый горизонт (E) и иллювиально-железистый (Vf) маскируются мигрантами (ВОВ) проявляется эффект «гумусовой занавески» [3].* Исследования показали, что гумусовые вещества почв стационаров Ополя имеют *гуматно-фульватный состав и ярко выраженные кислотные свойства* из-за преобладания в их составе фульвокислот (ФК). Мобильность и химическая активность гумуса почв поддерживается за счет масштабной миграции ВОВ с кислотными и комплексообразующими свойствами. Она тесно связана с дефицитом  $CaCO_3$ .

Таблица 1

**Форма и масштаб нисходящей водной миграции Fe и ВОВ в лесных и луговых почвах ОАО «Дружба» Юрьев-Польского ополя.**

Гор-т и глубина закладки колонок, см	$S_{орг}$ ВОВ, г/м <sup>2</sup>				% ионов $Fe^{3+}$ , прочно связанных с ВОВ в комплексы	Масштаб нисходящей миграции Fe-ВОВ комплексом, мг/м <sup>2</sup>	Градиент барьера миграции (G) $S_{орг}$ ВОВ, г/м <sup>3</sup> год-1
	Общий масштаб водной миграции	В водо-ацетонном элюате с угля (ИОВ)	В аммонийном элюате с угля (ФК)	По сорбции ВОВ на катионите КУ-2			
<b>Разрез 10.</b> Лес - ельник сложный. Почва: дерново-подзол контактно-осветленный супесчаный на двухчленных отложениях. Наблюдения: 22.06.2014 – 25.06.2015 г. ( <b>влажное лето</b> )							
$A_0(O) - 1$	14,2	8,0 ± 1,3	4,1 ± 1,9	2,1 ± 0,9	61,1 ± 4,3	324 ± 11	Не опр.
$E_h - 14$	9,6	5,1 ± 1,7	2,5 ± 1,4	2,0 ± 1,4	58,7 ± 3,7	129 ± 11	35,4
$V_{fg} - 39$	3,4	1,0 ± 0,2	2,1 ± 0,4	0,3 ± 0,1	64,8 ± 1,4	91 ± 14	24,8
<b>Разрез 2.</b> Луг разнотравный (около балки на склоне). Почва: дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая на покровных суглинках. Наблюдения 04.07.2014 - 05.07.2015. ( <b>влажное лето</b> )							
$A_1 - 10$	6,1	Не опр.	4,7 ± 0,7	1,4 ± 0,5	42,7 ± 5,9	429 ± 121	Не опр.
EL/V - 45	10,5	Не опр.	9,4 ± 1,4	1,1 ± 0,3	58,4 ± 7,6	749 ± 78	- 12,6

**В луговой почве** (разрез 2, табл.1) отмечена также активная водная миграция ВОВ, как и в лесной. Причем, в гор. EL/V вынос ВОВ увеличивается из-за латерального их привноса (боковая миграция). Среди продуктов почвообразования диагностированы *устойчивые Fe-органические комплексные соединения.* Водная миграция соединений железа во влажный 2014 год выражена весьма активно, в частности на сенокосах Ополя: от **429 ± 121** мг/м<sup>2</sup> из гор.  $A_1$  до **749 ± 78** мг/м<sup>2</sup> из гор. EL/V. Железо мигрирует не только в форме устойчивых комплексных органоминеральных соединений, но и в форме гидрозолей  $Fe(OH)_3$  «под защитой» компонентов ВОВ, при оглеении. Масштаб их миграции сопоставим с почвами подзоны южной тайги Подмосковья [2]. Установлена отрицательная величина градиента барьера миграции в горизонте EL/V почвы луга, что связано с трансформацией гумусовых веществ.

**Почвы сенокосных фаций** функционируют в режиме активных сорбционных барьеров. Здесь величины градиентов барьеров миграции – положительные и уменьшаются с глубиной (табл.2). Почвенный покров Юрьев-Польского ополья не в полной мере *выполняет защитные сорбционные функции* в отношении продуктов почвообразования и, очевидно, антропогенных веществ, сбрасываемых, например, с крупных животноводческих комплексов и мест складирования навоза. В полевых лизиметрических опытах также отмечено, что в иллювиально-железистых горизонтах **B<sub>f</sub>** дерново-подзолов контактно-осветленных супесчаных на двучленных отложениях, происходит активная сорбция мигрируемых компонентов ВОВ. Здесь функционирует *органоминеральный (сорбционный) барьер миграции*, представленный коллоидами гидрогелей гидроксида железа  $Fe(OH)_3$ . Величина градиента барьера миграции здесь положительная – от 24,8 до 35,4 г/м<sup>3</sup>•год<sup>-1</sup> (разрез 10, табл.1). В засушливый сезон года коллоиды железа стягиваются в мелкие конкреции (*явление сегрегации при смене увлажнения*), а органические вещества используются микроорганизмами в качестве источника энергии и элементов питания. Поэтому профиль дерново-подзолов на двучленах отличается сезонной динамикой их морфологии и физико-химических свойств.

Таблица 2

**Форма и масштаб нисходящей водной миграции Fe и ВОВ в аграрных почвах ОАО «Дружба» Юрьев-Польского ополья.**

Гор-т и глубина закладки колонок, см	С <sub>орг</sub> ВОВ, г/м <sup>2</sup>				% ионов Fe <sup>3+</sup> , прочно связанных с ВОВ в комплексы	Масштаб водной миграции Fe-ВОВ комплексов, мг/м <sup>2</sup>	Градиент барьера миграции (G) С <sub>орг</sub> ВОВ, г/м <sup>3</sup> год <sup>-1</sup>
	Общий масштаб водной миграции (уголь и КУ-2)	в водо-ацетоновом элюате с угля (ИОВ)	в аммонийном элюате с угля (ФК)	По сорбции катионитом КУ-2			
<b>Сенокос. Плакор. Разрез 5.</b> Почва - дерново-подзолистая остаточно-карбонатная легкосуглинистая на покровных суглинках. Экспозиция: 26.06.2015 – 25.06.2016 г. (засушливое лето)							
A <sub>d</sub> (O) – 2	9,3 ±2,2	5,1 ±1,1	3,2 ±1,4	1,0±0,4	67,1±8,3	114 ±17	Не опр.
A <sub>1гр</sub> – 14	3,1 ±0,2	1,1 ±0,2	1,5 ±0,3	0,5±0,1	48,6 ±3,7	89 ±14	47,7
E <sub>Lгр</sub> – 21	1,2 ±0,3	0,4 ±0,1	0,6 ±0,1	0,2±0,0	52,3 ±5,9	151 ±27	7,6
<b>Сенокос. Понижение на склоне. Разрез 6.</b> Почва - дерново-подзол контактно-осветленный супесчаный на двучленных отложениях. Экспозиция: 26.06. 2015 – 25.06. 2016 г. (засушливое лето)							
A <sub>d</sub> (O) – 3	17,4±3,5	9,2 ±2,1	6,5±1,2	1,7±0,3	78,6±2,3	169±13	Не опр.
A <sub>1</sub> – 24	12,0±1,4	5,4±3,3	4,2±1,9	2,4±0,6	75,7±5,3	245±36	25,7
E <sub>Lg</sub> – 39	8,6±1,8	4,2±0,4	6,3±2,1	1,2±0,4	57,8±6,2	475±24	22,7

В этой связи нами было проведено исследование экологического состояния поверхностных вод Юрьев-Польского ополья. Установлено, что *качество вод ближнего пруда ОАО «учхоз Дружба»* неудовлетворительное - это, своего рода, «пруд отстойник». Прозрачность воды (метод креста в цилиндре) - низкая 12-15 см, *цвет воды зеленоватый от сине-зеленых водорослей, присутствует затхлый запах*. Величина рН воды из ближнего пруда равна 8,1 - 8,3. В то же время ПДК для водных источников *рыбохозяйственного пользования составляет 6,8-7,1*. На поверхности этого пруда местами заметна пена, очевидно, за счет сброса моющих средств и бытовых стоков из жилых домов поселка Дубки, а также «радужные пленки» от нефтепродуктов. Концентрация мобильных соединений  $Fe^{3+}$  -  $0,74 \pm 0,1$  мг/л (*пруд находится рядом с шоссе*).

В дальнем пруду качество воды лучше: рН 6,7-6,9, вода бесцветная, чистая и экологически безопасная. Сказывается *наличие площадного барьера миграции* в виде густых зарослей кустарников ивы и черной ольхи, а также плотного растительного покрова из луговых трав по всему периметру этого пруда.

### Выводы

1. Выполнена сопряженная эко-геохимическая оценка водной миграции ВОВ и соединений Fe в почвах аграрных и лесных (фоновых) экосистем ОАО «учхоз Дружба» Юрьев-Польского ополья. Наиболее активно миграция ВОВ и Fe происходит в почвах лесных фаций. В дерново-подзоле супесчаном на двухчленах (разрез10) ельника сложного вынос ВОВ из гор.  $A_0(O)$  лесной подстилки достигает по  $C_{орг}$   $14,2 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}^{-1}$ . В дерновых и дерново-подзолистых почвах Ополья в период дождей *выражен эффект «гумусовой занавески»*.

2. Эко-геохимическая оценка водной миграции ВОВ позволила установить трансформацию органических веществ некоторых горизонтов почв. В них вместо сорбции (аккумуляции ВОВ), наблюдается их вынос, как в разрезе 2, на лугу – *сказывается латеральный (боковой) поток мигрантов*.

3. Эко-геохимическое состояние поверхностных вод Юрьев-Польского ополья отражает функционирование экосистем, генезис почвенного покрова, эрозию почв и применение средств химизации. Так, на участке дельты реки Трубеж в воде преобладают педогенные химические элементы (мг/л):  $Ca^{2+}$  - 23 - 28;  $K^+$  - 2,7 - 4,3;  $Na^+$  - 9,6 - 13,8; Fe - 0,74. Но величина рН сдвинута в слабощелочной интервал -  $8,0 \pm 0,2$ , что свидетельствует об их загрязнении сточными водами и моющими средствами, возможно, СПАВ. Показатели БПК<sub>5</sub> и ХПК также выше значений ПДК, что указывает на *неблагоприятное экологическое состояние изученных речных и озерных вод*. Вода из дальнего пруда *экологически безопасная* по кислотности, БПК<sub>5</sub>, ХПК и концентрации катионов  $Fe^{3+}$ ,  $NH_4^+$ .

4. Полученные результаты подтверждают **концепцию В.В. Докучаева** [1] о формировании и распространении в ландшафтах Ополья зональных подзолистых (в лесу), дерновых и дерново-подзолистых почв на сенокосах, а не типа «серых лесных» почв и «Юрьевских черноземов». *Компоненты ВОВ при водной миграции маскируют белесые элювиально-оглеенные горизонты почв Ополья, создавая иллюзию их большой мощности*. Гумус почв Ополья гуматно-фульватный – мобильный, не усредненный катионами кальция, как в черноземах и серых лесных почвах лесостепной зоны РФ.

### Библиографический список

1. Докучаев В.В. О так называемом «Юрьевском черноземе» // Труды СПб общества естествоиспытателей. 1884. - т. 15. Вып. 2; - 1885. - т.16.
2. Яшин И.М., Кашанский А.Д. Ландшафтно-геохимическая диагностика и генезис почв Европейского Севера России. Монография. Ред. И.М. Яшин. - М.: РГАУ-МСХА, - 2015. – 202 с.
3. Яшин И.М. Экологическая оценка и генезис почв Юрьев-Польского ополья на примере ОАО «Дружба» Ярославской области / Яшин И.М., Васенев И.И., Атенбеков Р.А. / Известия ТСХА. - 2017. - Вып.4. – С. 5 - 19.
4. Яшин И.М., Черников В.А. Опыт применения хроматографии в почвоведении и экологии. Монография. Ред. И.М. Яшин. - М.: РГАУ-МСХА. - 2017. - 240 с.

УДК. 631.24.628.7

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ БИОСТИМУЛЯТОРОВ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ.

*Безбородов Юрий Германович, д.т.н., , профессор кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Хожанов Ниетбай Нуржанович, к.с.-х.н., доцент кафедры мелиорации и агрономии, Таразский Государственный Университет имени М.Х.Дулати Республики Казахстан*

*Масатбаев Муратбек Куатбекович, докторант кафедры мелиорации и агрономии Таразский Государственный Университет имени М.Х.Дулати Республики Казахстан*

*Аннотация* рассмотрены вопросы использования биостимулятора, состоящего на 20% из глауконитового песка, в целях повышения плодородия деградированных земель. Содержащиеся в нем более 20 микро- и макроэлементов становятся стимуляторами активного роста и необходимым питанием для семян и рассады.

*Ключевые слова* глауконит, многофакторное удобрение, улучшение свойств почв, урожайность.

В мировой литературе немало данных о распространении микроорганизмов в ризосфере и корневой зоне различных растений. Это относится как к количеству, так и к видовому их составу, показывает значение микрофлоры для роста и развития растений.

Почвенные частицы оказываются более оструктуренными в ризосфере растений. С оструктуриванием частиц почвы улучшается процесс дыхания корней и микроорганизмов, лучше сохраняется влага, поддерживается более по-

стоянная температура и другие основные факторы, способствующие формированию почвенного плодородия.

Качество почвы определяется ее химическими, физическими и биологическими свойствами. К химическим свойствам почвы обычно относятся содержание доступного азота (N), фосфора (P), калия (K), комбинации микроэлементов Cu, Zn, Mn, а также состав органических веществ и уровень pH. Структурные характеристики почвы (агрегатное состояние, стабильность, пригодность почвы к обработке) относятся к физическим свойствам почвы. Биологические свойства почвы включают в себя физические и химические свойства. Например, грибки и бактерии превращают углерод, азот, фосфор, серу и другие почвенные органические вещества (включая животные остатки) в минеральные вещества, которые используют растения. Разлагая сложные углеродные компоненты, входящие в состав гумуса, на простые компоненты, почвенные организмы получают энергию. В то же время экссудаты корня, гифы грибков, секреты и продукты жизнедеятельности бактерий склеивают маленькие частички почвы в комочки органической массы, улучшая структуру почвы. Это создает благоприятную естественную среду, в которой живет множество почвенных организмов, – в результате их деятельности активизируется круговорот питательных веществ. Фекальные гранулы беспозвоночных и земля, взрыхленная червями, повышают количество почвенных агрегатов большего размера, что способствует инфильтрации воды в почву, аэрации и укоренению растений. Почвенные организмы перемешивают частички органических веществ в почве, повышая ее способность удерживать влагу.

Высокая сорбционная и поглотительная способность органического вещества также радиационную функцию почв в виде биохимического барьера для органических и минеральных поллютантов при антропогенном загрязнении окружающей среды. Исследования в данном направлении, как отмечается в работах ведущих специалистов по органическим веществам могли бы стать основанием для принципиально новых подходов в разработке экологических систем земледелия, в частности снижение для традиционных агрохимикатов и вероятности загрязнения ими окружающей среды [1].

Глауконитовые пески могут оказать положительное влияние [2, 4], т.к. способствуют:

- Обогащению почвы фосфором, калием, магнием и такими важными микроэлементами, как медь, марганец, бор, цинк и др.;
- Улучшить структуру почвы, препятствует вымыванию питательных веществ, влияет на сохранение влаги;
- Стимулирует рост растений, снижает заболеваемость;

Положительный эффект использования глауконитов для повышения урожайности сельскохозяйственных культур отмечен в работах Д.Н. Прянишникова. Указывал на возможность использования глауконитов в качестве калийных удобрений и А.Н. Энгельгардт.

Химический состав глауконитов варьирует в широких пределах. Глауконитовые пески следует рассматривать как многофакторное удобрение, позво-

ляющее не только обогащать почву калием, фосфором, магнием и микроэлементами: марганец, медь, цинк, бор и др., но и улучшать ее структуру, препятствовать выносу питательных веществ, сохранять влагу, стимулировать рост, снижать заболеваемость растений. Кроме того, глаукониты оказывают влияние на миграцию и распределение токсичных элементов между почвой и растениями, заметно снижая тем самым их концентрацию в продуктах питания.

По химическому составу глауконит, например, месторождения «Изобильное», содержит (%):  $\text{SiO}_2$ -49.84.  $\text{TiO}_2$ -0.09.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -7.37.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -20.14.  $\text{FeO}$ -1.88.  $\text{Vg}$ -2.89.  $\text{VnO}$ -0.03.  $\text{CaO}$ -0.84.  $\text{K}_2\text{O}$ -6.0.  $\text{Na}_2\text{O}$ -0.17.  $\text{P}_2\text{O}$ -0.21.  $\text{H}_2\text{O}$ -4.38. Главным обменным катионом в глауконите является калий.

Содержание элементов-примесей в глауконите, по данным полуколичественного анализа, следующее (г/т): молибден-3, свинец-10, медь-15, цинк-100, фосфор-1500, никель-70, кобальт-40, ванадий-300, олово-2, барий-300, бериллий-15, мышьяк-100, германий-10, иттрий-30, стронций-100, хром-200, марганец-70, цирконий-100 [4].

Отличительной особенностью глауконита от цеолитов является то, что он обладает не каркасным, а слоистым строением. При этом часть внутримолекулярных сил не уравновешена взаимодействием с расположенными в полости одного такого слоя, ионами химических элементов. Эти силы могут вступать во взаимодействие с ионами химических веществ, содержащихся в растворах или воздухе. В результате они скапливаются на активных поверхностях пластинок, составляющих общий кристалл. Площадь активной поверхности значительно увеличивается и в этом состоит основное отличие глауконита от цеолита [4].

Нами в лабораторных и полевых исследованиях на территории полигона кафедры «Мелиорация и агрономия» Таразского государственного университета имени М.Х. Дулати проведены научные работы по выявлению полевой и лабораторной всхожести семян озимой пшеницы при применении биостимулятора с концентрацией глауконитового раствора от 10% - до 20%.

