Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Департамент координации деятельности организаций
в сфере сельскохозяйственных наук
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Волгоградский государственный аграрный университет»

ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

2022 31 десятилетие науки и технологий

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АГРОМИР БУДУЩЕГО:
ЖИТЬ И РАБОТАТЬ В АПК

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРАТЕГИИ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ АПК И СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Материалы
Национальной научно-практической конференции

г. Волгоград, 28 ноября 2025 г.

ТОМ III

- *Актуальные проблемы пожарной и техносферной безопасности*
- *Применение математического моделирования и искусственного интеллекта в АПК*
- *Научно-технические решения в мелиорации и сельскохозяйственном водоснабжении в современных условиях*
- *Научные исследования и инновационные технологии в ветеринарии*

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2026

УДК 001(066)
ББК 72
Н-34

Н-34 Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции, г. Волгоград, 28 ноября 2025 г. – Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2026. – Том III. – 492 с.

В данном научном издании рассмотрены актуальные проблемы пожарной и техносферной безопасности; применение математического моделирования и искусственного интеллекта в АПК; научно-технические решения в мелиорации и сельскохозяйственном водоснабжении в современных условиях, а также научные исследования и инновационные технологии в ветеринарии.

Издание предназначено аспирантам, магистрантам, научным сотрудникам, специалистам сельского хозяйства.

Мероприятие было реализовано при поддержке Минобрнауки России в рамках заключенного соглашения № 075-15-2025-413 от 20 мая 2025 г. о предоставлении из федерального бюджета гранта в форме субсидии в соответствии с пунктом 4 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации для достижения результата федерального проекта «Популяризация науки и технологий» государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» связанных с выполнением работ по проекту «Агромир будущего: жить и работать в АПК». Проект выполняется в рамках Десятилетия науки и технологий, объявленного Указом Президента Российской Федерации от 25 апреля 2022 г. № 231.

ISBN 978-5-4479-0554-5 (т. III)
ISBN 978-5-4479-0557-6

УДК 001(066)
ББК 72

Редакционная коллегия
доцент Цепляев В. А. (главный редактор),
профессор Ряднов А. А. (ответственный за выпуск), академик Овчинников А. С.,
профессор Николаев А. П., профессор Злепкин Д. А., доцент Злепкин В. А.,
профессор Кочеткова О. В., профессор Ряднов А. И., профессор Рогачев А. Ф.,
профессор Ахмедов А. Д., профессор Балашова Н. Н., доцент Гиченкова О. Г.,
профессор Лебедь Н. И., профессор Кузнецов Ю. В., доцент Черняева А. В.,
доцент Беломутенко Д. В., профессор Чехранова С. В.

ISBN 978-5-4479-0554-5 (т. II)
ISBN 978-5-4479-0557-6

© ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2026
© Авторы статей, 2026

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 614.8:004.8

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ-112

Амчеславский О. В., *канд. техн. наук, доцент*
Коновалова Г. В., *канд. с.-х. наук, доцент*
Селиверстов И. В., *ст. преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены основные программы решения АО «СФЕРА» для трансформации Системы-112.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, Системы-112, распознавание речи заявителя, АО «СФЕРА», информационно-аналитическая система Ситурум.*

Искусственный интеллект – это всего лишь модное словосочетание, тренд или это технология, которую нужно использовать на благо? В этой статье мы расскажем и приведем примеры использования искусственного интеллекта (ИИ) [1, 2] в качестве помощника для сотрудников Системы-112 и экстренно оперативных служб, задачей которых является безопасность, спасение жизней людей и противодействие угрозам различного характера.

В последнее время все в основном говорят про генеративные модели. Это генерация текста, картинок и видео, в том числе в известных сервисах ChatGPT и Midjourney. Эти технологии относятся только к одному из направлений развития машинного обучения и ИИ – нейронные сети и глубокое обучение.

Применительно к программным решениям АО «СФЕРА» для трансформации Системы-112, нейросети это про распознавание речи – классическое обучение и механизм кластеризации.