Результаты исследований свидетельствуют, что при замачиваниях семян озимой пшеницы по сравнению с контрольным, где не производились замочки семян повышается всхожесть семян на 32-35% (таблица). Так как в прикорневой зоне почвы заметно увеличивается почвенная кислотность. В наших случаях контрольная почва имела  $\text{pH} = 5,8$  то в зоне корней  $\text{pH}$  в зависимости от концентрации увеличивается до 6,3—6,8. Кроме того в ризосферной зоне предложенная концентрация глауконитового раствора, обеспечивает усиления деятельности грибной микоризы. Многочисленным исследованиям и практическим применением установлено, что применение глауконита, как бесхлорного удобрения, усиливает интенсивность размножения микрофлоры, определяющей почвенное плодородие, и повышает урожайность зерновых культур, картофеля и других овощей. Внесение глауконита под кормовые культуры способствует росту растений в высоту, положительно влияет на накопление растениями сухого вещества, увеличение белка, жира, “сырого” протеина, зольных элементов. Применение его при выращивании картофеля и сахарной свеклы повышает

урожайность до 30-55%, при этом увеличивается крахмалистость картофеля и сахаристость свеклы.

Таблица

**Всхожесть семян озимой пшеницы, %**

Варианты	Даты наблюдений			
	10. 11	13. 11	16. 11	19.1 1
Контроль без обработки	25	39	47	63
10 % раствор глауконита	41	65	89	95
15 % раствор глауконита	43	72	87	98
20 % раствор глауконита	46	80	88	98

Улучшаются физико-химические условия, складывающиеся в ризосфере, которые способствуют изменению биологической доступности макро- и микро-элементов, тем самым оказывают значительное влияние на процессы их миграции в системе почва-корень. Глауконит можно использовать как структурный, химический мелиорант для повышения плодородия малопродуктивных участков почв и для их восстановления.

#### **Библиографический список**

1. Безбородов Ю.Г., Безбородов А.Г., Орошение сельскохозяйственных культур в аридной зоне/ М.: Издательство РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, 2013, 536 с.

2. Хожанов Н.Н., Естаев К.А., Жабалбаев Г.Е. Фитомелиорация- основа экологического равновесия орошаемого земледелия // Материалы международной НПК (Костяковские чтения) Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства. ТрудыВНИИГиМ, Россия, Москва 2013 год. С.91-95.

3. Турсунбаев Х.И., Хожанов Н.Н. и др. Способ изготовления кормов из соломы зерновых продуктов и измельченных стеблей веток верблюжьей колючки. Инновационный патент №99824 от 21.10.2016 г.

4. Хожанов Н.Н., Турсунбаев Х.И., и др. Энергетическая концепция развития системы земледелия// Известия Горского государственного аграрного университета № 55, 2018, с. 20-27.

УДК 631.674.6 (470.0)

## **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВЫ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ САЖЕНЦЕВ СЛИВЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ**

*Дубенок Николай Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Гемонов Александр Владимирович, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** в настоящее время отсутствуют научно-обоснованные ресурсосберегающие технологии выращивания саженцев сливы в питомниках Нечерноземья, поэтому целью исследования являлось установление влияния различной влагообеспеченности почвы на рост и развитие саженцев сливы и в разработке рационального режима увлажнения питомника в условиях Нечерноземной зоны.*

***Ключевые слова:** капельное орошение, оросительная норма, режим орошения, саженцы, слива.*

Не смотря на потенциальные возможности, садоводство в России не в состоянии обеспечить потребности населения в плодово-ягодной продукции в пределах рекомендуемой годовой физиологической нормы, составляющей 90-100 кг на человека. Россия входит в первую десятку стран по потреблению плодово-ягодной продукции, при этом занимает одно из первых мест в мире по ее импорту. При ежегодном потреблении сливы около 180 тыс. тонн доля импорта составляет 25-35%.

На данный момент большая часть импортируемой продукции плодовых, адаптированных к климатическим условиям России, может быть заменена российскими аналогами. Несмотря на то, что в последние годы большое внимание уделяется плодоводству, производителям продукции достаточно сложно добиться устойчивых показателей на рынке и увеличить экономическую эффективность производства. По данным Росстата ежегодно происходит сокращение площадей под многолетними насаждениями плодово-ягодных культур на 5-10 тыс. га, что обусловлено выводом из оборота садов экстенсивного типа, заложенных в XX веке и уже не отвечающих требованиям времени. Сады интенсивного типа занимают около 10% площади.

С 7 августа 2014 года в соответствии с Указом президента Российской Федерации от 6 августа 2014 года № 560 начал действовать список товаров, запрященным к ввозу на территорию России из Соединенных Штатов Америки, всех стран Европейского союза, Канады, Австралии, Норвегии. По состоянию

на 2010-2014 год, до введения санкционного списка, доля импорта сливы из стран Европейского союза составляла приблизительно 25% от общего объема ввозимой продукции. Отказ от поставок плодовой продукции от зарубежных торговых партнеров открывает возможность для заполнения ниши в данном сегменте рынка для российских сельхозпроизводителей.

В настоящее время на всех уровнях государственной власти активно обсуждается проблема продовольственной безопасности, которую, по мнению В.А. Дадалко [1] следует рассматривать как возможность государства и способность отечественного агропромышленного комплекса производить и поставлять на внутренний рынок и в государственные продовольственные резервы продовольственные ресурсы и в необходимом ассортименте в достаточном объеме и должного качества. В рамках решения проблемы продовольственной безопасности страны в соответствии с федеральными целевыми программами «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы» и «Развитие садоводства и питомниководства в Российской Федерации на 2012-2014 годы с продолжением мероприятий до 2020 года» планируется увеличение существующих площадей садоводческих хозяйств.

Одним из путей интенсификации сельскохозяйственного производства в области садоводства и растениеводства является повышение эффективности природопользования путем применения ресурсосберегающих технологий [2]. Одной из таких технологий является капельное орошение, которое позволяет повысить качество и выход продукции сельскохозяйственных культур [3]. В настоящее время отсутствуют научно-обоснованные ресурсосберегающие технологии выращивания саженцев сливы в питомниках Нечерноземья, поэтому **целью исследования** являлось установление влияния различной влагообеспеченности почвы на рост и развитие саженцев сливы и в разработке рационального режима увлажнения питомника в условиях Нечерноземной зоны.

Капельное орошение относится к ресурсосберегающим способам полива сельскохозяйственных и плодовых культур. Оно широко распространено в засушливых зонах, но также является актуальным в местах с избыточным увлажнением, где в течение года осадки распределены неравномерно, особенно в течение вегетационного периода растений. Особенностью капельного орошения является возможность проводить поливы в соответствии с биологическими особенностями водопотребления орошаемых сельскохозяйственных и плодовых культур и поддерживать влажность почвы в узко заданном оптимальном диапазоне.

Полевые исследования проводились на территории учебно-опытного хозяйства, лаборатории пловодства «Мичуринский сад» Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева. Несмотря на географическое положение, природно-климатические условия являются близкими к усредненным значениям для Нечерноземной зоны. Двухфакторный опыт по изучению различных диапазонов увлажнения на формирование саженцев сливы двух сортов, привитых на привитых на семенной подвой сливы рас-

топыренной, был заложен весной 2018 года. Схема опыта включала четыре варианта (фактор А) по режиму увлажнения почвы:

- поддержание влажности 60-80% наименьшей влагоемкости;
- поддержание влажности 70-90% наименьшей влагоемкости;
- поддержание влажности 80-100% наименьшей влагоемкости;
- контроль (без орошения).

Предлагаемые режимы орошения, при которых влажность почвы поддерживается в узком диапазоне, позволяют не только повысить эффективность использования поливной воды и уменьшить водоемкость продукции, но и поддерживать более оптимальный водно-воздушный режим, также конструктивные особенности капельного орошения позволяют поддерживать влажность почвы в малых диапазонах за счет увеличения количества поливов небольшими нормами в соответствии с биологическими потребностями культуры.

В качестве второго фактора выступали сорта сливы «Машенька» и «Утро» (фактор В). Сорт «Машенька» получен на Суздальском госсортоучастке Владимирской области в результате свободного опыления сорта «Евразия-21». Автором сорта является В.П. Ягунов.

Сорт сливы «Утро» получен во Всероссийском селекционно-технологическом институте садоводства и питомниководства от скрещивания сортов «Скороспелка красная» и «Ренклюд Улленса». Авторы сорта: Х.К. Еникеев, С.Н. Сатарова, В.С. Симонов. Введен в Госреестр с 2001 г. по Центральному региону.

Результаты опыта показывают, что саженцы сливы, выращиваемые в условиях недостаточного и неравномерного увлажнения, характеризуются наименьшими биометрическими показателями. Биометрические показатели растений позволяют сделать вывод, что наиболее оптимальным является режим капельного орошения с поддержанием влажности почвы в диапазоне 80-100% НВ. В этом случае по сравнению с контролем наблюдаются большие значения таких показателей саженцев, как диаметр штамба, площадь листовой поверхности, высота растений.

### **Библиографический список**

1. Дадалко В.А. Продовольственная безопасность как составляющая национальной и экономической безопасности государства // Вестник УГАТУ. 2013. № 7 (60) С. 17-25.

2. Дубенок Н.Н., Гемонов А.В. Формирование корневой системы саженцев сливы при капельном орошении и распределение влаги по почвенному профилю в условиях Нечерноземной зоны // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 4. С. 9-13.

3. Formation of plum seedlings under drip irrigation in Central Non-Black soil region of Russia / Dubenok N.N., Gemonov A.V., Lebedev A.V., Glushenkova E.V. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 1. С. 40-48.

## РЕЖИМ ПОДДЕРЖАНИЯ СЛОЯ ВОДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ЧЕКОВ В УСЛОВИЯХ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

*Дудаков Николай Константинович, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева»*

**Аннотация:** В статье показано влияние режима поддержания слоя воды в чеках на основные структурные элементы урожая и затраты оросительной воды для получения единицы урожая риса.

**Ключевые слова:** почвенно-мелиоративные условия, слой воды, проточность, водопотребление, минерализация воды, рисовый чек.

В сложных почвенно-мелиоративных условиях Сарпинской низменности с исходным засолением почв-грунтов, при возделывании риса неизбежны потери на фильтрацию, особенно в начале освоения территории под рисосеяние – с вынужденным формированием промывного режима.

Культура риса имеет ярко выраженную гигрофитную природу, поэтому на чеках невозможно выполнить главное экологическое требование орошаемого земледелия – сохранить водный режим автоморфным. При этом естественный фон зональных почв автоморфного ряда сдвигается в сторону гидроморфного с присущими ему негативными эколого-мелиоративными последствиями. Последствия возможно только минимизировать и довести до экологически допустимого предела с устройством эффективно работающей дренажно-сбросной сети и оптимизацией водопотребления риса [1].

Анализ различных режимов поддержания слоя воды на поверхности чеков и их влияния на расходы воды и основные показатели роста и развития риса в условиях Сарпинской низменности проводили по схеме, приведенной в таблице.

Исследования по указанной схеме были проведены на чеках с бурями, среднесуглинистыми почвами подстилаемые с глубины 2-х метров прослойками шоколадных глин. Исходное засоление составляло 0,8-1,2%, в том числе по хлору 0,15-0,20%, плотность почвы 1,43-1,54 г/см<sup>3</sup>.

Целесообразность создания проточности при возделывании риса может быть решена только при полном учете конкретных почвенно-мелиоративных условий. На вновь осваиваемых землях этот прием приводит к определенной оптимизации солевого и теплового режимов воды в чеках. Но при этом проточность увеличивает объем сброса, способствует подъему УГВ, нарушает экологическое равновесие. Создание в изучаемых условиях проточности воды в чеках и ее периодическая смена при достижении минерализации 1 г/л, практически не сказались на времени наступления фаз развития риса в течение всего вегетационного периода. Поддержание проточности позволило получать относи-

тельно высокие урожаи риса. Однако дополнительный (10-15% от объема) расход крайне дефицитной оросительной воды, а это более 3000 м<sup>3</sup> с каждого гектара, с указанными выше негативными последствиями, не позволяет рекомендовать данный вариант производству.

Таблица

Расход оросительной воды и урожайность зерна риса в зависимости от способов экономии воды и пределов ее минерализации, в среднем за 3 года

№ п/п	Варианты	Расход воды на 1 ц/зерна, м <sup>3</sup>	Урожайность, ц/га
1.	Создание постоянного слоя воды после всходов без проточности	367	47,9
2.	Создание постоянного слоя воды после всходов с проточностью 10-15% от объема подачи	418	47,1
3.	Создание постоянного слоя воды после всходов без проточности, с периодической заменой слоя воды при минерализации 1,0 г/л	357	48,6
4.	Создание постоянного слоя воды после всходов без проточности, с периодической заменой слоя воды при минерализации 1,5 г/л	368	44,0
5.	Создание постоянного слоя воды после всходов без проточности, с периодической заменой слоя воды при минерализации 2,0 г/л	440	35,2
6.	Создание постоянного слоя воды после всходов с заменой его при минерализации 1,0 г/л до кущения и 1,5 г/л после кущения	369	45,2
7.	Создание постоянного слоя воды после всходов с заменой его при минерализации 1,5 г/л до кущения и 2,0 г/л после кущения	402	39,3

Заметная задержка развития риса замечена при наиболее высоком уровне минерализации воды на вариантах с периодической и полной ее сменой в чеках. Отставание по сравнению с традиционным способом получения всходов и режимом поддержания воды в чеках составляло от 2-3 дней в период всходов до 4-5 дней в период полной спелости. Здесь же отмечена минимальная урожайность и максимальные затраты оросительной воды. Что обусловлено отрицательным воздействием на растение риса повышенной минерализацией воды в чеках - до 2 г/л (табл.).

Наблюдения за влиянием изучаемых режимов на полноту прорастания семян показали, что на чеках где поддерживали проточность, проводили периодическую смену воды при повышении минерализации до 1г/л и где дифференцированно сменяли воду при ее повышении до (1г/л) и после (1,5г/л) кущения отмечены наиболее высокие значения этого показателя – 55-58%. Меньше всего проросло семян риса на чеках со сменой воды при повышении ее минерализации до 2г/л - всего 46%. Эта же тенденция влияния изучаемых режимов на полноту наклевывания семян справедлива и для таких показателей как полевая всхожесть, сохранность растений перед уборкой, продуктивный стеблестой.

Указанные показатели напрямую повлияли на продуктивность растения риса и опосредованно на расход воды (табл.).

Необходимо отметить, что дифференцированные режимы поддержания слоя на поверхности чеков, со сменой воды при достижении минерализации 1г/л до кушения, 1,5 и 2,0г/л после оказали более благоприятное влияние на основные показатели развития риса по сравнению с разовой сменой воды при такой же ее минерализации.

Подсчет количества сорняков, представленных прежде всего специализированным видом *Echinochloa* – просянками показал, что наибольшее их количество было в посевах риса возделываемых с проточностью. Засоренность была выше от 9,6 до 30,3% по сравнению с другими режимами поддержания слоя воды. Семена сорняков на рисовых системах распространяются в основном гидрорхно, т.е. стоком воды, что и происходило при пополнении воды на чеках с проточностью. Здесь же отмечена неоднозначная закономерность – уменьшение количества сорняков с увеличением (до 2г/л) минерализации воды. В практике рисосеяния наиболее действенные меры борьбы с влаголюбивыми сорными растениями – обработка гербицидами и соблюдение севооборотов.

#### Выводы.

Наибольшая продуктивность риса отмечена на чеках где поддерживался слой воды без проточности с периодической сменой воды при повышении ее до 1г/л.

Смена воды при минерализации 1г/л положительно влияла на показатели развития риса, а повышение предела минерализации до 1,5г/л, и особенно до 2г/л приводило к заметному снижению продуктивности.

Создание проточности допустимо только в период освоения под рисосеяние изначально засоленных земель на фоне эффективно работающей дренажно-сбросной сети.

### Библиографический список

1. Н.К.Дудаков, Г.В.Седанов.Пути экономии оросительной воды при возделывании риса в Сарпинской Низменности. Сб. «Экология и экономика». Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2009, с.78-82.

## **АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Климахина Марина Владимировна, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева*

*Мацыганова Елена Владимировна, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязева*

***Аннотация:** Рассмотрены основные проблемы в землеустройстве земель сельскохозяйственного назначения в России. Акцентировано внимание на сложностях разграничения и перераспределения земель. Дана оценка управления земельным фондом Российской Федерации.*

***Ключевые слова:** землеустройство, земли сельскохозяйственного назначения, фонд перераспределения земель, реестр.*

В настоящей статье рассмотрены проблемы перераспределения, разграничения земель и выделения земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения.

Земля всегда занимала особое место среди других ресурсов, используемых в общественном производстве, особенно в сельском хозяйстве. Общемировые запасы сельскохозяйственных угодий составляют порядка 5 млрд. га (из них пашня – 1,4 млрд. га). В Российской Федерации находится 9,5% мировой пашни. Поэтому пригодные для ведения сельскохозяйственного производства земельные ресурсы являются важным фактором конкурентоспособности нашей страны [1].

На рубеже XX-XXI веков в России произошло глубокое преобразование аграрной экономики. Земельные отношения и регулирующая их нормативно-правовая база претерпела серьезные изменения. При этом следует отметить, что некоторые законодательные решения последних лет недостаточно проработаны.

Минсельхоз Российской Федерации, обобщив информацию региональных органов исполнительной власти о ходе реализации Закона об изъятии земель, разрабатывает предложения по корректировке законодательства в части совершенствования регулирования вопросов изъятия земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения при их неиспользовании по целевому назначению или использованию с нарушением законодательства Российской Федерации. Для решения этого вопроса необходимо сократить период, по истечении которого возможно изъятие, а также ввести в качестве дополнительного основания для изъятия результаты муниципального контроля.

Также Минсельхозом утверждён приказ о том, что, если земельный участок находится в непригодном для сельского хозяйства состоянии и нуждается в рекультивации, то начальная цена участка на торгах уменьшается на величину этих расходов, но не более чем на 20% от начальной цены. Это положительное явление, которое стимулирует аграриев брать сложные земельные участки.

Также является актуальным вопрос разграничения прав на землю, находящуюся в государственной собственности между Российской Федерацией, субъектами РФ и муниципалитетами, исключая земли железнодорожного транспорта (не разграниченными остаются 16%), обороны и безопасности, особо охраняемых территорий и объектов (21%) и лесного фонда (18%). Земли сельскохозяйственного назначения и населенных пунктов, являющихся основным резервом развития территорий, остаются не разграниченными (около 90%) [2]. Отсутствует стратегия управления землями, которые должны остаться федеральными, так как Федерация и после разграничения останется крупнейшим земельным собственником.