Искусственный интеллект позволяет не только автоматизировать текущую деятельность, но и дать новые инструменты, которые без него практически невозможны.

Сотрудники Системы-112 ежедневно сталкиваются со сложными вызовами [3, 4]. Помимо сложного и ответственного характера повседневных задач, операторы и диспетчеры трудятся в режиме жёстких требований к времени обработки вызовов, которые постепенно усиливаются регуляторами, часто решают стрессовые и конфликтные ситуации, сталкиваются с языковыми барьерами и другими осложняющими факторами. Руководители экстренных оперативных служб и

ЕЦОВ вынуждены справляться с постоянной нехваткой операторов и обучения новых сотрудников, которые не успевают быстро адаптироваться, а население жалуется на работу операторов и экстренных служб, в результате чего возникает негативный контекст, который они вынуждены обрабатывать [5, 6].



Рисунок 1 – Программное решение АО «СФЕРА» для трансформации Системы-112

Как искусственный интеллект может помочь операторам Системы-112.

Прорыв АО «СФЕРА» в цифровой трансформации Системы-112 находится в области интеграции в наши программные продукты существующих технологий ИИ, в том числе по онлайн распознаванию речи.

На данный момент все системы онлайн распознавания речи допускают ошибки: - замена – вместо какого-то слова распознается другое, - вставка – присутствует лишнее слово, - удаление – слово пропущено.

Распознавание речи: Метрика качества – Word Error Rate (WER) – процентное отношение суммы замен, вставок и удалений к общему числу произнесённых слов. У живого человека, слушающего аудиокнигу WER от 6 % до 13 % в зависимости от качества записи. Лучшие лабораторные результаты для автоматического распознавания телефонных разговоров – WER от 10 % до 15 % (в реальности и онлайн – около 30 %). Человеческий мозг компенсирует счет контекста и общих знаний.

ИИ на данный момент справляется с распознаванием речи хуже живого человека, но, тем не менее, это уже результаты, которые позволяют нам решать некоторые проблем:

Мы можем использовать голосовых роботов для распознавания речи заявителя до поднятия трубки оператором. То есть, фактически, опрос может начать уже робот. Это снизит время ожидания для заявителя и время обработки вызова в целом. Распознанный текст позволяет автоматизированно заполнять карточку вызова. Это происходит

быстрее, чем заполнение вручную. Даже если оператор опытный и обучен слепой печати, все равно скорость печати вряд ли превысит скорость речи. Робот осуществляет подсветку ключевых слов, фраз и автоматически выбирает индекс происшествия.

В перспективе робот также будет способен на выделение смысловых объектов (ФИО, адрес), автоматическую генерацию скрипта поддержки интервью и плана, выявление в речи индикаторов стресса, беспокойства.

Система-112: «Вы позвонили в систему-112. Оператор обязательно ответит в ближайшее время. Пока ждете ответа, сообщите свои ФИО, дату рождения, что произошло, адрес места происшествия».

Заявитель: «….»

Оператор: «Оператор 112. Иванов Петр Сергеевич, 12.12.1990, пожар по адресу Мира 12, все верно»?

Заявитель: «Да».

Оператор: «Вызов передан в пожарную часть, помощь уже в пути. (Вопросы из системы поддержки) Вы находитесь в помещении …»?

Как может выглядеть новый процесс обработки вызова с участием робота

После того, как заявитель сообщает всю информацию, оператору остаётся только подтвердить, что система всё правильно распознала и начать реагировать. Таким образом, уменьшается нагрузка оператора на механические действия, уменьшается время на заполнение карточки и реагирование начинается раньше.

Распознавание речи возможно на любых языках, заранее предустановленных в системе.