Достаточно показательный характер носят проблемы с фондами перераспределения земель, которые были сформированы в самом начале земельной реформы в Российской Федерации (1992 г.). Назначение фондов — облегчать доступ к земле субъектов малого предпринимательства. Сначала эти фонды оказались в ведении районных муниципалитетов, с 2001 г. стали собственностью субъектов РФ, а с конца 2013 г. был организован фонд перераспределения земель, в котором могут находиться участки как в государственной собственности, так и в собственности субъекта РФ или в муниципальной. Однако в фондах числятся в основном не разграниченные земли. Статус этих фондов, сформированных на основании временного порядка, остался не проясненным, поскольку никакого иного порядка не возникло.

Сам временный порядок формирования и использования фонда вообще отсутствует в доступных системах правовой информации, а земельные отношения, которые возникли на основании этого порядка, сегодня могут быть пересмотрены. Информация о наличии земель в этих фондах малодоступна для граждан и бизнеса. Участки из земель фонда перераспределения превентивно не формируются, принципы их формирования, предоставляющие доступ субъектам малого предпринимательства, не установлены.

С 2010 г. формально существуют условия, когда могут формироваться фонды перераспределения в собственности местных администраций за счет участков из не востребованных земельных долей. Процедура требует финансирования из муниципального бюджета, ограниченного в средствах. Корректно выполнить предписанную законом процедуру уточнения списка собственников не востребованных земельных долей практически невозможно.

Есть проблема с компетенцией и финансовыми возможностями по управлению муниципальным фондом земель, особенно в сельских поселениях, но нет практики передачи полномочий по управлению муниципальными фондами в интересах и под контролем собственника (муниципального образования) — управляющей компании на уровне района или субъекта РФ.

Не созданы условия устойчивости землепользований, находящихся в собственности. Так, минимальный срок аренды (3 года) установлен только для участков сельскохозяйственного назначения, что мало для земель такого назначения. Для других видов деятельности сроки не установлены.

Между тем международный опыт показывает, что минимальные сроки аренды в странах с развитым сельским хозяйством обычно устанавливаются более длительными — от 5 лет. Например, во Франции он не может быть менее 9 лет, что мотивирует арендатора к бережному отношению к земле, способствует инвестиционной привлекательности. Добросовестный арендатор имеет безусловное право на продление договора. В России же продление зависит от воли арендодателя на момент заключения первоначального договора.

Территория России - это не только пространство, на котором располагаются дороги, здания, сооружения, леса и водоемы. Земля, точнее почва, природный ресурс, качество которого и количество конечно. Это недооценивается при выборе варианта размещения сооружений, направления разрастания городов, способах ведения сельского хозяйства.

Борьба за урожай без адекватного внесения удобрений приводит к тому, что в почву возвращается только около 15% питательных веществ от того, что им выносятся, 60–75% от него формируется за счет истощения почвенного плодородия. Федеральным законом «О землеустройстве» установлено проектное землепользование, которое исключило бы истощение почвенного плодородия земель. Однако такое прописывание правил землепользования для каждого участка сельскохозяйственных земель в зависимости от его плодородия требует бюджетных средств. При сложившейся эксплуатации земельного ресурса Россия теряет преимущества как продовольственная держава [3].

В 2006 г. была снята норма Земельного кодекса Российской Федерации о возмещении потерь с.-х. производства, размер которых зависел от плодородия. Уже несколько лет обсуждается законопроект об отмене категорий земель, который снижает уровень защиты высокопродуктивных сельскохозяйственных земель, переводя полномочия по утверждению перечня ценных земель на муниципальный уровень.

В среднем каждый день только в Московской области и только для строительства в населенных пунктах выводится 30 га земель сельхоз назначения [1]. Конфликт между сельским хозяйством и строительством самого разного рода может быть урегулирован к обоюдному интересу за счет малопродуктивных земель, а также за счет рыночных механизмов компенсации потерь продуктивных сельскохозяйственных земель в муниципальные бюджеты, но до сих пор такие подходы не применяются.

Попытку государства ввести в рамки желание собственника застраивать поля, не обращая внимания на их плодородие, через схемы территориального планирования муниципальных образований нельзя назвать успешной. Это связано с тем, что при недостатке бюджетных средств районные администрации нередко привлекали к подготовке таких схем собственников крупных земельных массивов. Эти собственники заинтересованы в том, чтобы как можно

больше их сельскохозяйственной земли попало в зоны разрешенного строительства. В соответствии с действующим законодательством получить решение об изменении назначения частного участка можно бесплатно (кроме двух субъектов РФ). При отсутствии четких процедур и критериев принятия решений, при барьерах в доступе к информации получение нужного решения часто связано с коррупционной практикой. Лица, помогающие получать нужные решения, понимают, как дорожает участок в результате формально бесплатных согласований, и часто берут за это плату.

Например, кадастровая стоимость 1 квадратного метра пашни увеличивается до 200 раз при смене назначения «Для сельского хозяйства» на «Для строительства автозаправочного комплекса» [3].

Суждение, что страна обладает обширными ресурсами продуктивных земель не вполне корректно. Россия занимает только четвертое место в мире по наличию пашни как в абсолютном выражении, так и в расчете на одного человека, а ее биоклиматический потенциал почти в 3 раза ниже, чем в Западной Европе или США. Поэтому необходима политика по сохранению почвы, особенно в ситуации, когда Россия ставит перед собой цели по обеспечению национальной и международной продовольственной безопасности.

С 2004 г. функция управления земельным фондом Российской Федерации не числится ни в одном из положений федеральных органов исполнительной власти.

Функции, с начала 90-х годов сосредоточенные в Комитете по земельной реформе и землеустройству (который в дальнейшем подвергался многочисленным реорганизациям), разбросаны по нескольким ведомствам.

Земельная политика превратилась в совокупность разнонаправленных ведомственных и общественных активностей. Постоянная переброска функций между различными ведомствами привела к катастрофической проблеме с кадрами. За состояние дел в земельной сфере, по сути, никто не отвечает.

Все отмеченные проблемы - следствие отсутствия земельной политики страны, которая должна была строиться с учетом социально-экономических и природных различий субъектов РФ и общественных интересов по управлению земельным фондом страны.

### **Библиографический список**

1. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2016 г. – М.: Федеральная служба земельного кадастра. – С. 47-48.
2. Официальный сайт Росреестра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.rosreestr.ru](http://www.rosreestr.ru), свободный.
3. Шагайда Н.И., Алакоз В.В. Земля для людей. – М.: Центр стратегических разработок, 2017. – 30 с.

## РЕКРЕАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КРАСНОГОРСКОГО ЛЕСОПАРКА

*Волков Сергей Николаевич, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** В статье рассказывается об рекреационных особенностях Красногорского лесопарка. Урбанизация, освоение новых площадей, увеличение городских территорий и городского населения создают глобальные проблемы сбережения лесных насаждений и состояния лесопарковых ландшафтов. Для городских территорий в том числе такого как Красногорский лесопарк, расположенного вблизи такого мегаполиса как Москва наблюдается непомерно высокий спрос на покрытые лесными насаждениями участки, что вызывает в свою очередь необходимость приведения их в такое состояние которое вполне отвечало рекреационным потребностям отдыхающих. Прежде всего это касается его рекреационных возможностей, повышения эстетических, санитарно-гигиенических и рекреационных качеств насаждений, а добиться этого возможно лишь путем научно-обоснованного ведения паркового и лесопаркового хозяйства.

**Ключевые слова:** рекреационные ресурсы, Красногорский лесопарк, насаждения, посещаемость, рекреационные формы отдыха, форма древостоя, природный объект.

Лесные насаждения в пределах города являются местом массового отдыха населения и вызывают особый интерес как объект изучения. Леса зелёных зон – это окружающая город территория, формирование которой подчиняется его интересам, которая выполняет природоохранные и рекреационные функции. Городские леса очищают воздух от загрязнения токсинами и пылью, насыщают его кислородом, создают более благоприятную климатическую среду, служат местом отдыха сотен тысяч горожан. Большое значение играют зелёные территории на урбанизированных территориях, поэтому рекреационная ценность леса Красногорского лесопарка особенно велика.

Красногорский лесопарк расположен в непосредственной близости от такого крупного мегаполиса как Москва в пределах Московской области. Территория нынешнего Красногорского района заселялась издревле, о чем говорят многочисленные археологические памятники: неолитическая стоянка около с. Петрово-Дальнее, находки фатьяновской культуры около с. Спас, дьяковские городища, Дятлова поляна на р. Истре, Воронковское, Архангельское, Гольевское, Пенягинское и два Спасских, а также славянское селище и 14 групп славянских могильников-курганов. Из селений, «слагаемых» Красногорск, самое старое - Павшино (упоминается в 1462 г.). Город Красногорск образован в 1940

г. на месте одноименного рабочего поселка. Район в значительной степени урбанизирован и обладает высоким промышленным потенциалом. Выбросы опасных загрязняющих веществ в атмосферу составляют около 0,7% выбросов области. Наибольшее негативное влияние оказывают постоянно возрастающие рекреационные нагрузки, застройка граничных земель и захламление территории.

Территория Красногорского лесопарка была заселена еще в 3 - 4 тыс. до н.э. О жизни человека здесь свидетельствуют многочисленные археологические памятники разных эпох. В 9 - 10 веках сюда шли славянские племена вятичей и кривичей. Их потомкам принадлежит большое число курганных могильников 12 - 13 столетий. В 1883 году археологом А.И. Кельсиевым вскрыто место курганов у деревни Митино. В окружении мелких курганов возвышалась огромная насыпь высотой около 7 м. Этот курган был известен еще по Писцовым книгам 17 века под именем "Великой могилы". В 1889 г. вскрыты три кургана вблизи Чернёво. Эти археологические памятники - свидетельства жизни разных эпох. (По материалам Московского Городского Управления Лесами). Основную часть территории лесопарка составляют лесные земли (90,9%), из них покрытых лесом (90,7%). Нелесных земель всего (9,1%), основную часть которых (3,2%) составляют декоративные поляны; лесные дороги и просеки (1,9%) и воды (1,1%), представленные ручьями, речками, озерками, заводьями. Усадьбы различного подчинения занимают 28,1 га или 1,3% от всей нелесной площади, из которых усадьбы, занятые кордонами и жилыми домами лесопарка, составляют 2,0 га, остальная площадь усадеб занята посторонними пользователями, в их числе: дома, лагеря отдыха и другие, не относящиеся к лесному ведомству организации. Границами лесопарка с севера служит Пятницкое шоссе, с востока - г. Москва, район Митино, с юга - город Красногорск и Волоколамское шоссе, с запада - лесные массивы Истринского лесхоза.

Леса Красногорского лесопарка расположены в подзоне хвойно-широколиственных лесов, на южных склонах Клинско-Дмитровской гряды, выделенный в отдельный геоморфологический район Смоленско-Московской моренной возвышенности, представляющий собою волнистые моренные водно-ледниковые равнины, пересеченные оврагами, балками, долинами малых рек и ручьев. Значительная часть лесопарка составляют покрытые лесом земли. Которые представлены смешанными хвойно-широколиственно-березовыми формациями в различных сочетаниях их составов, при преобладании хвойных, главным образом, - ели. Большая часть лесов лесопарка составляют спелые и перестойные древостои. Наиболее представленными в лесопарке являются насаждения широколиственной группы типов леса (СЛШ) с лесорастительными условиями - С2. Климат района умеренно-континентальный и в целом благоприятный как для произрастания и формирования сложных по составу и форме древостоев, так и для широкого их использования в рекреационных целях.

Наличие интересных природных объектов на территории играют важное значение для организации познавательного отдыха, туризма. Из памятников архитектуры и садово-паркового искусства можно отметить: Памятник архитектуры и садово-паркового искусства (вновь выявленный) у с. Марьино Знаменское на р. Синичке;

Село Марьино на р. Баньке (нынешняя Синичка) известно с конца XVI в., в 1700 г. здесь была выстроена церковь Знамения Пресвятой Богородицы. Усадьба Сабурово. Известна с 1623 г., как вотчина Патриарха. В настоящем уцелели остатки парка, которые нуждаются в восстановлении и реставрации утраченной планировки.

К особо охраняемым природным территориям в соответствии с «Основными направлениями градостроительного развития Москвы и Московской области на период до 2010 г.» относятся «Лермонтовские места» - территория лесопарков Красногорского и Новогорского, статуса и категории комплексного ландшафтного и историко-культурного заказника регионального значения. К объектам особой охраны отнесен комплекс рек Баньки и Синички с междуречьем и примыкающими лесными массивами, в пределах которых обширные территории и ранее были отнесены к заказникам и памятникам природы. Реки Банька и Синичка типично лесные, с заросшими древесной растительностью берегами, декоративны, привлекающие в связи с этим большое количество отдыхающих.

По результатам специального зообследования территории было выявлено около 60 видов и 27 видов млекопитающих. Здесь можно встретить лисицу, зайца, белку и других охотничьих животных. Из насекомоядных животных здесь отмечены: еж обыкновенный, крот, землеройка; из грызунов: полевая мышь, лесная мышь, рыжая полевка, серая полевка. К редким или единичным встречающимся видам можно отнести: куницу, норку.

Из птиц довольно обычны: горлица, сизарь, вяхирь; чайки - обыкновенная и речная крачка; кряква, чирок; дятлы - большой пестрый, вертишейка, малый пестрый; кукушка; ворона, зяблик, московка, лазаревка, гайка, дрозд белобровник, дрозд рябинник, певчий дрозд, соловей и др. мелкие птицы.

Основными подъездными путями, позволяющими доставить посетителей из центра Москвы к границам лесопарка в течение 1,5 часов служат транспортные магистрали: Волоколамское и Пятницкое шоссе; Рижская железная дорога (ст. Опалиха, Павшино).

Наиболее посещаются участки лесопарка, примыкающие к г. Красногорску, местам стационарного отдыха, в долинах рек Банька и Синичка. Пересеченный рельеф лесопарка используется спортсменами круглогодично. Равнинные части лесопарка посещаются менее интенсивно, в основном, в «грибное» время года.

В лесопарке развиты следующие виды отдыха:

длительный вблизи стационаров: санаторий «Отрадное»; оздоровительные детские лагеря «Искра» и «Зоркий»; спортивно-оздоровительный комплекс «Сабурово», с общей рекреационной емкостью -3,7 тыс. человек;

- кратковременный отдых на всей территории лесов лесопарка, с использованием дорожно-тропиночных маршрутов, лесных полян, отдыха у воды, с устройством пикников и свободных прогулок под пологом леса для сбора грибов, ягод, орехов.

Допустимая рекреационная емкость существующих насаждений лесопарка, с учетом минимального благоустройства, составляет 20 тыс. человек одновременно, при условии благоустройства территории.

При организации и регулировании отдыха в лесопарковых ландшафтах кроме лесоводственных особенностей необходимо учитывать и ландшафтные, такие как: типы лесопарковых ландшафтов; класс оценки эстетических свойств ландшафтов и другие. При рекреационной оценке территории необходимо учитывать природные особенности строения ландшафта, а именно структура фаций и урочищ. Это естественная географическая основа позволяет оптимизировать и реализовывать хозяйственные мероприятия направленные на повышение рекреационные качества территории.

#### **Библиографический список**

1. Агальцова В.А. основы лесопаркового хозяйства: учебник. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 213 с.

2. ОСТ – 56-69-83 «Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки» М.: изд. ЦБНТИ лесхоз, 1984. – 60 с.

3. Теодоронский В.С. Строительство и эксплуатация объектов ландшафтной архитектуры: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.С. Теодоронский Е.Д. Сабо, В.А. Фролова; под ред. В.С. Теодоронского. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 352 с.

4. Хайретдинов А.Ф., Канашова С.И. Рекреационное лесоводство. 2-е изд. Дополненное и переработанное – М.: МГУЛ, 2002, 308 с.

5. Стандарт отрасли. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. ВНИИЦ лесресурс ЛР № 020906.

6. Мониторинг рекреационных лесов. Коллектив авторов : Рысин Л.П., Савельева Л.И. Полякова Г.А., Рысин С.Л., Беднова О.В., Маслов А.А. ОНТИ ПНЦ РАН, 2003г.

**ОСОБЕННОСТИ ЛЕСНОГО КАДАСТРА**

*Заварзин Виктор Владимирович, профессор кафедры сельхоз. мелиораций, лесоводства и землеустройства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Аннотация:* Рассмотрены основные этапы становления кадастрового учета лесных участков в Российской Федерации, как в советский период, так и в условиях перехода к рыночным отношениям в использовании лесов. Показаны особенности кадастрового учета при передаче лесных участков в аренду, и ответственность арендаторов. Особо подчеркнута связь лесного кадастра с лесоустройством

*Ключевые слова:* Лесной фонд, лесной кадастр, информационная система государственного лесного кадастра, лесокадастровая книга лесов, аренда лесных участков, финансирование кадастрового учета, назначение лесного кадастра

Объектом государственного лесного кадастра является лесной фонд страны [1, 2]. Информационная система государственного лесного кадастра необходима для обеспечения рационального пользования лесным фондом, воспроизводства, охраны и защиты лесов, планирования, организации, ведения и развития лесного хозяйства.

Еще в советский период, во исполнение Постановления Совета Министров СССР от 8 января 1982 г. N 17 "О государственном учете лесов, ведении государственного лесного кадастра и отраслевого учета состояния и использования земель государственного лесного фонда" [4] в целях установления единого порядка ведения документации государственного лесного кадастра была разработана «Инструкция о порядке ведения государственного лесного кадастра» и Утверждена Постановлением Государственного комитета СССР по лесному хозяйству от 24. 01.1985 г. № 1 [3]. Предусматривалось, что а) государственный лесной кадастр должен вестись по всем лесам единого государственного лесного фонда по единой для Союза ССР системе на основе материалов лесоустройства, а по лесам, где лесоустройство не проведено, - на основе материалов инвентаризации, аэротаксационных и других обследований лесов;

б) государственный лесной кадастр должен содержать совокупность сведений о количественном и качественном состоянии лесов, делении лесов на группы и категории защитности, их использовании и другие данные, необходимые для рационального ведения лесного хозяйства и эффективного пользования лесами;

в) сведения об изменениях, происшедших в состоянии лесов, должны вноситься ежегодно в учетную документацию предприятиями, учреждениями и

организациями, на которые возложено ведение лесного хозяйства, на основании соответствующих актов натурного освидетельствования;

г) государственный контроль за соблюдением установленного порядка ведения документации государственного лесного кадастра должен осуществлять Государственный комитет СССР по лесному хозяйству и его органы в союзных и автономных республиках и на местах;

д) указания Государственного комитета СССР по лесному хозяйству по вопросам ведения документации государственного лесного кадастра являются обязательными для всех министерств, государственных комитетов и ведомств, в ведении которых находятся леса, предприятий, учреждений и организаций, на которые возложено ведение лесного хозяйства.