Конечно, хотелось бы, чтобы искусственный интеллект полностью заменил оператора, но пока на этом пути есть барьеры: - технологические; - юридические: Система 112 и работа экстренных служб достаточно сильно регулируется федеральным законом, постановлениями правительства и др. В некоторых случаях доходит до уголовной ответственности, в том числе для оператора. По этой причине переложить сейчас задачи оператора на робота невозможно; - психологические: Ментальные барьеры населения. Люди пока не готовы в полном объеме общаться с роботами.

Распознавание речи происходит еще до приема вызова: в момент соединения оператор видит распознанный ИИ текст в блоке «Распознавание речи заявителя» в левом нижнем углу экрана. ИИ автоматически распознает и подсвечивает ключевые слова для оператора: «пожар», «врач» и др.

Оператор может навести курсор на ключевое слово и выбрать классификацию для происшествия, например, «пожар» или «задымление».

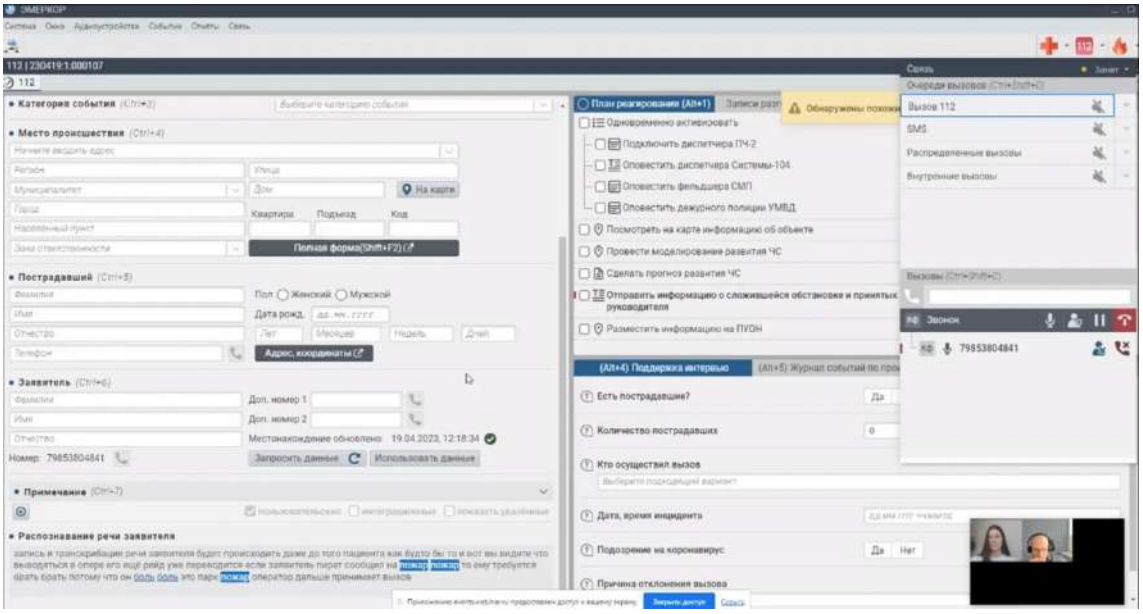


Рисунок 2 – Использование ИИ для распознавания речи при поступлении звонка в Систему-112 в программном комплексе «Эмеркор»

Программный комплекс «Эмеркор» – первое решение на рынке, в котором механизмы искусственного интеллекта используются для улучшения и ускорения работы системы-112

Основные направления применения ИИ являются: выявление очагов происшествий, автоматическое информирование о массовых обращениях по определенным индексам, интеллектуальное управление ресурсами экстренных служб [3, 4]. Для реализации данных инструментов используется информационно-аналитическая платформа, в частности, программный продукт АО «СФЕРА» – Ситурум.

Схема работы:



Рисунок 3 – Использование ИИ для Системы-112 на уровне аналитики и управления подразделением

Информационно-аналитическая платформа Ситурум позволяет реализовать все классические этапы работы с данными: - сбор и загрузка из таких систем как Эмеркор, КоордКом, и др.; - проведение моделирования и расчётов; - визуализация результата аналитики лицу,

принимающему решение в удобном виде: дашбордов, карт, др.; - сигнальные сообщения на электронную почту и Telegram с возможностью быстрого перехода в Эмеркор или подобные программы для организации процесса реагирования по массовым статусам.