Важнейшая роль отводилась заполнению такого документа, как лесокатастровая книга лесов. Лесокатастровая книга вводилась, начиная с 1986 года. Во все разделы этой книги должны вноситься сведения о лесном фонде, находящемся в ведении предприятия, учреждения, организации, по состоянию на 1 января 1983 года и, с учетом изменений, происшедших за 1983 - 1985 годы, на 1 января 1986 года. В дальнейшем ежегодно в течение месяца по окончании года должны были вноситься итоговые данные о всех количественных и качественных изменениях, происшедших в лесном фонде за прошедший год, и на основании этих изменений вычисляться и приводиться сведения о лесном фонде по состоянию на 1 января текущего года.

Лесной кадастр тесно связан с лесоустройством. Проводимые при лесоустройстве топографо-геодезические, таксационные, лесобиологические и другие работы являются основой для получения необходимых для кадастра сведений о количественном и качественном состоянии лесов. После проведения очередного лесоустройства или инвентаризации лесов в лесокатастровую книгу должны были вноситься сведения о лесном фонде по данным этого лесоустройства или инвентаризации, вычисляться и заносятся в книгу расхождения этих данных со сведениями, приведенными в лесокатастровой книге на соответствующий год, анализироваться причины расхождений. Результаты анализа должны были рассматриваться на совещании в государственном органе лесного хозяйства.

В постсоветский период в 1995 г. Федеральной службой лесного хозяйства России была утверждена Концепция формирования и ведения государственного лесного кадастра, а на ее основе был разработан проект Федерального закона о Государственном лесном кадастре.

Государственный кадастровый учет лесных участков в России в настоящее время осуществляется в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2007 N 221-ФЗ "О государственном кадастре недвижимости" [5].

Новый лесной кодекс РФ передал большую часть полномочий по ведению лесного реестра на региональный уровень. Исключение составили субъекты РФ, в которых среднюю плотность населения превышает установленную норму в пятнадцать раз. Сегодня к таким регионам относится лишь Московская область, в связи с чем, учет лесных участков на ее территории выполняют фе-

деральные власти – Рослесхоз и его территориальные органы. В остальных случаях, за проведение государственной инвентаризации лесов, определяющей качественные и количественные характеристики лесных территорий, постановку на кадастровый учет лесных участков отвечает «Рослесинфорг». Также он выступает оператором АИС ГРЛ (информационной автоматизированной системы «Государственный лесной реестр»), выполняя ряд функций:

- обеспечение информацией исполнительные органы в сфере лесных отношений;
- своевременное внесение изменений в АИС ГРЛ;
- сбор данных о проводимых мероприятиях по защите, охране и воспроизводству лесов.

Государственной программой РФ, действующей с 2013 по 2020 год, предполагается, что финансирование кадастрового учета должно осуществляться за счет средств федерального бюджета.

Начиная с января 2015 года, проведение кадастрового учета лесного участка обязательно, если он предоставляется гражданину или юридическому лицу в случаях:

- безвозмездное срочное пользование;
- аренда;
- постоянное пользование;
- купля-продажа лесных насаждений;
- переоформление аренды.

Если арендуемый участок не поставлен на кадастровый учет, арендатор не сможет заключать договор субаренды, передавать свои права или обязанности в залог, по договору аренды, в качестве паевого взноса или вклада в уставной капитал.

Процедура постановки лесного участка на кадастровый учет аналогична правилам регистрации любого земельного участка в кадастре недвижимости. Перед обращением в орган кадастрового учета обязательно определяют границы образуемого лесного участка по материалам межевания, лесоустроительной или землеустроительной документации. Отличие заключается в том, что согласование его границ выполняется без их установления на местности и учета мнения заинтересованных лиц.

Лесной кадастр можно представить как систему, базирующуюся на единой информационной основе и предназначенной для сбора, обработки, учета, анализа и прогноза экологического, экономического, хозяйственного состояния лесного фонда, его количественной и качественной оценки.

Основное назначение лесного кадастра:

- оценка количества и качества лесных ресурсов при управлении лесным хозяйством, при переводе лесных земель в нелесные, при изъятии земель из лесного фонда;
- определение размера платежей за пользование лесным фондом;
- определение размера возмещения вреда, причиненного лесному хозяйству;

- оценка хозяйственной деятельности при использовании лесов .

В государственном лесном кадастре должна быть представлена следующая основная информация:

- сведения о регистрации лесного фонда;
- сведения о структуре государственных учреждений, ведущих лесное хозяйство;
- сведения об аренде участков лесного фонда;
- сведения о землях лесного фонда;
- сведения о запасах древесины;
- сведения о распределении лесов на категории использования и категории защитности;
- сведения о средних таксационных показателях и продуктивности лесов;
- сведения об особо охраняемых природных и особо защитных территориях и участках лесного фонда;
- сведения о состоянии лесов и, при необходимости, ряд других показателей, характеризующих количество и качество лесных ресурсов

Ведение государственного лесного кадастра должны осуществлять федеральный орган управления лесным хозяйством и его территориальные органы.

#### **Библиографический список**

1. Дубенок Н.Н., Чернявин П.В., Лебедев А.В., Гемонов А.В. Динамика лесов заповедника «Кологривский лес» // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 3 (31). С. 5–18.
2. Заварзин В.В., Лебедев А.В. К методике моделирования объема стволов на примере сосны кедровой сибирской (*Pinus sibirica*) // Природообустройство. 2017. № 3. С. 96-103.
3. Инструкция о порядке ведения государственного лесного кадастра (утв. Постановлением Гослесхоза СССР от 24.01.1985 № 1).
4. Постановления Совета Министров СССР от 8 января 1982 г. N 17 "О государственном учете лесов, ведении государственного лесного кадастра и отраслевого учета состояния и использования земель государственного лесного фонда".
5. Электронный ресурс: <http://leskod.ru/glava-10/st-92-lk-rfkommentarii>

## ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЛЕСА В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*Коротков Сергей Александрович, доцент кафедры лесоводства, экологии и защиты леса, Мытищинский филиал ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана; старший научный сотрудник лаборатории лесоводства и биологической продуктивности, ФГБУН Институт лесоведения РАН*

*Захаров Владимир Петрович, старший участковый лесничий, Орехово-Зуевский филиал ГКУ МО «Мособллес»*

*Аннотация:* Рассмотрены особенности ведения хозяйства в защитных лесах Подмосковья. Предлагаются к обсуждению подходы к воспроизводству лесов в условиях урбанизации ландшафта.

*Ключевые слова:* защитные леса, лесовосстановление, фрагментация ландшафтов, уход за лесом.

В регионах с высокой плотностью населения задачи лесопользования со временем существенно трансформируются как вследствие изменений экономических и социальных устоев, так и из-за переоценки значимости лесной продукции по сравнению с другими «экосистемными услугами». На примере лесов Подмосковья видно, что фундаментальные принципы ведения хозяйства за последние 120 лет как минимум трижды концептуально менялись. Классическое лесное хозяйство нацеленное на переход к циклам лесопользования и лесовосстановления было подвергнуто критике в период идей планового экономического развития. Допускалось превышение норм лесопользования. В дальнейшем, в подмосковных лесах действовал режим лесопользования, при котором получение лесной продукции в регионе стало допустимым только при ликвидации последствий разного рода природных и техногенных катастроф [1].

Комплекс проблем в современном ведении лесного хозяйства, в первую очередь отсутствие лесоводственных рубок в защитных лесах Московской области, достаточно полно характеризует направление смены пород. Старовозрастные лесные культуры, при отсутствии лесохозяйственных мероприятий отличаются пониженной биологической устойчивостью и более быстрым распадом.

Дополнительным фактором интенсивного воздействия на подмосковные леса представляется строительство центральной кольцевой автомобильной дороги (ЦКАД), с чем связаны следующие риски:

- - снижение лесистости Московской области;
- - значительное усиление загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом;
- - возрастание пожарной опасности в лесах;

- - снижение в целом устойчивости лесных массивов примыкающих к автомагистрали;
- - опасность фрагментации лесных территорий;
- - распространение инвазивных видов растений;
- - проявление роста негативных экотонных эффектов.

На территории, условной границей которой можно назвать ЦКАД возможно говорить о переходе к парковым экосистемам. Высокие темпы роста урбанизации, интенсивное, многоцелевое использование природных ресурсов, развитие технического производства и увеличение численности транспортных средств ведут к расширению масштабов лесной рекреации. Имеются все основания ожидать, что этот процесс с каждым годом будет нарастать. Часто первыми симптомами утраты природного разнообразия становится фрагментация ландшафта. Наглядное пространственное выражение этого процесса – включение в структуру природного ландшафта сельскохозяйственных земель, поселений, линейных сооружений, объектов строительства, промышленности и транспорта.

Общие потери покрытой лесом площади с 2000 по 2017 год от всех факторов, согласно данным дистанционного мониторинга, составили в Московской области 196 тыс. га, или в среднем 11,5 тыс. га/год, включая как временные потери от рубок, пожаров и других причин гибели древостоев, так и собственно обезлесение от застройки, создания объектов инфраструктуры и других действий, переводящих земли в непокрытые лесом на длительный срок [2]. Принципиально новым фактором динамики природной среды является фрагментация растительного покрова, которая влечет за собой другой мощный процесс антропогенной трансформации природной среды – экотонизацию границ природных ландшафтов, формирование сравнительно широких переходных полос к их антропогенным модификациям и искусственным ландшафтам. Биогеографический эффект от «островизации» ландшафта связан с изменением закономерностей распространения, структуры и динамики зональной биоты. Первостепенное значение приобретают такие параметры как открытость ландшафта для внедрения новых видов, скорость вымирания старых видов растений и животных, интенсивность и характер антропогенной изменчивости биоты и экосистем [3].

В соответствии с «Особенностями использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных в водоохранных зонах, лесов, выполняющих функции защиты природных и иных объектов, ценных лесов, а также лесов, расположенных на особо защитных участках леса» (Приказ Рослесхоза от 14.12.2010 № 485), при выполнении работ по лесовосстановлению в лесопарковых зонах и зелёных зонах, городских лесах используются древесные и кустарниковые породы, отличающиеся большой долговечностью, высокими эстетическими качествами, декоративностью, устойчивостью к неблагоприятным антропогенным и техногенным факторам, особенно к значительным рекреационным нагрузкам. Лесохозяйственные мероприятия, в зависимости от особенностей территории, могут быть направлены на достижение следующих целей:

- сохранение и повышение устойчивости лесных сообществ, удовлетворяющих запросам общества;
- поддержание режима особо охраняемых природных территорий и особо защитных участков леса;
- формирование сети лесных насаждений, призванных уменьшить влияние фрагментации лесных массивов (в том числе за счёт признания лесом растущих заброшенных сельхозугодий).

Для поддержания биоразнообразия и естественной динамики в лесных сообществах необходимо обеспечить существование и расселение видов на территориях, активно вовлеченных в природопользование. К сожалению, реально выращиваемый ассортимент посадочного материала и практика планирования лесохозяйственных мероприятий не позволяют отойти от традиций повсеместного создания сосновых или еловых культур. Различные авторы предпринимают попытки сформулировать предложения о перспективных направлениях лесов будущего для Московского региона. С. Л. Рысин, А. В. Кобяков [4] провели исследования ряда типов искусственных насаждений рекреационного назначения, произрастающих на территории городских лесов Москвы и в ближнем Подмосковье. По результатам исследования они для использования в производстве рекомендуют следующие типы лесопарковых культур с участием липы и березы.

Схема № 1. Березово-липовые культуры. Смешение кулисное. Б – Лп – Лп – Лп – Б.

Схема № 2. Березово-липовые культуры. Смешение рядовое. Б – Лп – Б.

Схема № 3. Березово-липовые культуры с кустарником. Смешение кулисное. Б – к – Лп – к – Б.

При редкой посадке (густота до 1,5 тыс. шт./га) принцип выращивания лесов в рекреационных лесах будет схож с принципом выращивания высококачественной древесины на пиловочник. Возраст рубки в рекреационных лесах должен быть равен возрасту биологической спелости пород, составляющих насаждение, то есть характеризоваться тем возрастом, в котором наступает отмирание деревьев.

Н. Н. Дубенок и др.[5] считают, что перспективными в условиях урбанизированных территорий являются смешанные сосново-лиственничные культуры со вторым ярусом из широколиственных пород. Сосна компенсирует низкую продуктивность лиственницы в молодости, а к моменту полного разрушения соснового элемента леса лиственница формирует максимально продуктивные древостои.

В ходе проводимых на территории Московской области многолетних исследований отмечается увеличение доли липы мелколистной, дуба черешчатого и клёна остролистного в насаждениях. С учётом данного явления в целях формирования устойчивых и эстетически привлекательных насаждений с примесью широколиственных пород можно рекомендовать следующие мероприятия:

- выявление, в том числе в рамках лесоустроительных работ, участков, перспективных для формирования хвойно-широколиственных насаждений. В

качестве основного критерия пригодности территории может выступать наличие жизнеспособных экземпляров дуба черешчатого и положение участка в рельефе;

- с целью увеличения доли широколиственных пород при создании лесных культур проектировать смешанные лесные культуры с введением дуба рядами или площадками путём посадки 1-2-летних сеянцев или посева желудей;
- при проведении агротехнических уходов и рубок ухода в молодняках в обязательном порядке сохранять все экземпляры самосева дуба и создавать им благоприятные условия для развития.

При планировании мероприятий по воспроизводству лесов не стоит забывать и о возможностях естественного возобновления. Особого внимания заслуживают компактные участки нарушенных еловых насаждений, удалённых от населённых пунктов и дачных участков и обеспеченные благонадёжным подростом, которые возможно не вовлекать в цикл сплошных санитарных рубок.

Несмотря на то, что смена хвойных пород мелколиственными традиционно рассматривается как негативное явление, наши исследования показывают, что в определённых (в первую очередь с повышенной влажностью) условиях искусственное выращивание леса сопряжено со значительными затратами на создание лесных культур и проведение лесоводственных уходов. Такие лиственные породы, как берёза, осина, обладая значительно большей энергией роста, чем хвойные быстро восстанавливают своё присутствие на лесокультурной площади. Повышенная пожарная опасность участков хвойных культур повышается в весенний период, а также в случае сухой осени за счёт большого количества горючего материала травянистых растений. Создание по периметру делянок минерализованных противопожарных полос не всегда является гарантией перехода огня с прилегающих территорий. В то же время формирующиеся естественным путём лиственные насаждения в течение нескольких лет формируют густой полог, угнетающе действующий на травянистую растительность, способствуют сохранению влаги в лесной подстилке и могут сдерживать распространение низового пожара. С учётом сказанного выше, считаем оправданным обратить внимание на перспективы формирования кулис лиственных насаждений естественного происхождения:

- на участках лесного фонда, примыкающих к магистральным автомобильным и железным дорогам;
- на участках лесных культур, примыкающих к сельскохозяйственным землям, представляющим пожарную угрозу от травяных палов;
- на переувлажнённых участках сплошных вырубках типов лесорастительных условий В3-В4, С3-С4.

Таким образом, при выборе методов воспроизводства лесов в условиях урбанизации ландшафта необходимо учитывать как тенденции природной динамики лесов, так и хозяйственное освоение территории.

## Библиографический список

1. Коротков С.А., Липаткин В.А. Устойчивость и управляемость лесов Московской области / Научные основы устойчивого управления лесами. В книге: Материалы Всероссийской научной конференции. Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Отделение биологических наук РАН, Научный совет РАН по лесу, Общество почвоведов им. В.В. Докучаева, Институт космических исследований РАН, Российский фонд фундаментальных исследований. 2018. С. 147-149.
2. Кобяков К., Титова С., Шматков Н., Коротков В., Казаков Р. Оценка возможностей для увеличения поглощения парниковыми газами на территории центра европейской России // Устойчивое лесопользование. 2019. № 1 (57). С. 4-20.
3. Тишков А.А. Биогеографические последствия природных и антропогенных изменений климата // Успехи современной биологии. 2011. Т. 131. № 4. С. 356-366.
4. Рысин С.Л., Кобяков А.В. Методические аспекты перспективности искусственных насаждений для рекреационного использования // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. 2011. № 4. С. 139-143.
5. Дубенок Н.Н., Кузьмичев В.В., Лебедев А.В. Рост и продуктивность древостоев сосны и лиственницы в условиях городской среды // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 1 (37). С. 54-71

УДК 630\*181.9

### **ОЦЕНКА ЗАПАСОВ СУХОСТОЙНОЙ И ВАЛЕЖНОЙ ДРЕВЕСИНЫ В ЛЕСАХ РОССИИ ПО ДАННЫМ ПОСТОЯННЫХ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ**

*Малышева Наталия Викторовна, доцент кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация:** Представлены результаты количественной оценки запасов сухостоя, валежника и пней по данным полевых измерений на 27 403 постоянных пробных площадях государственной инвентаризации лесов (ГИЛ), характеризующих 15 лесных районов России. Общий средний запас древесного детрита оценен в размере  $29,22 \pm 9,7$  м<sup>3</sup>/га. В общей структуре запасов сухостой составляет 40,3%, валежник - 55,3%, пни - 4,4 %.

**Ключевые слова:** сухостой, валежник, древесный детрит, государственная инвентаризация лесов.

При ведении государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) на регулярной основе выполняют методически однотипные измерения и проводят оценку объемов сухостоя, валежника и пней на постоянных пробных площадях (ППП). Количественные показатели, полученные на ППП, сводные по объектам ГИЛ, публикуют в Аналитических обзорах о состоянии лесов, их количественных и качественных характеристиках.

Цель проведенного исследования состоит в обобщении и анализе количественных характеристик запасов, накопленных в свежем сухостое, старом сухостое, валежнике и пнях по данным ГИЛ для последующего использования в расчетах запаса углерода в пуле древесного детрита. Исходными источниками данных при проведении исследования служили Аналитические обзоры о состоянии лесов, их количественных и качественных характеристиках по завершённым объектам ГИЛ за 2013-2018 гг.

По результатам полевых измерений на 27 403 ППП ГИЛ, характеризующих 15 лесных районов Российской Федерации, выполнены не имевшие до настоящего времени аналогов масштабные оценки надземной (сухостойная древесина) и наземной (валежная древесина, пни) составляющих древесного детрита. Европейская часть России представлена лесными районами: Карельским северо-таежным, северо-таежным европейской части, Балтийско-Белозерским таежным, Карельским таежным, Двинско-Вычегодским таежным, Западно-Уральским таежным, южно-таежным, районом хвойно-широколиственных лесов, лесостепным, районом степей (часть Воронежской области). Азиатская часть России представлена лесными районами Средне-Уральским таежным, Алтае-Саянским горно-таежным, Западно-Сибирским подтаежно-лесостепным, Приамурско-Приморским районом хвойно-широколиственных лесов, Дальневосточным лесостепным.

По натурным обследованиям на ППП ГИЛ запас сухостоя в среднем по всем объектам составил  $11,76 \pm 4,21$  м<sup>3</sup>/га, запас валежника -  $16,14 \pm 5,5$  м<sup>3</sup>/га, запас пней -  $1,29 \pm 0,57$  м<sup>3</sup>/га. Общий средний запас надземной и наземной составляющих древесного детрита оценен в размере  $29,2 \pm 9,7$  м<sup>3</sup>/га. В общей структуре запасов древесного детрита сухостой составляет 40,3%, валежник - 55,3%, пни - 4,4 %, а по отношению к среднему запасу древесины 5,82±1,8 %, 8,15±3,1% и 0,67±0,4% соответственно. В целом по всем исследованным объектам запас древесного детрита, наземной и надземной частей, оценен в размере  $14,6 \pm 4,4\%$  среднего запаса стволовой древесины [1,2].

По результатам исследований максимальные объемы надземной и наземной составляющих древесного детрита отмечены в лесах лесостепной зоны европейской части РФ –  $42,03 \pm 9,6$  м<sup>3</sup>/га, в зоне хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части РФ –  $34,11 \pm 7,6$  м<sup>3</sup>/га, а в таежной зоне европейской части РФ средние запасы составляют  $27,95 \pm 5,1$  м<sup>3</sup>/га, т. е. меньше, чем в первых двух. При этом в лесостепной зоне европейской части РФ около 55% объема древесного детрита приходится на сухостой. Для азиатской части России максимальные объемы древесного детрита приходятся на хвойно-широколиственные леса Приамурско-Приморского лесного района -  $40,2 \pm 5,3$

м<sup>3</sup>/га и Алтае-Саянского горно-таежного района – 35,49±11,9 м<sup>3</sup>/га. Меньшие объемы в среднем выявлены в Средне-Уральском таежном районе - 31,98±1,2 м<sup>3</sup>/га. Итоговые средние значения запасов надземной и наземной составляющих древесного детрита по обследованным лесным районам приведены на рисунке 1.

Полученные данные в целом не противоречат утверждению о том, что пространственное распределение детрита подчиняется зональным закономерностям [3]. Однако наибольшие запасы древесного детрита отмечены не в экологических зонах с пониженными темпами разложения органического вещества (южно-таежная подзона европейской части России, согласно [3]), а в лесостепной зоне европейской части, хвойно-широколиственных лесах Дальнего Востока и европейской части России, лесах Южно-Сибирской горной зоны. Вероятно, недостаточные объемы санитарно-оздоровительных мероприятий являются более значимым фактором, влияющим на накопление древесного детрита, чем зональная обусловленность его запасов.

Сделанные выводы предварительные, т.к. аналитические оценки ограничены совокупностью данных для 15 лесных районов, в которых ГИЛ завершена, из 41 по стране. Полученные результаты позволяют надеяться, что использование данных ППП, собранных в полевых условиях по единой методике с представительным объемом выборки, будет способствовать объективной количественной оценке накопленных запасов углерода в древесном детрите на уровне регионов и в целом по стране. Для ограниченной выборки из 15 лесных районов, характеризующих преимущественно в европейскую часть России, соотношение запаса древесного детрита к запасу стволовой древесины составило 14,6±4,4%. Эта величина близка к соотношению запаса углерода в пуле детрита к запасу углерода в фитомассе древостоя, которое используют в расчетах при подготовке национальной отчетности по международным климатическим соглашениям для лесов страны - 19,5% (2019 г.) [4] и приводят в научных исследованиях - ~20% [3].

Закладку ППП ГИЛ на значительной части азиатской территории планируется завершить к 2020 г. Можно ожидать, что предлагаемый источник данных и метод оценки позволят качественно улучшить отчетность Российской Федерации в РКИК ООН для этого пула по сектору землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства в рамках Парижского соглашения.

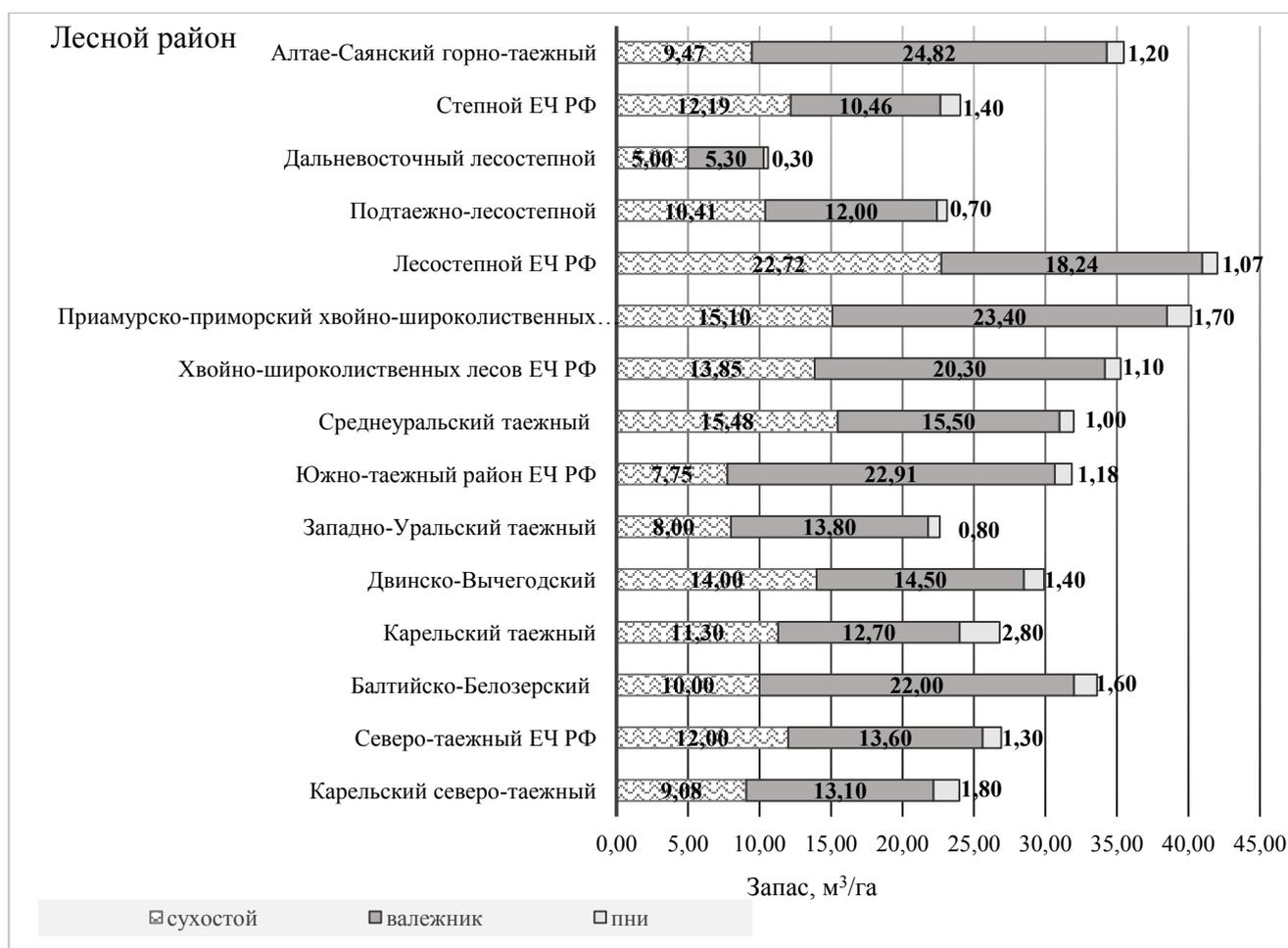


Рисунок 1 - Средние запасы сухостоя, валежника и пней по лесным районам России: ЕЧ РФ – Европейская часть Российской Федерации

### Библиографический список

1. Малышева Н.В. Количественная оценка запасов древесного детрита в лесах Российской Федерации по данным ГИЛ / Н.В. Малышева, А.Н. Филиппчук, Т.А. Золина, Г.В. Сильнягина // Лесохоз. информ.: электронный сетевой журн. 2019. – №1. – С.101-128. <http://dx.doi.org/10/24419/LNI.2304-3083.2019.1.09>
2. Malysheva N., Filipchuk A., Zolina T. Assessment of coarse woody debris stock in Russia forests based on state forest inventory data / IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. – v.316. 012033. doi:10.1088/1755-1315/316/1/012033
3. Швиденко, А. Оценка древесного детрита в лесах России / А. Швиденко, Д. Щепаченко, С. Нильссон // Лесная таксация и лесоустройство. 2009. – № 1(41). – С. 133–147.
4. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2017 гг. — М.: Росгидромет, 2019. — Ч. 2.

## **ВЕРИФИКАЦИЯ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЗАВИСИМОСТИ ВЫСОТ ОТ ДИАМЕТРОВ СТВОЛОВ ПО МАТЕРИАЛАМ СПЛОШНЫХ РУБОК В БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ**

*Лебедев Александр Вячеславович, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация:** в работе приводятся результаты верификации двухпараметрических моделей зависимости высот диаметров стволов деревьев по материалам сплошных рубок в березовых древостоях. Выбранные в качестве лучших модели рекомендуется использовать в лесотаксационных работах и при разработке обобщенных моделей.*

***Ключевые слова:** график высот, диаметр, высота, двухпараметрические модели.*

Графики связи высот и диаметров деревьев на высоте груди широко используются в лесотаксационных работах для определения средней высоты древостоя, соответствующей среднему дереву [2, 3]. Используется целый ряд уравнений, позволяющих проводить аналитическое выравнивание этой зависимости. В то же время не все они позволяют корректно описывать зависимость высот от диаметров во всем возрастном диапазоне. В молодняках она близка к прямой линии, постепенно выпуклость кривой возрастает, и в приспевающих и спелых древостоях высота крупных деревьев выравнивается, а в перестойных могут наблюдаться самые крупные деревья с меньшей высотой. Но таких деревьев встречается мало, поэтому этот загиб кривой высот обычно игнорируют. В.Б. Подмаско [16] считал, что у кривой высот должна наблюдаться горизонтальная асимптота. Наиболее простыми моделями описания зависимости высот от диаметров стволов являются двухпараметрические.

Материалом для изучения статистических зависимостей между высотой и таксационным диаметром деревьев стали данные обмеров около 2200 учетных деревьев березы на 23 пробных площадях в Лесной опытной даче РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Количество обмеренных стволов на пробе составляло от 35 до 153. Временной промежуток закладки пробных площадей охватывает 14 лет (1905-1917 годы). Обработка экспериментальных материалов проводилась с использованием Python 3.5 + NumPy 1.17.1 + SciPy 1.3.2. Подбор параметров уравнений осуществлялся путем минимизации среднеквадратической ошибки. Перечень отобранных по литературным источникам [4, 5] наиболее часто применяемых в лесотаксационных работах двухпараметрических моделей приведен в таблице 1. Всего в работе было использовано 12 моделей.

**Двухпараметрические модели зависимости высоты деревьев от таксационного диаметра**

№	Модель	Источник
M1	$h = 1.3 + b_1 DBH^{b_2}$	Huxley and Teissier (1936)
M2	$h = 1.3 + \left(\frac{DBH}{b_1 + b_2 DBH}\right)^3$	Näslund (1936)
M3	$h = 1.3 + \frac{b_1 DBH}{b_2 + DBH}$	Huang et al. (2000)
M4	$h = 1.3 + b_1 \left(\frac{DBH}{1 + DBH}\right)^{b_2}$	Huang et al. (2000)
M5	$h = 1.3 + b_1 \left(1 + \frac{1}{DBH}\right)^{b_2}$	Curtis (1967)
M6	$h = 1.3 + \frac{b_1 DBH}{(1 + DBH)^{b_2}}$	Curtis (1967)
M10	$h = 1.3 + b_1(1 - \exp(-b_2 DBH))$	Meyer (1940)
M14	$h = 1.3 + \exp\left(b_1 + \frac{b_2}{DBH + 1}\right)$	Wykoff et al. (1982)
M15	$h = 1.3 + \frac{b_1 DBH}{(DBH + 1) + b_2 DBH}$	Bates and Watts (1980)
M16	$h = 1.3 + b_1 DBH \exp(-b_2 DBH)$	Huang et al. (2000)
M17	$h = 1.3 + \exp\left(b_1 + \frac{b_2}{DBH}\right)$	Staudhammer and LeMay (2000)
M18	$h = 1.3 + b_1 \exp\left(\frac{b_2}{DBH}\right)$	Buford (1986)

Качество моделей оценивалось по следующим критериям: квадратный корень из среднеквадратической ошибки (RMSE), коэффициент детерминации ( $R^2$ ), информационный критерий Акаике (AIC) и информационный критерий Байеса (BIC).

**Итоговые оценки качества моделей**

Модель №	RMSE			$R^2$			AIC			BIC		
	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	Mean	Max
M1	0,464	1,043	1,922	0,587	0,774	0,885	-149,7	8,0	120,1	20,9	195,4	422,1
M2	0,376	0,921	1,705	0,604	0,817	0,924	-191,9	-17,9	79,8	4,1	169,5	380,2
M3	0,405	0,954	1,762	0,602	0,806	0,918	-176,9	-10,1	92,7	16,6	177,3	394,7
M4	0,378	0,917	1,687	0,605	0,818	0,922	-190,4	-18,8	79,5	5,6	168,6	377,8
M5	0,378	0,917	1,687	0,605	0,818	0,922	-190,4	-18,8	79,5	5,6	168,6	377,8
M6	0,427	1,021	1,902	0,589	0,782	0,897	-166,3	3,3	114,5	18,7	190,7	416,5
M10	0,397	0,925	1,667	0,608	0,817	0,924	-180,8	-16,1	84,4	15,2	171,3	386,4
M14	0,408	0,923	1,695	0,605	0,816	0,924	-173,4	-14,9	81,7	15,9	170,5	380,0
M15	0,405	0,954	1,762	0,602	0,806	0,918	-176,9	-10,1	92,7	16,6	177,3	394,7
M16	0,399	0,911	1,568	0,604	0,821	0,925	-179,8	-19,1	80,6	16,2	168,3	381,0
M17	0,380	0,915	1,679	0,605	0,819	0,918	-189,3	-19,4	79,7	6,7	168,0	376,4
M18	0,380	0,915	1,679	0,605	0,819	0,918	-189,3	-19,4	79,7	6,7	168,0	376,4

Усредненные итоговые оценки обучения моделей на выборках представлены в таблице 2 (min – минимальное значение, max – максимальное значение, mean – среднее значение). По комплексу показателей наиболее точными оказались следующие модели M16, M17, M18, M4, M5 и M2. Они характеризуются максимальными значениями коэффициентов детерминации и минимальными значениями RMSE, AIC и BIC. Кроме того, данные модели обеспечивают высокую точность выравнивания экспериментальных данных во всем возрастном диапазоне древостоев от молодняков до спелых и перестойных. Самой низкой обобщающей способностью характеризуются модели M1 и M6.

Таким образом, отмеченные выше лучшие модели рекомендуется применять при выравнивании полевых данных для построения графиков высот и определения средней высоты элементов леса. Кроме того, они могут быть взяты за основу при разработке обобщенных моделей для определения высот деревьев.

### **Библиографический список**

1. Подмаско Б.И. Инвентаризация лиственных лесов севера Дальнего Востока СССР методом камерального дешифрирования аэроснимков: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. - М., 1973. - 24 с.
2. Хлюстов В.К., Лебедев А.В. Товарно-денежный потенциал древостоев и оптимизация лесопользования: Монография // В.К. Хлюстов, А.В. Лебедев. Иркутск: ООО «Мегапринт», 2017. - 328 с.
3. Хлюстов В.К., Лебедев А.В., Ефимов О.Е. Экобиоэнергетический потенциал сосняков Костромской области: Монография. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. - 292 с.
4. Sharma R.P. Modelling height-diameter relationship for Chir pine trees. Banko Janakari. - № 2 (19). - 2009. – P. 3–9.
5. Uzoh F.C.C. Height-diameter model for managed even-aged stands of Ponderosa Pine for the Western United States using hierarchical nonlinear mixed-effects model. Aust J Basic Appl Sci. - № 11. – 2017. – P. 69–87.

## **ИТОГИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ НАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАПОВЕДНИКА "КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС" ЗА 5 ЛЕТ**

**Чистяков Сергей Анатольевич**, заместитель директора по науке, ФГБУ «Государственный заповедник «Кологривский лес».

**Лебедев Александр Вячеславович**, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; научный сотрудник, ФГБУ «Государственный заповедник «Кологривский лес».

**Гемонов Александр Владимирович**, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных мелиораций, лесоводства и землеустройства, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; научный сотрудник, ФГБУ «Государственный заповедник «Кологривский лес».

**Креницын Игорь Георгиевич**, научный сотрудник, ФГБУ «Государственный заповедник «Кологривский лес».

**Аннотация:** В 2018 году завершился первый этап реализации программы, сопровождавшийся разработкой методики проведения исследований, закладкой постоянных пробных площадей. За период с 2014 по 2018 годы на территории Кологривского и Мантуровского участков заповедника было заложено 17 постоянных пробных площадей, на которых в будущем один раз в пять лет будут проводиться повторные инвентаризации.