Информационно-аналитическая система Ситурум позволяет производить подготовку решений с помощью сложного модельно-математического аппарата даже пользователям без специальной математической подготовки

Задание для ИИ описывается с помощью визуального конструктора – графа.



Рисунок 4 – Кейс-Массовые вызовы по поводу неприятного запаха с полигона ТКО

ИИ собирает массовые обращения граждан в Системе-112, далее автоматически группирует в территориальные кластеры по заданным параметрам (например, по индексам происшествия и периоду времени), и отображает на дашборде, имеющем в своём составе карту и таблицу. Программа раскрашивает различными цветами объединенные вызовы – кластеры. На карте кластеры обозначаются цветными кругами, а при приближении – цветными точками, расположенными рядом.

Далее ИИ отправляет алерты на почту, мессенджер и/или на прямую в программный комплекс Эмеркор, где, к примеру, старший оператор может начать работу с карточкой массового вызова. Сигнал в Эмеркор поступает с определённым типом, отличным от обычных обращений. В карточке происшествия оператор может видеть: количество обращений, попавших в кластер, тематика происшествия, ссылка на дашборд, координаты центроида – равноудаленной точки от всех объединенных вызовов.

Информационно-аналитическая система Ситурум, разработанная АО «СФЕРА» обладает возможностью выполнять анализ и прогнозирование и является отличным помощником оператору Системы-112.

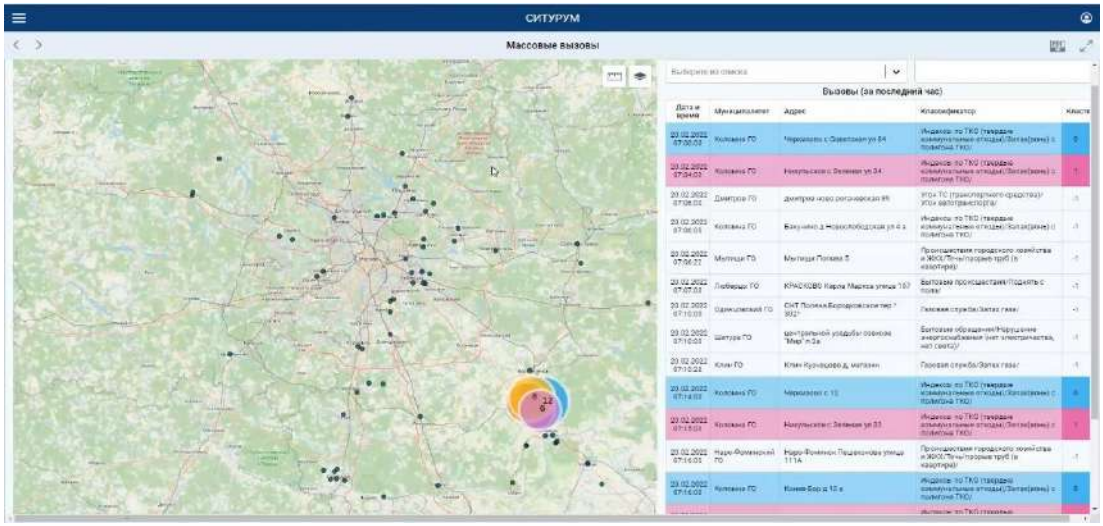


Рисунок 5 – На карте черным цветом обозначаются не вошедшие в кластер вызовы

Таким образом, вышеописанные инструменты, посредством цифровых технологий на основе ИИ [1, 2], способны изменить в лучшую сторону процессы в Системе-112, что в итоге можно назвать цифровой трансформацией.

Список использованной литературы

1. Варламова Е. А., Лигун М. О., Беломутенко С. В. Инновации и технологические тренды в сфере обеспечения пожарной безопасности // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2025. С. 14-21.

2. Илюшина А. Е. Организация взаимодействия сил при ликвидации ЧС // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2021. С. 62-64.

3. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Современные проблемы пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 322-326.

4. Лигун М. О. Проблемы управления пожарной безопасностью производственных объектов с использованием методов искусственного интеллекта // Техногенная и природная безопасность: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. Саратов, 2021. С. 308-312.

5. Лигун М. О., Степанова Т. С. Актуальность использования информационных систем и ресурсов сети интернет в структурах МЧС России // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 346-352.

6. Мануйленко И. А. Перспективы контрольно-надзорной деятельности МЧС при риск-ориентированном подходе обеспечения пожарной безопасности объектов // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2021. С. 295-299.

7. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Использование современных технологий в системе МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 215-220.

УДК 614.8:629.45

АНАЛИЗ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Варламова Е. А., *преподаватель*
Лигун М. О., *преподаватель*
ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрена проблема профессионального травматизма на железнодорожном транспорте, сохраняющая высокую социально-экономическую значимость: человеческие потери, простои подвижного состава, штрафы и репутационные риски требуют системного подхода к выявлению и снижению опасностей. Дана оценка существующей системе управления рисками производственного травматизма на железнодорожном транспорте. Выявлены ключевые факторы риска. Определены эффективные меры по их минимизации.

Ключевые слова: *железнодорожный транспорт, чрезвычайные ситуации на транспорте, производственный травматизм, прогнозирование рисков, анализ рисков, безопасность железнодорожного транспорта.*

Железнодорожный транспорт играет ключевую роль в развитии экономики любой страны. Перевозя грузы в соответствии с потребностями общества, он обеспечивает нормальное функционирование и развитие отраслей производства, регионов и отдельных предприятий. Эффективная и безопасная работа железнодорожного транспорта возможна только при координированных действиях всех участников транспортного процесса – отправителей, перевозчиков и получателей грузов. В России железнодорожный транспорт остается одной из крупнейших отраслей экономики и важнейшим звеном производственной и социальной инфраструктуры; он также широко востребован в пассажирских перевозках. Вместе с тем работа на железной дороге связана с риском возникновения чрезвычайных ситуаций, которые могут привести к многочисленным пострадавшим, значительному материальному вреду и неблагоприятным экологическим последствиям.

Целью данной работы является исследование закономерностей, связанных с производственным травматизмом на железнодорожном транспорте и изучение возможности использования статистического анализа в управлении производственными рисками.

Для построения графика была взята статистическая информация по производственному травматизму в ОАО «РЖД» с 2020-2024 гг.

Количество травмированных на производстве по вине работников и работодателя ОАО «РЖД» за последние 5 лет (с 2020 по 2024 год) снижено на 25 %, с 100 до 75 человек, из них:

со смертельным исходом на – 39 % (с 23 до 14 человек);

с тяжелым исходом – на 24 % (с 34 до 26 человек).

Коэффициент частоты общего производственного травматизма с виной работников и работодателя ОАО «РЖД» за 5 лет (с 2020 по 2024 год) снижен на 21 % – с 0,145 до 0,115.

Динамика производственного травматизма в ОАО «РЖД» за период 2020-2024 годов с виной работников и работодателя ОАО «РЖД» представлена на рисунке 1.