**Ключевые слова:** Кологривский лес, нарушенные территории, лесохозяйственная деятельность, научные исследования.

Результатом экстенсивного ведения лесного хозяйства в XX веке на северо-востоке Костромской области стало снижение доли площадей хвойных насаждений и увеличение доли площадей, занятых менее хозяйственно ценными лиственными породами (осина, береза, ива, ольха). На примере Центрального участкового лесничества заповедника «Кологривский лес» было показано, что несмотря на попытки проведения искусственного восстановления ельников на местах вырубок, из-за некачественно проведенных работ по посадке и посеву, отсутствия мероприятий по уходу за насаждениями в настоящее время преобладают березовые и осиновые насаждения [1, 2, 3, 4, 5].

С 2014 года в заповеднике «Кологривский лес» реализуется комплексная программа многолетних исследований «Исследование динамики естественного возобновления растительного покрова на участках, использовавшихся для лесохозяйственной деятельности». Целью реализации программы является проведение исследований по изучению динамики естественного возобновления растительного покрова на участках заповедника «Кологривский лес», ранее использовавшихся для лесохозяйственной деятельности.

Основными направлениями исследований по программе являются изучение динамики показателей лесного фонда; динамики показателей роста и продуктивности древостоев основных лесобразующих пород; процессов образования опада в древостоях; экологических режимов различных растительных сообществ; почвенного покрова по элементам ландшафта и под насаждениями различного породного состава.

Для реализации программы на территории заповедника закладываются постоянные пробные площади. Постоянная пробная площадь закладывается в лесотаксационном выделе, который подбирается по ранее заданным критериям: происхождение насаждения, возрастная и пространственная структура, породный состав, лесорастительные условия и т.д. Пробная площадь представляет собой квадрат с длиной стороны 25 м (площадь участка составляет 0,0125 га). Границы каждой пробной площади фиксируются на местности. Пробная площадь ограничивается в натуре при помощи ограничительных столбов.

Для каждой пробной площади проводится перечислительная таксация по элементам леса. Измеряются диаметры стволов деревьев на высоте груди, их высоты. По объемным таблицам для заданного разряда высот и ступеней толщины находятся значения объемов столов, после чего определяется запас каждого элемента леса и определяется формула состава древостоя.

На каждой постоянной пробной площади проводятся учеты видового состава, проективного покрытия (обилия) и встречаемости растений живого напочвенного покрова. Учеты проводятся по стандартным методикам на однометровых (площадью 1 м<sup>2</sup>) учетных площадках в количестве 10-20 площадок, равномерно размещенных по участкам.

В результате реализации программы «Исследование динамики естественного возобновления растительного покрова на участках, использовавшихся для лесохозяйственной деятельности» на территории Кологривского и Мантуровского участков заповедника, были заложены 20 постоянных пробных площадей.

На территории Мантуровского участка заповедника 2 постоянные пробные площади (1М/14 и 2М/14) заложены в сосновых насаждениях, произрастающих на месте гари 1972 года, где по настоящее время действует осушительная система открытого типа. Кроме того, другие 4 постоянные пробные площади (1М/16, 2М/16, 1М/18 и 2М/18) заложены в сосновых насаждениях на участках без осушения, но также на месте гари 1972 года.

На территории Кологривского участка заповедника 2 постоянные пробные площади (1/15 и 2/15) заложены на территории выработанного песчаного карьера для изучения процесса почвообразования и восстановления растительного покрова. Одна пробная площадь (1/18) расположена на месте гари 1972 года, где после пожара выполнялись рядовые посадки культур ели. В настоящее время из-за отсутствия мероприятий по уходу за лесом в древостое преобладающими породами являются береза и ива древовидная. Две постоянные пробные площади (3/15 и 4/15) заложены на участке, использовавшемся ранее для разъезда лесозаготовительной техники и временного хранения заготовленной дре-

весины. Остальные 6 пробных площадей заложены в насаждениях, сформировавшихся на местах вырубок.

Результаты обработки данных пробных площадей Мантуровского участка заповедника показывают, что основными фоновыми видами в травянистом покрове являются багульник болотный (*Rhododendron tomentosum*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*), голубика (*Vaccinium uliginosum*), черника (*Vaccinium myrtillus*), вереск (*Calluna vulgaris*), орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum*), вейник тростниковидный (*Calamagrostis arundinacea*), марьянник лесной (*Melampyrum sylvaticum*) и др.

На пробных площадях Кологривского участка заповедника основными фоновыми видами являются щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*), щитовник картузианский (*Dryopteris carthusiana*), страусник обыкновенный (*Matteuccia struthiopteris*), букovníк обыкновенный (*Phegopteris connectilis*), вейник тростниковидный (*Calamagrostis arundinacea*), живучка ползучая (*Ajuga reptans*), кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), черника (*Vaccinium myrtillus*), костяника (*Rubus saxatilis*), майник двулистный (*Maianthemum bifolium*), седмичник европейский (*Trientalis europaea*), марьянник лесной (*Melampyrum sylvaticum*), ожика волосистая (*Luzula pilosa*), линнея северная (*Linnaea borealis*), грушанка круглолистная (*Pyrola rotundifolia*), копытень европейский (*Asarum europaeum*) и др.

Предварительный анализ материалов с постоянных пробных площадей показывает, что в условиях северо-востока Костромской области в культурах ели обязательными являются рубки ухода, направленные на формирование оптимального породного состава древостоев и на удаление отстающих в росте деревьев ели. На местах выработанных карьеров необходимо проводить мероприятия по рекультивации земель, так как на восстановление почвенного и растительного покрова естественным путем необходим длительный промежуток времени.

В 2018 году завершился первый этап реализации программы «Исследование динамики естественного возобновления растительного покрова на участках, использовавшихся для лесохозяйственной деятельности», сопровождавшийся разработкой методики проведения исследований, закладкой постоянных пробных площадей. В дальнейшем предполагается инвентаризация пробных площадей один раз в пять лет, что позволит оперативно отслеживать происходящие изменения в фитоценозах.

### Библиографический список

1. Дубенок Н.Н., Чернявин П.В., Лебедев А.В., Гемонов А.В. Динамика лесов заповедника «Кологривский лес» // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 3 (31). С. 5–18.
2. Лебедев А.В. Динамика роста и развития смешанного древостоя на узколесосечной вырубке // Научные труды государственного природного заповедника «Кологривский лес». Выпуск 1, 2017. – С. 13-23.

3. Лебедев А.В., Чистяков С.А., Гемонов А.В., Чернявин П.В. Промежуточные итоги реализации программы по изучению динамики нарушенных растительных сообществ в заповеднике "Кологривский лес" // В сборнике: Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: Современное состояние и перспективы Материалы всероссийской (с международным участием) конференции. Ответственный редактор А.В. Лебедев. 2018. С. 35-39.

4. Лебедев А.В. Ход естественных процессов в древостоях ядра заповедника "Кологривский лес" // В сборнике: Вклад особо охраняемых природных территорий в экологическую устойчивость регионов: Современное состояние и перспективы Материалы всероссийской (с международным участием) конференции. Ответственный редактор А.В. Лебедев. 2018. С. 6-14.

5. Чернявин П.В., Лебедев А.В., Гемонов А.В., Чистяков С.А. Изменение характеристик лесного фонда заповедника «Кологривский лес» // Научные труды государственного природного заповедника «Кологривский лес». Выпуск 1, 2017. – С. 6-12.

УДК 58.087; 528.8; 581.9

## **ПЕРСПЕКТИВЫ МОНИТОРИНГА ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ЛЕСОВ МЕТОДАМИ АЭРОФОТОСЪЕМКИ И КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ**

**Фадеев Николай Борисович**, с.н.с. отдела растительных ресурсов, ФГБНУ ВИЛАР

**Скрыпичкина Татьяна Николаевна**, доцент кафедры фотограмметрии, факультет прикладной космонавтики и фотограмметрии, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО МИИГАиК

**Аннотация:** Многие виды деревьев и кустарников флоры России являются лекарственными растениями и используются в медицине. Важной характеристикой лесных биоценозов является породный состав, высота деревьев и площадь сообществ. Нами использована комбинация методов дистанционно зондирования Земли для определения этих параметров.

**Ключевые слова:** деревья, лекарственные растения, дешифрирование, лидар, ГИС.

Во флоре России ряд видов деревьев (береза повислая (*Betula pendula* Roth, *Betulaceae*), ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Betulaceae*), дуб черешчатый (*Quercus robur* L., *Fagaceae*), тополь черный (*Populus nigra* L., *Salicaceae*), ива ломкая (*Salix fragilis* L., *Salicaceae*), пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb., *Pinaceae*), ель европейская (*Picea abies* (L.) H. Karst., *Pinaceae*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L., *Pinaceae*), сосна сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour, *Pinaceae*), робиния лжеакация (*Robinia pseudoacacia* L., *Faba-*

ceae), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L., *Rosaceae*), и кустарников (боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguinea* Pall., *Rosaceae*), шиповник коричный (*Rosa majalis* Herrm., *Rosaceae*), жостер слабительный (*Rhamnus cathartica* L., *Rhamnaceae*), крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill., *Rhamnaceae*), облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides* L., *Eleagnaceae*) являются лекарственными растениями (ЛР) и в медицине применяются их части – листья, почки, плоды, кора, сок, эфирные масла, смола (живица) и стоит актуальная задача определения их ареалов и запасов сырья для нужд фармацевтической промышленности.

Кроме того, деревья являются субстратом для роста грибов, многие из которых являются источником ценного лекарственного сырья (чага (инонотус скошенный (*Inonotus obliquus* L., *Hymenochaetaceae*)), березовая губка (*Piptoporus betulinus* (Bull.) P.Karst., *Fomitopsidaceae*), лиственничная губка (*Fomitopsis officinalis* (Vill.) Bondartsev & Singer, *Fomitopsidaceae*), ганодерма блестящая (лин-чжи) (*Ganoderma lucidum* (Curtis) P.Karst., *Polyporaceae*) и др.). Эти виды грибов имеют четкую субстратную приуроченность и чтобы их заготовить, необходимо сначала найти биоценозы с деревьями, на которых они паразитируют.

Эти исследования приобретают особую актуальность, ввиду сокращения площади лесов в РФ из-за резкого роста экспорта древесины в последние годы, участившимися лесными пожарами и спросом со стороны стран Юго-Восточной Азии на недревесную продукцию леса (дикорастущие ЛР, грибы, ягоды, орехи). Так, например, за последние 5 лет только в Китай из России были экспортированы сотни тысяч тонн чаги (*Inonotus obliquus* L., *Hymenochaetaceae*), кедровых орехов (*Pinus sibirica* Du Tour, *Pinaceae*). Каждые 5-6 лет потребность в этих дикорастущих видах, поставляемых из России, в Китае удваивается.

Россия занимает первое место в мире (20,4% в 2015 г.) по площади лесов. По оценке Всемирного банка, площадь лесов России составляет 8,1 млн. кв. км (45 % всей территории страны). Дешифрирование растительных сообществ (в том числе, лесных ценозов), мониторинг их состояния и распространения - одна из важнейших современных задач ботанического ресурсоведения.

Автоматическое дешифрирование особенно актуально для целей и задач тематического картографирования растительных лесных сообществ, ввиду их больших площадей, и, во многих регионах Евразии - труднодоступности. Одна из основных проблем при этом - выделение границ лесных биотопов в смешанных лесах, из-за большой трудоемкости интерактивного визуального дешифрирования [1].

В настоящее время ГИС стремительно становятся мощным инструментом для решения ряда фундаментальных и прикладных проблем биологии, агрономии, климатологии и одной из основ цифровой экономики. Благодаря способности хранить, анализировать и визуализировать в структурированной электронной форме огромные объемы распределенных в пространстве разнородных данных, ГИС позволяют быстро генерировать необходимую информацию в

удобной для научных специалистов форме. Например, можно связывать климат и рельеф с присущими ему растительными ценозами, то есть результаты ординации могут служить научным обоснованием картографирования как самих растительных сообществ, так и экологических ниш [2]. Это дает возможность моделировать различные экологические ниши и прогнозировать ареалы различных по приуроченности видов растений.

Исследование выполнялось на территории Заокского геополигона МИИ-ГАиК в Заокском районе Тульской области. На территории геополигона представлены различные формы рельефа (в долине рек Оки и Скниги) – пересеченный рельеф с надпойменными террасами и оползневыми склонами, оврагами [3].

Ранее, в наших работах [3, 4] была показана возможность применения космических снимков и материалов аэрофотосъемки для дешифрирования запасов лекарственных растений. Поэтому, для наших исследований по дешифрированию и определению площадей занятых различными лесными породами, в качестве ведущего метода, мы выбрали воздушное лазерное сканирование.

Целью наших исследований являлась проверка и оценка возможности автоматического дешифрирования древесных и кустарниковых видов лекарственных растений по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Для оценки состояния природной сырьевой базы древесных лекарственных растений перспективно взаимное дополнение геоботанических, наземных методов оценки и дистанционных, с использованием материалов воздушного лазерного сканирования, космической съемки территории, аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов с интеграцией данных в геоинформационной системе (ГИС).

Наше исследование состояло из следующих этапов: получение ортофотоплана по данным лидарной (лазерной) съемки (лидар Leica RS-150, 2012 г.), в картографической системе координат; определение эталонных областей характерных лесных ценозов; автоматическая классификация изображения по разнице высот между поверхностью земли и вершинами крон деревьев; создание векторной карты с интеграцией в ГИС по полученным данным с определением площадей, занятыми конкретными лесными ценозами (рис.1); верификация полученной информации по данным аэрофотосъемки (2016 г.) и космической мультиспектральной съемки (спутник WorldView-2, июль 2014 г.).

Фотограмметрическая обработка результатов (измерение высот деревьев) производилась в программах Photomod 6 и AgiSoft Photoscan. По результатам весенней съемки с беспилотного летательного аппарата (апрель 2016 г.) в стереорежиме было проведено подтверждение точности цифровой модели рельефа – выполнены контрольные измерения высот деревьев и дифференциация хвойных и лиственных видов деревьев.

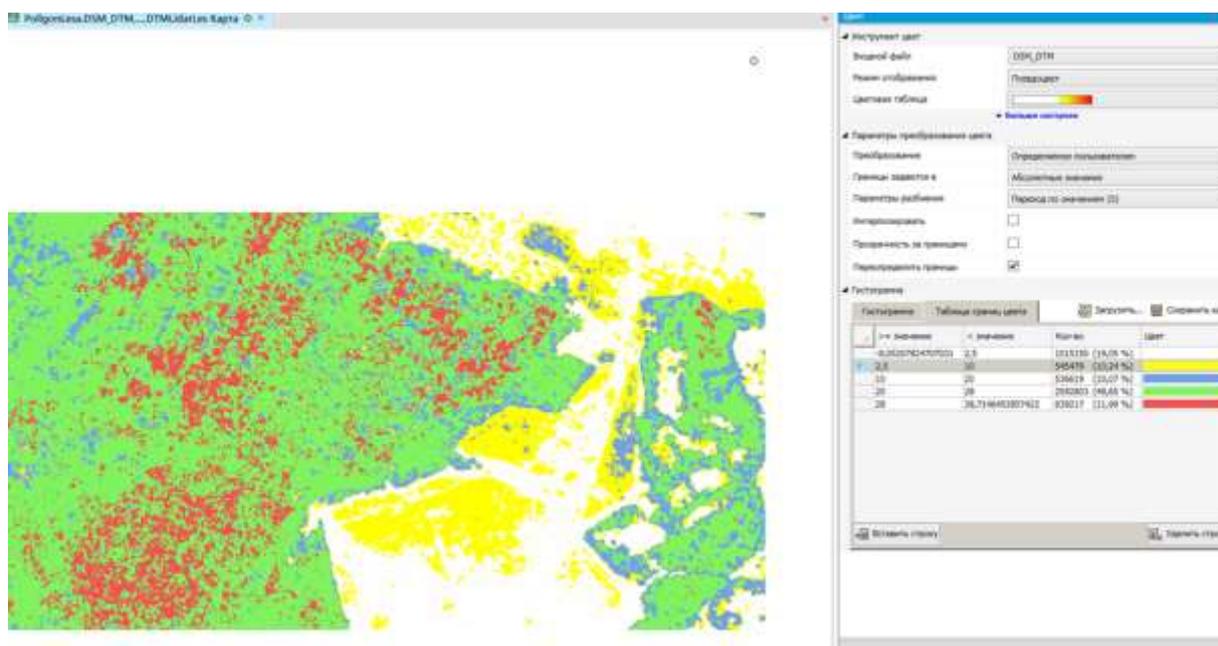


Рисунок 1- Фрагмент ГИС с дешифрированием леса по породному составу

Для определения биологических характеристик лесных биотопов было использовано несколько методов дистанционного зондирования – воздушное лазерное сканирование, съемка с беспилотных летательных аппаратов, данные мультиспектральной космической съемки и наземные исследования.

Суммарная обследованная нами площадь лесных сообществ в Тульской области составила 107,5 га, в том числе, подрост деревьев - 10,24%, лиственный лес - 58,72%, сосновый лес - 11,99%. Выделение площадей лесных биотопов проводилось по разности высот ЦМР (цифровой модели рельефа) и ЦМП (цифровой модели поверхности) и верифицировались по стереоизображениям, полученным с беспилотных летательных аппаратов и мультиспектральному космическому снимку высокого разрешения.

Таким образом, исследования по сочетанному применению различных методов дистанционного зондирования Земли и ГИС являются актуальными и перспективными для изучения древесных лекарственных растений.

Исследование выполнено в рамках выполнения НИР госзадания ФГБНУ ВИЛАР (№ 0576-2019-0007).

### Библиографический список

1. Архипов, В.И. Новая технология стереоскопической таксации лесов «От съемки - к проекту» / В.И. Архипов, В.И. Березин, Д.М. Черниковский // Геопрофи. – №4. - 2014. - С. 17-22.
2. Мурзакматов, Р.Т. Ординация типов леса Улугхемского лесорастительного округа Тувы по показателям климата и рельефа / Р.Т. Мурзакматов, В.Л. Кошкарова, С.К. Фарбер // Сибирский лесной журнал. - № 3. - 2014. - С. 107–116.

3. Фадеев, Н.Б. Современные геоинформационные технологии в ресурсоведении лекарственных растений / Н.Б. Фадеев, Т.Н. Скрыпицына, В.М. Курков // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. - № 6. - 2016. - С. 68–73.