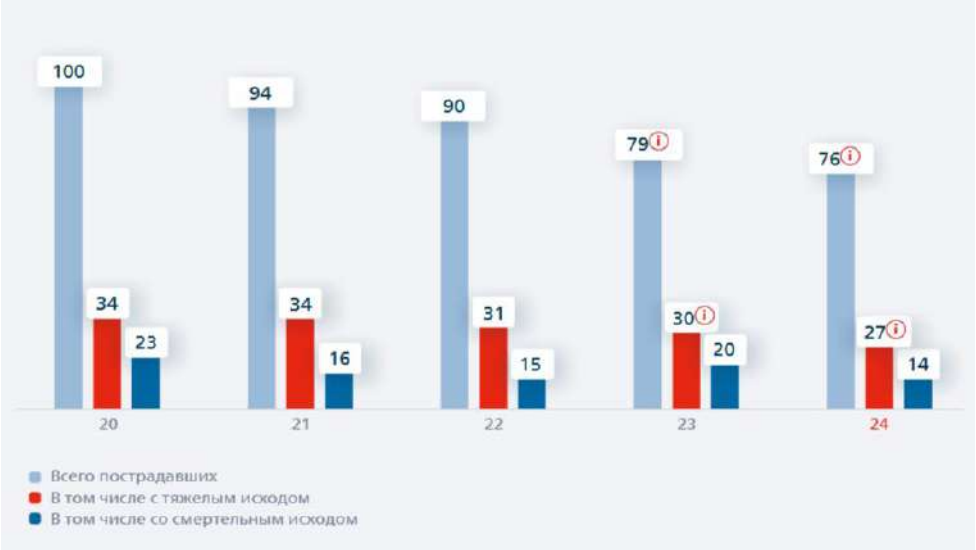


Рисунок 1 – Динамика производственного травматизма в ОАО «РЖД» за период 2020-2024 годов с виной работников и работодателя ОАО «РЖД, чел.

На рисунке 2 показана динамика коэффициентов частоты производственного травматизма с виной работников и работодателя ОАО «РЖД» за период 2020-2024 годов.



Рисунок 2 – Динамика коэффициентов частоты производственного травматизма с виной работников и работодателя ОАО «РЖД» за период 2020-2024 годов

Несмотря на постоянно проводимую борьбу с ЧП и техническое перевооружение, травматизм в ОАО «РЖД» достаточно высок [2].

К основным причинам производственного травматизма на железнодорожном транспорте, приведшим к травмам можно отнести следующие:

- недостаточная подготовка и инструктаж персонала – формальные или нерегулярные обучения, неучёт реального уровня знаний и навыков;
- нарушение трудовой дисциплины – пренебрежение правилами, самовольные действия, несоблюдение регламента работ;
- недостаточная организация работ – плохое планирование, отсутствие координации между бригадами, перегрузка смен;
- дефицит процедур по оценке рисков и их контролю – отсутствие или несвоевременное проведение СОУТ, ППР, инструктажей по специфическим работам [1].

К причинам человеческого фактора отнесем следующие:

Организационные причины:

- усталость и переутомление – длительные смены, недостаток отдыха, ночные работы;
- невнимательность и ошибки при выполнении операций – расстановка приоритетов не по безопасности;
- недостаточная квалификация и опыт – неопытные работники при сложных операциях;
- нарушение правил личной безопасности – отказ от СИЗ, несоблюдение сигнализации.

Технические причины:

- неисправность оборудования и подвижного состава – тормозные системы, сцепные устройства, стрелочные механизмы;
- износ и дефекты инфраструктуры – рельсы, шпалы, контактная сеть, крепления;
- недостаточное техническое обслуживание и ремонт – пропуски регламентных работ, использование неисправных запасных частей;
- отсутствие или неисправность защитных устройств и сигнализации.

Причины, связанные с рабочей средой:

- неблагоприятные погодные условия – гололёд, дождь, туман, сильный ветер, повышенная температура;
- плохие условия освещения – работа в тёмное время суток без адекватного освещения.

Процедурные и коммуникативные причины:

- недостаточная передача информации и инструкций – неполные наряды, непонятные распоряжения;
- отсутствие или несоблюдение процедур блокировки и сигнализации при ремонтах и осмотрах.

Типичные происшествия, иллюстрирующие причины:

- наезд подвижного состава на работников при работах на пути из-за отсутствия блокировки и плохой координации;
- падение с высоты при обслуживании контактной сети или ремонтных работах без страховки или с неисправными СИЗ;
- травмы при неожиданном включении механизма из-за отсутствия процедур блокировки;
- получение ранений при маневрах из-за неисправности сцепки или тормозов.

Анализ основных причин травмирования и гибели работников ОАО «РЖД» показывает, что основными являются причины организационного характера, в 2020 году они составили 89 % от общего числа и распределились следующим образом (табл. 1):

Данный анализ показывает, что организационные причины остаются доминирующими и требуют приоритетного внимания.

Усиление проблем в организации работ и управлении рисками (рост до 30-34 % в 2024) указывает на недостаточную эффективность текущих процедур планирования, распределения ответственности и оценки рисков [3, 4].

Таблица 1 – Основные причины организационного характера травмирования и гибели работников 2020-2024 г.

Основные причины травмирования и гибели работников	% от общего числа
2020 г.	
- недостатки в организации работ и управлении рисками	28-32 %
- недостаточная подготовка и квалификация персонала	20-24 %
- неправильная организация труда и планирования смен (усталость, переработки)	12-15 %
- невыполнение или формальное соблюдение нарядно−допускной системы и пропуск оперативных распоряжений	4-6 %
- неполадки в системе управления безопасностью (контроль, мониторинг, анализ инцидентов)	10-12 %
2024 г.	
- недостатки в организации работ и управлении рисками	30-34 %
- недостаточная подготовка и квалификация персонала	18-22 %
- неправильная организация труда и планирования смен (усталость, переработки)	12-15 %
- невыполнение или формальное соблюдение нарядно допускной системы и пропуск оперативных распоряжений	10-12 %
- неполадки в системе управления безопасностью (контроль, мониторинг, анализ инцидентов)	10-12 %

Небольшое снижение доли недостаточной подготовки персонала (с 20-24 % до 18-22 %) свидетельствует о частичных улучшениях, но уровень остаётся существенным и требует дальнейших инвестиций в обучение и практику безопасности [7].

Стабильная доля проблем с организацией труда и переработками (12-15 %) показывает, что режимы работы и утомляемость продолжают существенно влиять на безопасность и не решаются системно.

Рост формального соблюдения нарядно допускной системы (с 4-6 % до 10-12 %) – тревожный сигнал о деградации дисциплины или неприменимости процедур на практике; это повышает риск инцидентов и требует немедленного вмешательства [5, 6].

Отсутствие улучшений в системе управления безопасностью (10-12 %) говорит о необходимости модернизации контроля, мониторинга и анализа инцидентов для выявления и устранения корневых причин.

Основные виды происшествий, в которых в 2024 году травмировано и погибло наибольшее количество работников, были следующими и главные из них показаны на рисунок 3:



Рисунок 3 – Распределение травмированных со смертельным исходом по видам происшествий в 2024 году (14 человек) (без учета травмированных, где нет вины работника и работодателя ОАО «РЖД»)

К мерам профилактики можно отнести следующие:

Краткосрочные (1 месяц):

- ввести обязательный регламент перемещения членов бригад в межсменный отдых: выделить безопасные маршруты к местам отдыха и магазинам, запрет на переход через пути без специальных переходов;

- обязать машиниста/ответственного за стоянку фиксировать неподвижность состава и запрещать доступ к вагонам посторонних лиц до подтверждения полной остановки и постановки на тормоз;

- провести психологическое разъяснительное мероприятие (разбор конкретного случая) для повышения осознанности рисков в быту на станции.

Среднесрочные (1-3 месяца):

- установить физические барьеры/ограждения и яркие предупреждающие знаки на 4 м и других путях, где происходят остановки туристных вагонов или стоянки пассажирских составов;

- ввести регулярные (не реже раза в неделю) рейды по контролю соблюдения правил поведения на территории станции с оформлением актов и докладом руководству ТЧЭ;

- внедрить запись нарушений в персональные дела сотрудников и усилить дисциплинарную ответственность за грубые нарушения ИОТ.