4. Fadeev, N.B. Use of Remote Sensing Data and GIS Technologies for Monitoring Stocks of Medicinal Plants: Problems and Prospects. In: Bychkov I., Voronin V. (eds) Information Technologies in the Research of Biodiversity. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences / N.B. Fadeev, T.N. Skrypitsyna, V.M. Kurkov, N.I. Sidelnikov - Springer, Cham. - 2019. - pp. 14-21. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-11720-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-11720-7_3).

УДК 58.087; 528.8; 581.9

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ  
ДЕШИФРИРОВАНИЯ ПЛОЩАДЕЙ, ЗАНЯТЫХ ОПАСНЫМ  
ИНВАЗИВНЫМ ВИДОМ – БОРЩЕВИК СОСНОВСКОГО  
(*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN., АРАСЕАЕ)**

*Фадеев Николай Борисович, с.н.с. отдела растительных ресурсов, ФГБНУ ВИЛАР*

*Симонов Дмитрий Андреевич, с.н.с. кафедры динамической геологии географического факультета, к. геол-мин. наук, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»*

**Аннотация:** На космическом снимке в видимом диапазоне (*QuickBird*) выполнено автоматическое дешифрирование методом интерактивной классификации сообществ инвазивного вида - *Heracleum sosnowskyi* в Солнечногорском районе на площади 240 га. Показана значимость и возможность мониторинга распространения ценозов *H. sosnowskyi*.

**Ключевые слова:** *Heracleum sosnowskyi*, борщевик Сосновского, инвазивные виды, дешифрирование, космические снимки.

В связи с глобальными изменениями климата, увеличением грузопотока, усилением миграционных процессов, во всем мире возрастает количество инвазивных (чужеродных) видов растений и насекомых, часто представляющих опасность для местной флоры, фауны, здоровья людей и их относят к актуальным экологическим и социально-экономическим проблемам современности. В начале XXI века потенциальный годовой ущерб от биологических инвазий в мировом масштабе оценивался в 1,4 трлн. долларов США [1].

В настоящее время во многих регионах РФ увеличилось количество полей (агроэкосистем), выведенных из сельскохозяйственного использования. Они подвергаются вторичным сукцессионным процессам, причем как скорость смены растительных сообществ, так и состав заполняющих их видов, зависит от комплекса экологических факторов [2] (климатическая зона, тип почвы и

др.). В Нечерноземной зоне России одним из наиболее массовых и опасных для человека и с/х животных видов инвазионных растений является борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden., *Apiaceae*) (рис. 1).



Рисунок 1- Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.)

Некоторые инвазивные виды растений, например - *Solidago canadensis* L., *Galega orientalis* Lam., *Lupinus polyphyllus* Lindl., *Robinia pseudoacacia* L. и *Caragana arborescens* Lam. используются как лекарственные растения в научной и народной медицине, поэтому, изучение их ареалов и запасов имеет значение для медицины и фармацевтической промышленности.

Наиболее значимые виды инвазивных растений занимают на территории РФ площади в сотни тысяч гектаров, что наносит значительный урон сельскому хозяйству страны. Также они вытесняют из природных фитоценозов многие виды ценных лекарственных растений, сокращая их ресурсный потенциал.

Основными физиолого-экологическими механизмами внедрения *H. sosnowskyi* в «дичающие» агроэкосистемы являются развитие мощной массы надземных органов (генеративные побеги до 3 м высотой), высокая нектаропродуктивность и семенная продуктивность, растянутость во времени всхожести семян, способность к перезимовке осенних всходов, слабая повреждаемость патогенными организмами, высокое содержание широкого спектра вторичных соединений (фурокумарины), обладающих аллелопатическим действием [2]. В 1990-2000-е гг. массовое расселение *H. sosnowskyi* в Нечерноземье приобрело характер экологического бедствия. Так, площадь сельскохозяйственных угодий, занятых растением в 2009 г., по предварительным оценкам, составила в Вологодской обл. 2186.1 га, в Новгородской – 2000 га [1]. В 2011 г. в Ленинградской обл. растение занимало более 50 тыс. га земель, а в Тверской – более 45 тыс. га [3]. В Псковской обл. в 2014 г. борщевик Сосновского занимал более 7500 га. Один из эффективных способов расселения *H. sosnowskyi* – распространение

его семян с помощью водных потоков [3]. Общая площадь картографированных зарослей составила в России 169 тыс. га.

Проблема определения площадей, занятых *H. sosnowskyi*, профилактика распространения и поиск методов борьбы с ним остро стоит в России и в ряде стран Центральной Европы. Для целей мониторинга распространения ценозов *H. sosnowskyi* важно иметь возможность проводить изучение динамики площади его сообществ дистанционными методами, адекватными масштабу решаемой проблемы. Ранее, в наших работах [4, 5] была показана возможность применения космических снимков и материалов аэрофотосъемки для дешифрирования запасов лекарственных растений. Поэтому, для наших исследований по дешифрированию и определению площадей занятых *H. sosnowskyi* мы выбрали космические снимки видимого диапазона.

В силу своих биологических особенностей, в условиях Нечерноземья *H. sosnowskyi* формирует сплошные заросли площадью от нескольких квадратных метров до десятков гектаров и является удобным тестовым объектом для отработки методики дешифрирования и мониторинга инвазивных видов.

Исследования проводились в Нечерноземной зоне РФ - Московской области, Солнечногорском р-не, окрестностях д. Чашниково. На основании 3-х выделенных классов, в автоматическом режиме провели дешифрирование площадей занятых *H. sosnowskyi* в Солнечногорском районе Подмосковья. Общая обследованная площадь составила 306 км<sup>2</sup>.

Поиск, дешифрирование и анализ ценозов *H. sosnowskyi* проводились по космическим снимкам от июня 2009 г., полученным со спутника QuickBird (владелец - компания DigitalGlobe, США), имеющим пространственное разрешение 1 метр в видимом диапазоне. В программе ArcGis (демонстр. версия) с помощью модуля классификации изображений были выделены ценозы с компактным произрастанием *H. sosnowskyi*. Затем космоснимок с дешифрировали методом интерактивной классификация в ArcGis (обучающих выборок) по модельным ценозам *H. sosnowskyi*.

Общая площадь обнаруженных в автоматическом режиме ценозов *H. sosnowskyi* в пределах проанализированной нами области составила 236 га. Часто крупные заросли (10-20 га) обнаруживаются рядом с хозяйственными постройками, с/х предприятиями, что говорит о значительном вкладе человеческой деятельности в распространение семян *H. sosnowskyi* (см. рис. 2 - пример антропохории).

Визуальное дешифрирование в сезон 2019 года по 10 контрольным точкам с ценозами *H. sosnowskyi* в Солнечногорском районе показало точность классификации 85-90 %.

Предложенный метод позволяет обнаруживать по космическим снимкам в видимом диапазоне (QuickBird) методом интерактивной классификации и обучающих выборок ценозы *H. sosnowskyi* с точностью 85-90 %. Площадь, занятая ценозами *H. sosnowskyi* в Солнечногорском районе свидетельствует о значительном влиянии этого вида на площадь используемых с/х земель и аборигенную флору Подмосковья.



Рисунок 2 - Крупные сообщества *H. sosnowskyi* (показаны штриховкой) вблизи построек (фрагмент космоснимка) - пример антропохории

Исследование выполнено в рамках выполнения НИР госзадания ФГБНУ ВИЛАР (№ 0576-2019-0007).

### Библиографический список

1. Богданов, В.Л. Инвазия экологически опасного растения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на территории Европейской части России / В.Л. Богданов, Р.В. Николаев, И.В. Шмелёва // Региональная экология. - № 1–2 (31). - 2011. - С. 43–52.
2. Кондратьев, М.Н. Физиолого-экологические механизмы инвазионного проникновения борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden) в неиспользуемые агроэкосистемы / М.Н. Кондратьев, С.Н. Бударин, Ю.С. Ларинова // Известия ТСХА. - Вып. 2. - 2015. - С. 36–49.
3. Озерова, Н.А. Пространственное распределение борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) в долинах больших и средних рек Восточно-Европейской равнины (по материалам экспедиционных исследований 2008-

2016 гг.) / Н.А. Озерова, В.А. Широкова, М.Г. Кривошеина, В.Г. Петросян // Российский журнал биологических инвазий. - № 3- 2017.- С. 38-63.

4. Фадеев, Н.Б. Современные геоинформационные технологии в ресурсоведении лекарственных растений / Н.Б. Фадеев, Т.Н. Скрыпицына, В.М. Курков // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. - № 6. - 2016. - С. 68–73.

5. Fadeev, N.B. Use of Remote Sensing Data and GIS Technologies for Monitoring Stocks of Medicinal Plants: Problems and Prospects. In: Bychkov I., Voronin V. (eds) Information Technologies in the Research of Biodiversity. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. / N.B. Fadeev, T.N. Skrypitsyna, V.M. Kurkov, N.I. Sidelnikov - Springer, Cham. - 2019. - pp. 14-21. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11720-7-3>.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ИНСТИТУТ МЕЛИОРАЦИИ, ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА И СТРОИТЕЛЬСТВА ИМЕНИ А.Н. КОСТЯКОВА

<i>Дубенок Н.Н.</i> ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА 2021-2030 ГОД.....	3
<i>Карпенко Н.П.</i> МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ СЦЕНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗЕМЛЕ- И ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ.....	8
<i>Раткович Л.Д.</i> ОСОБЕННОСТИ ТРАНСГРАНИЧНОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ОГРАНИЧЕННОМ КОНТРОЛЕ ВНЕШНЕГО ПРИТОКА.....	13
<i>Балабанов В.И.</i> ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	19
<i>Балабанов В.И., Ищенко С.А.</i> РЕМОНТНО ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРЕПАРАТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ.....	22
<i>Ли Афанасий.</i> РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО ОРГАНА КУЛЬТИВАТОРА.....	25
<i>Шавазов К. А.</i> СОЛОМО ПРЕССУЮЩИЙ АППАРАТ НА ЗЕРНОУБОРОЧНЫЙ КОМБАЙН.....	29
<i>Алижанов Д., Шавазов К. А., Жуматов Я.К.</i> К ОЦЕНКЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ СТЕБЕЛЬНЫХ КОРМОВ.....	32
<i>Лилкова-Маркова С., Лолов Д. С.</i> МЕТОД СТОДОЛА-ВИАНЕЛЛО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ СТЕРЖНЕЙ ЭЙЛЕРА.....	37
<i>Орловский С.Н.</i> ТЕОРИЯ РАСЧЁТА ДИСКОФРЕЗЕРНЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕЛЕВОГО ДРЕНАЖА ПРИ ОСУШЕНИИ ТОРФЯНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ.....	42
<i>Орловский С.Н.</i> ОПЫТ ОСВОЕНИЯ БАРАБИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ (1895-1995 гг.).....	47
<i>Палкин Н.А.</i> ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССА И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ НАИЛКА В ДРЕНАЖНОМ ТРУБОПРОВОДЕ ...	52
<i>Абдулмажидов Х.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ.....	58
<i>Мартынова Н.Б.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ОСУШИТЕЛЬНО-ОБВОДНИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ.....	63
<i>Теловов Н.К., Маховский А.В.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОГРЕЙДЕРА ДЛЯ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ АЭРОДРОМОВ.....	66
<i>Ципотан М.В., Теловов Н.К.</i> ПОЛИВО МОЕЧНЫЕ МАШИНЫ В ГОРОДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	72
<i>Леонтьев Ю.П.</i> АНАЛИЗ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАЗВЕТВЛЁННЫХ ТРАНСМИССИЙ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОКОПАТЕЛЕЙ.....	76

<b>Насонов С.Ю.</b> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИНТЕЗИРОВАННОГО ВЫРАВНИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ РИСОВОГО ЧЕКА НА ОСНОВЕ РАЗДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПЛАНИРУЮЩИХ МАШИН.....	80
<b>Макаров А.А., Леонтьев Ю.П., Кононов П.В.</b> ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ МЕЛИОРАТИВНЫХ РЫХЛИТЕЛЕЙ.....	83
<b>Венкова Н.В.</b> МЕТОДЫ НАНЕСЕНИЯ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ ПОКРЫТИЙ ТРЕНИЕМ.....	88
<b>Коноплин Н.А., Прищеп В.Л., Лазаренко Л.М.</b> РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ГАЗОВЫХ ЗАКОНОВ.....	93
<b>Прищеп В.Л., Ковалев В.П., Морозов А.В.</b> ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВОЗДУХА.....	97
<b>Морозов А.В., Коноплин Н.А.</b> ФОРМИРОВАНИЕ КОНТИНГЕНТА УЧАЩИХСЯ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ ВУЗА.....	100
<b>Попов А.И., Храмушина Э.В., Пронин Б.В.</b> ФИЗИКА ПРОЦЕССА ВОЛНОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ТРЕЩИН НА ПОВЕРХНОСТИ РЕЖУЩИХ КРОМОК ЛЕМЕХОВ ПЛУГОВ.....	103
<b>Храмушина Э.В., Попов А.И.</b> ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ НАНОТРУБОК И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРОПРОКОМПЛЕКСЕ.....	106
<b>Пронин Б.В., Рассказов А.В., Пронин Ц.Б.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ РАСЧЕТОВ МОДЕЛИ РОСТА ПОПУЛЯЦИЙ П.Ф. ФЕРХЮЛЬСТА.....	110
<b>Левкин И.В., Туркина Е.А., Хусаинов Ш.Г.</b> НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ РАСЧЕТОВ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ТОНКИХ СТЕРЖНЯХ.....	113
<b>Ковалев В.П., Туркина Е.А.</b> МЕТОДЫ ПРЕПОДАВАНИЯ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.....	116
<b>Лазаренко Л.М., Лазаренко М.Л., Левкин И.В.</b> ЯВЛЕНИЯ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В СИСТЕМАХ С ЗАКРЫТЫМ ГРУНТОМ.....	118
<b>Хусаинов Ш.Г., Боднарь О.Б.</b> ДИЭЛЬКОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	121
<b>Рассказов А.В.</b> РАЗНОУРОВНЕВЫЙ ПОДХОД В СОЧЕТАНИИ НАДПРЕДМЕТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ ТРАЕКТОРИЯМИ И КОНВЕРГЕНТНОСТЬЮ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОЧНОМ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ В СЕЛЬХОЗВУЗАХ.....	123
<b>Широков Ю.А.</b> КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ КАК ФАКТОР ИЗМЕНЕНИЯ РИСКОВ В РАБОТЕ МЕХАНИЗАТОРОВ.....	125
<b>Рыжкова Н.С.</b> ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ СОРТИРОВОЧНОГО УЧАСТКА МУСОРОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	128
<b>Рыжкова Н.С.</b> ВРЕДНЫЕ И ОПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ В	

РАБОТЕ СВАРЩИКА.....	132
<i>Широков Ю.А., Смирнов Г.Н.</i> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КАДРОВОГО И ФИНАНСОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОХРАНЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В АПК НА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА.....	136
<i>Квачантирадзе Э.П.</i> АЭРОГИДРОПОНИКА – НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ И НОВЫЕ ВОПРОСЫ В ОХРАНЕ ТРУДА.....	141
<i>Ковриго О.В.</i> МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА, ПО ПРИЧИНЕ ВДЫХАНИЯ ПАРОВ ВРЕДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ, ГАЗОВ, ПЫЛИ, ТУМАНА, ДЫМА.....	146
<i>Лагутина Н.В., Неупокоев Л.П., Новиков А.В., Сумарукова О.В.</i> МОНИТОРИНГ ВОДОСБОРОВ Р. ЯУЗА И Р. ЛИХОБОРКА В СВЯЗИ С НАЧАЛОМ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПО СВХ НА УЧАСТКЕ ОТ М. БОТАНИЧЕСКИЙ САД ДО М. ВЛАДЬКИНО...	149
<i>Король Т.С., Мартынов Д.Ю., Лагутина Н.В.</i> МЕТОДЫ УПРАВЛЯЕМОЙ АЛЬГОЛИЗАЦИИ ВОДОЕМОВ, ОСНОВАННЫЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЖИВЫХ ПЛАНКТОННЫХ ШТАММОВ МИКРОВОДОРОСЛИ ХЛОРЕЛЛЫ.....	154
<i>Мартынов Д.Ю., Барсукова М.В., Новиченко А.И.</i> ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ ИЗ СУСПЕНЗИЙ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН КОРМОВЫХ КУЛЬТУР.....	159
<i>Фёдоров С.А.Иштубаева В.Г.</i> ЗАДАЧИ ПО РЕСТАВРАЦИИ КАПУСТИНСКОГО ПРУДА В РАЙОНЕ СВИБЛОВО Г. МОСКВЫ.....	163
<i>Науменко Н.О.</i> НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ТОЧНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗАТОПЛЕНИЯ НА МАЛЫХ ВОДОТОКАХ В ПЕРИОД ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ.....	167
<i>Евграфов А.В., Пуховский А.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АББЕ ДЛЯ ПОИСКА СКРЫТОЙ ЗАКОНОМЕРНОСТИ.....	170
<i>Шабанов В.В., Маркин В.Н., Солошенко А.Д.</i> ОЦЕНКА ТРЕБОВАНИЙ ПОЧВЕННОЙ БИОТЫ К ГИДРОТЕРМИЧЕСКИМ УСЛОВИЯМ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ.....	173
<i>Сметанин В.И., Магомедов М.С.</i> СИСТЕМА КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ.....	179
<i>Лапушкин М.Ю.</i> МЕХАНИЗМ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ.....	182
<i>Титаева А.Ю., Бегляров Д.С.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОТАРАНА В ГИДРОСИЛОВЫХ УСТАНОВКАХ.....	185
<i>Костина Е.С., Бегляров Д.С.</i> РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЫБОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ В СОСТАВЕ ВОДОЗАБОРОВ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ.....	188
<i>Гафурова Д.А., Али М.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЕ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ.....	192
<i>Хоанг Т. Т., Али М.С.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ НАСОСОВ.....	196
<i>Артамонова А.Н., Назаркин Э.Е.</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН.....	199

<i>Муалла Манхаль, Квитка Л.А.</i> КОНСТРУКЦИЯ МЕМБРАННОГО БИОРЕАКТОРА ДЛЯ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ.....	202
<i>Дорофеев И.В., Ильин Ю.М.</i> О ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ПЛАСТИКА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ.....	206
<i>Исмайылов Г.Х., Перминов А.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ВЕРХНЕВОЛЖСКОЙ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	210
<i>Исмайылов Г.Х., Мурашеникова Н.В.</i> РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГОДОВОГО И СЕЗОННОГО СТОКА РЕКИ ОКИ.....	215
<i>Бакштанин А.М., Крылов А.П., Беглярова Э.С.</i> ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МИНИ-ГЭС С СИФОННЫМ ВОДОПРИЕМНИКОМ.....	219
<i>Шабанов В.В., Маркин В.Н.</i> СИСТЕМА ТОЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ.....	223
<i>Буркова Ю. Г., Клепов В.И., Уманский П.М.</i> ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ РАСХОДОВ РЕКИ ПАХРА.....	229
<i>Стрельцов К.С.</i> КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ, АНАЛОГ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ СТЕРЖНЯМ.....	234
<i>Верхоглядова А.С., Верликов В.В.</i> ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО СО СВОДОМ ПРАВИЛ СП 64.13330.2017.....	239
<i>Верхогладов А.А., Верхоглядова А.С.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ КРИТИЧЕСКИ ПЛОТНЫХ ЛЮДСКИХ ПОТОКОВ.....	241
<i>Мареева О.В., Кловский А.В.</i> ВОПРОСЫ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ОТДЕЛЬНЫХ СЕРИЙ ЖИЛОГО ФОНДА Г. МОСКВЫ.....	244
<i>Кловский А.В., Мареева О.В.</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ОБСЛЕДУЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	249
<i>Баутдинов Д.Т., Марина Н.Н.</i> НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АНИЗОТРОПНОГО ГРУНТА ПОД ПЛОСКИМ ШТАМПОМ.....	253
<i>Марина Н.Н.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫСОТЫ СЖАТОЙ ЗОНЫ ПРИ РАСЧЁТЕ ПРОЧНОСТИ СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ СЛУЧАЕВ МАЛЫХ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОВ.....	257
<i>Мамаев П.В.</i> О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ. (НОВОЕ В МЕТОДАХ ИСПЫТАНИЙ ШЕБНЯ).....	261
<i>Чумичева М.М.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ СНЕГОВОЙ НАГРУЗКИ С ПОМОЩЬЮ СП 20.13330.2016 «НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ» И ЕВРОКОДА ТКП EN 1991.....	266
<i>Ксенофонтова Т.К.</i> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОТПОРА ГРУНТА НА РАБОТУ ПОДЗЕМНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ.....	270
<i>Клюев А.Н., Атабиев И.Ж.</i> СИЛИКАТНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ РОССИИ ВЧЕРА И СЕГОДНЯ.....	273
<i>Ханчич О.А., Забродин В.Г.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛОУГЛОВОГО РАССЕЯНИЯ ПОЛЯРИЗОВАННОГО СВЕТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАДМОЛЕКУЛЯРНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛИМЕРОВ.....	278

<i>Ханчич О.А., Бирюков А.Л., Забродин В.Г.</i> ОБРАЗОВАНИЕ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЫ В ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ СИСТЕМАХ.....	281
<i>Крашенинников С.В.</i> К ВОПРОСУ О ПРАВОВОЙ РЕГЛАМЕНТАЦИИ ДЕЙСТВИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА.....	283
<i>Евграфов А.В., Харитонов С.И.</i> ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО ВОДОРЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ, ВКЛЮЧАЮЩИХ ВЫБЫВШИЕ ИЗ ОБОРОТА МЕЛИОРИРОВАННЫЕ ЗЕМЛИ.....	286
<i>Рачкаускас А.В.</i> ТЕХНОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ОПАСНОСТИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ.....	289
<i>Бирюков А.Л., Савостова Т.Л.</i> ЭКОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ РЕГИОНАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ.....	293
<i>Пряхин В.Н. Мочунова Н.А.</i> СОВРЕМЕННАЯ ПРОБЛЕМА ПОЖАРОТУШЕНИЯ В РФ.....	297
<i>Шибалова Г.В.</i> ЗНАЧЕНИЕ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	302
<i>Соломин И.А.</i> МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ С ПОЛУЧЕНИЕМ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ.....	307
<i>Филиппов С.А.</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ЧИСТОЙ ВОДОЙ.....	310
<i>Зимнюков В.А., Зборовская М.И.</i> САПР В СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАК ВАЖНЫЙ ИНСТРУМЕНТ БУДУЩЕГО СПЕЦИАЛИСТА СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ....	315
<i>Зимнюков В.А., Зборовская М.И.</i> ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО РОССИИ. ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ.....	319
<i>Черных О.Н.</i> НЕКОТОРЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СОВРЕМЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ АПК.....	324
<i>Черных О.Н., Бураченко А.В.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОДОПРОПУСКНЫХ ПЕРЕХОДОВ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГОФРИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА НЕРЕСТОВЫХ ВОДОТОКАХ.....	329
<i>Еремеев А.В., Гурьев А.П., Ханов Н.В., Фартуков В.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ ПОТОКА НА ПРОТИВОЭРОЗИОННОЕ ПОКРЫТИЕ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО ГЕОМАТА.....	334
<i>Фартуков В.А., Земляникова М.В.</i> ПРОГРАММНЫЙ ИНТЕРФЕЙС ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГТС.....	337
<i>Шарков В.П., Бахтин Б.М.</i> ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ДАВЛЕНИЕ ГРУНТА НА ВЫСТУПЫ В ЯЧЕЙСТЫХ ГИДРОСООРУЖЕНИЯХ.....	341
<i>Шарков В.П., Бахтин Б.М.</i> КОЭФФИЦИЕНТ КОНТАКТНОГО ТРЕНИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЯ В СООРУЖЕНИЯХ ЯЧЕЙСТОЙ КОНСТРУКЦИИ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....	345

<i>Снежко В.Л., Паливец М.С.</i> СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ В ПАКЕТЕ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ .....	349
<i>Иваинова О.Н., Яшкова Е.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КАРТОВЕЛЕВОДСТВЕ.....	354
<i>Симонович О.С., Снежко В.Л.</i> ТИПИЗАЦИЯ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН IV КЛАССА ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ К РЕЗУЛЬТАТАМ ИХ ЭКСПЕРТНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	357

## ФАКУЛЬТЕТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ

<i>Борисов Б.А., Рогожин Д.О.</i> СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ОТ ТРАДИЦИОННОЙ К НУЛЕВОЙ ОБРАБОТКЕ.....	362
<i>Гармаи Н.Ю., Политыко П.М., Гармаи Г.А., Морозова Г.Б., Смолина Т.В.</i> , ПОЛИМЕРНЫЙ ФОСФОР В ИНТЕНСИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ. ....	367
<i>Жаркова Е.К., Железова А.Д., Ванькова Анна Андреевна</i> ВЛИЯНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА ЯСНОТКОВЫЕ ( <i>LAMIACEAE</i> ) НА МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ПОЧВЫ.....	370
<i>Кобрин Н.А.</i> , ПРАВОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ПОЧВЫ.....	373
<i>Лапушкина А.А. Верниченко И.В.</i> ПРОТЕКТОРНАЯ РОЛЬ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ГОРОХА СЕЛЕНОМ И КРЕМНИЕМ В УСЛОВИЯХ ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХИ.....	377
<i>Лукин С.В., Жуйков Д.В.</i> , СОДЕРЖАНИЕ КОБАЛЬТА В АГРОЦЕНОЗАХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	378
<i>Лукин С.В., Костин И.Г.</i> , АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОСТРОЕНИЕ КАРТОГРАММ ТИПИЗАЦИИ ЗЕМЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ... ..	383
<i>Хлюстов В.К., Наумов В.Д., Каменных Н.Л., Ганихин А.М.</i> , ВЗАИМОСВЯЗЬ РОСТА И ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСНЫХ ДЕНДРОЦЕНОЗОВ С МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ ПОЧВ.....	387
<i>Белопухов С.Л., Старых С.Э.</i> 90 ЛЕТ ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ НА ФАКУЛЬТЕТЕ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ ТИМИРЯЗЕВКИ. ....	392
<i>Григорьева М.В., Белопухов С.Л.</i> ХИМИЧЕСКИЕ ДИСЦИПЛИНЫ В РАЗВИТИИ НАУК ОБ АГРОСФЕРЕ.....	396
<i>Дмитревская И.И., Воршьева А.В.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОНОПЛЯНОЙ И ПШЕНИЧНОЙ МУКИ.....	399
<i>Дмитриев Л.Б., Дмитриева В.Л.</i> ГЖХ-МС АНАЛИЗ ЭФИРНОГО МАСЛА <i>THUJA OCCIDENTALIS</i> С РАЗЛИЧНОЙ ФОРМОЙ КРОНЫ.....	402
<i>Дмитриева В.Л., Суикова Л.О., Дмитриев Л.Б.</i> РЕГУЛЯЦИЯ СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЭФИРНОГО МАСЛА <i>ELSHOLTZIA CILIATA (THUNB.) HYL</i> .....	405
<i>Елисеева О.В., Елисеев А.Ф.</i> ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ <i>BRASSICA RAPA</i> .....	409
<i>Жарких О.А., Дмитревская И.И.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПРОДУКЦИИ КОНОПЛЕВОД-	

СТВА.....	412
<i>Зуева Елена Викторовна</i> ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ РАСТЕНИЙ УКРОПА ПРЕПАРАТОМ ДЕСИКАНТНОГО ДЕЙСТВИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ.....	416
<i>Ивлев Александр Андреевич</i> ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ УРАВНЕНИЯ ФОТОСИНТЕЗА К АНАЛИЗУ УГЛЕРОДНОГО ЦИКЛА.....	418
<i>Кауфман А.Л., Багнавец Н.Л., Воршова А.В.</i> ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ГРИБАХ КАК ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТАХ.....	421
<i>Кнышова К.А., Белопухов С.Л., Толмачева Т.А.</i> ПРОЦЕСС ОБОГАЩЕНИЯ ЩЕРБЕТА КОНОЛЯНЫМ БЕЛКОМ.....	425
<i>Коноплев В.Е.</i> ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 6-ФЕНИЛ-НИЛО-6-КАРБАДЕКА-БОРАТА И АРАХНО-6-КАРБАДЕКАБОРАТА ТЕТРАЭТИЛАММОНИЯ С $RuCl_2(PPh_3)_3$ .....	428
<i>Лукина Ирина Васильевна</i> , БАРОМЕМБРАННОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ГЛИКОЗАМИНОГЛИКАНОВ НА ПОЛУПРОНИЦАЕМЫХ МЕМБРАНАХ.....	432
<i>Белопухов С.Л., Старых С.Э.</i> 90 ЛЕТ ФИЗИЧЕСКАЯ И КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ НА ФАКУЛЬТЕТЕ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ ТИМИРЯЗЕВКИ.....	435
<i>Пржевальский Н.М., Смартыгин С.Н.</i> XXI МЕНДЕЛЕЕВСКИЙ СЪЕЗД ПО ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ. ОТЧЕТ ПРОФЕССОРОВ КАФЕДРЫ ХИМИИ.....	440
<i>Старых С.Э., Миколюк И.В.</i> ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ГУМУСОВЫХ ВЕЩЕСТВ КОСТРЫ КОНОПЛИ И ЛЬНА РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ГУМИФИКАЦИИ.....	444
<i>Смартыгин С.Н.</i> НЕОРГАНИЧЕСКАЯ И АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ НА ФАКУЛЬТЕТЕ ПОЧВОВЕДЕНИЯ, АГРОХИМИИ И ЭКОЛОГИИ. НАЧАЛО ПУТИ.....	448
<i>Токмаков Г.П.</i> РЕЦИКЛИЗАЦИЯ АРИЛАМИДОВ 3-ИНДОЛИЛКАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ.....	452
<i>Ульдина С.В., Калабашикина Е.В., Гафуров Р.М., Цымбалова В.А., Абрамкина Л.П., Каранетян Э.П.</i> ВЛИЯНИЕ АГРОСТИМУЛИНА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ СОРТА МОСКОВСКАЯ 40.....	454
<i>Ульдина С.В., Калабашикина Е.В., Гафуров Р.М., Цымбалова В.А., Абрамкина Л.П., Меднов А.В., Мавлютова Л.И.</i> ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА ВЭРВА-ЕЛЬ, ВЭ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ НЕМЧИНОВСКАЯ 17.....	457
<i>Аскарлова Данара Аскарровна Глебов Виктор Васильевич</i> БИОИНДИКАЦИЯ ТЕСТ РАСТЕНИЯМИ ПЫЛЕВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ ВЫБРОСОВ В УСЛОВИЯ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА.....	459
<i>Громакова Н.В., Рудой Д.В., Кравченко Л.В.</i> СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ЭКСТРАГЕНТОВ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ СВИНЦА В ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЕ.....	463
<i>Мазиров И.М., Визирская М.М., Александров Н.А.</i> АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ И СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОННЫХ ТРАВСТОЕВ.....	467
<i>Мосина Л.В., Жандарова Ю.А.</i> ПОЧВОГРУНТЫ ПОЛИГОНА ТБО «САЛАРЬЕВО» КАК ВОЗМОЖНЫЕ ИСТОЧНИКИ ОБРАЗОВАНИЯ МИКОТОКСИНОВ.....	477

<i>Тихонова М.В., Ермаков С.Ю.</i> ВРЕМЕННОЕ ВАРЬИРОВАНИЕ ПОТОКОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ НА АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННОЙ ПОЧВЕ С ПОСАДКАМИ ИВЫ ПУРПУРНОЙ <i>SALIX PURPUREA</i> .....	474
<i>Хлюстов В.К., Васенёв И.И., Ганихин А.М.</i> , МОДЕЛИ МНОГОМЕРНОЙ РЕСУРСНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕСНЫХ ТАКСОНОВ ДЛЯ РАЙОНИРОВАНИЯ СУБЪЕКТОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА.....	479
<i>Андреева И.В., Абсалямов Р.А.</i> ОЦЕНКА ДЫХАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ЦИНКОМ И НИКЕЛЕМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАСТЕНИЙ ЯРОВОГО РАПСА.....	484
<i>Анисимова Т.Ю.</i> ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОСТОВ НА ОСНОВЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА.....	489
<i>Бузылёв А.В., Слюсарев В.И.</i> РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМ МИКРОРЕЛЬЕФА НА ПРИМЕРЕ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ ЧЕРНОЗЁМОВ СРЕДНЕРУССКОЙ ПРОВИНЦИИ.....	493
<i>Джанчаров Т.М., Александров Н.А.</i> АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПОЛЕВЫХ ОПЫТНЫХ УЧАСТКОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА.....	497
<i>Касатиков В.А., Раскатов В.А.</i> ВЛИЯНИЕ ГУМУСОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ.....	502
<i>Морев Дмитрий Владимирович Джанчаров Турмушибек Мурзабекович</i> АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВНУТРИПОЛЬНОЙ ПЕСТРОТЫ ПОЧВ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ В УСЛОВИЯХ ПОЛЕВОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СТАЦИОНАРА РГАУ-МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА.....	505
<i>Сластя И.В., Худякова Е.В.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ФИТОСАНИТАРНОМ МОНИТОРИНГЕ ПОСЕВОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....	510
<i>Яшин И.М., Атенбеков Р.А.</i> ИЗУЧЕНИЕ ВОДНОЙ МИГРАЦИИ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВАХ ОАО «ДРУЖБА» ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	514
<i>Безбородов Ю.Г., Хожанов Н.Н., Масатбаев М.К.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ БИОСТИМУЛЯТОРОВ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ.....	519
<i>Дубенок Н.Н., Гемонов А.В.</i> ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОЧВЫ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ САЖЕНЦЕВ СЛИВЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ В УСЛОВИЯХ НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РФ.....	523
<i>Дудаков Н.К.</i> РЕЖИМ ПОДДЕРЖАНИЯ СЛОЯ ВОДЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ЧЕКОВ В УСЛОВИЯХ САРПИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ.....	526
<i>Климахина М.В., Мацыганова Е.В.</i> АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	529
<i>Волков С.Н.</i> РЕКРЕАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КРАСНОГОРСКОГО ЛЕСОПАРКА.....	533
<i>Заварзин В.В.</i> ОСОБЕННОСТИ ЛЕСНОГО КАДАСТРА.....	537

<b>Коротков С.А., Захаров В.П.</b> ВОЗОБНОВЛЕНИЕ ЛЕСА В ЗАЩИТНЫХ ЛЕСАХ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	541
<b>Мальшева Н. В.</b> ОЦЕНКА ЗАПАСОВ СУХОСТОЙНОЙ И ВАЛЕЖНОЙ ДРЕВЕСИНЫ В ЛЕСАХ РОССИИ ПО ДАННЫМ ПОСТОЯННЫХ ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ.....	545
<b>Лебедев А.В.</b> ВЕРИФИКАЦИЯ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЗАВИСИМОСТИ ВЫСОТ ОТ ДИАМЕТРОВ СТВОЛОВ ПО МАТЕРИАЛАМ СПЛОШНЫХ РУБОК В БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ.....	549
<b>Чистяков С.А., Лебедев А.В., Гемонов А.В., Кришцын И.Г.</b> ИТОГИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ НАРУШЕННЫХ ЛЕСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЗАПОВЕДНИКА "КОЛОГРИВСКИЙ ЛЕС" ЗА 5 ЛЕТ.....	552
<b>Фадеев Н.Б., Скрытцына Т.Н.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ МОНИТОРИНГА ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ ЛЕСОВ МЕТОДАМИ АЭРОФОТОСЪЕМКИ И КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ.....	555
<b>Фадеев Н.Б., Симонов Д.А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ПЛОЩАДЕЙ, ЗАНЯТЫХ ОПАСНЫМ ИНВАЗИВНЫМ ВИДОМ – БОРЩЕВИК СОСНОВСКОГО ( <i>HERACLEUM SOSNOWSKYI</i> MANDEN., АРАСЕАЕ.....	559

Научное издание

# ДОКЛАДЫ ТСХА

Выпуск 292

(Часть II)

Ответственный за выпуск З.Ф. Садыкова

Подписано в печать 29.06.2020 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Усл. печ. л. 35,80 Тираж 100 экз. Заказ 75.

Издательство РГАУ-МСХА  
127550. Москва, Тимирязевская ул.,  
44 Тел. 8(499) 977-40-64