Долгосрочные (3-12 месяцев):

- разработать и утвердить локальную инструкцию для режима межсменного отдыха на территории станции с чёткими запретами и алгоритмом действий при необходимости доступа к поезду.

- включить периодические тренинги и демонстрации реальных последствий нарушений в программу обучения по охране труда.

- мониторить эффективность мер через KPI: снижение нарушений, отчёты по рейдам, анализ инцидентов.

Ответственные и контроль:

- руководство ТЧЭ-организационные и дисциплинарные меры, сроки выполнения (7 дней-3 месяца);

- служба охраны труда/безопасности – подготовка инструктажей, контролирующие рейды, оформление актов;

- начальник станции и дежурный по станции – организация безопасных маршрутов, контроль доступа к путям, установка знаков/ограждений;

- отчётность – ежемесячный доклад руководству региона и в службу охраны труда РЖД в течение 6 месяцев.

Для значимого снижения производственного травматизма на железнодорожном транспорте необходим интегрированный подход: системный риск-менеджмент, цифровой учёт инцидентов, техническое обновление инфраструктуры и целенаправленная работа с человеческим фактором. Только сочетание превентивных, корректирующих и обучающих мер с постоянным мониторингом обеспечит устойчивое улучшение безопасности [2, 3].

Список использованной литературы

1. Брагина Ю. И., Илюшина А. Е. Психологическая подготовка к исполнению служебных обязанностей в экстремальных ситуациях // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 159-161.

2. Варламова Е. А., Лигун М. О., Беломутенко С. В. Инновации и технологические тренды в сфере обеспечения пожарной безопасности // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2024. С. 14-21.

3. Илюшина А. Е., Беломутенко С. В. Организация взаимодействия сил при ликвидации ЧС // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2021. Том 3. С. 62-64.

4. Кардаильский В. А., Беломутенко С. В. Аварии на железнодорожном транспорте - причины и последствия // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград. 2016. Т. 1. С. 195-197.

5. Коновалова Г. В. Инженерно-технические мероприятия ГО и ЧС: Методические указания по выполнению расчетно-графической работы для обучающихся по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. 24 с.

6. Попова Ю. А., Беломутенко С. В. Анализ и прогнозирование чрезвычайных ситуаций и их последствий на предприятиях по производству и сбыту лакокрасочных материалов // Новое поколение выбирает науку: материалы X Регионального научно-исследовательского конкурса среди старшеклассников и обучающихся профессиональных образовательных организаций Волгоградской области. Волгоград, 2019. С. 83-84.

7. Соловьянов В. А., Илюшина А. Е. Анализ пожароопасности объектов железнодорожного транспорта // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. Т. 1. С. 251-252.

УДК 614.8:371.018.7

РАЗВИТИЕ СОЦИАЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПОДРОСТКОВ ЧЕРЕЗ РЕАЛИЗАЦИЮ ПРОГРАММЫ «ШКОЛА ЮНОГО СПАСАТЕЛЯ»

Гаврюшина Т. А., *методист, педагог дополнительного образования*
Романова А. А., *методист, педагог дополнительного образования*

МОУ ДЮЦ Тракторозаводского района Волгограда
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрен процесс реализации дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программы «Школа юного спасателя». Описаны цели и задачи программы, методы и формы работы с детьми, а также результаты и достижения учащихся. Особое внимание уделено значимости программы для формирования у детей навыков безопасного поведения и готовности к действиям в чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: *дружины юных пожарных, юные пожарные, школа юного спасателя, пожаробезопасное поведение, гражданин «безопасного типа».*

В современном мире главной социальной проблемой является проблема обеспечения безопасности. Угрозу жизни и здоровью человека могут представлять, как многие чрезвычайные ситуации природного, техногенного характера, так и сам человек. Развитие технического прогресса и современная ситуация в стране обуславливает большое многообразие навыков, которыми должен обладать человек,

в чрезвычайных ситуациях выполняющий функцию спасателя [5]. Программа «Школа юного спасателя» ориентирована на воспитание гражданина «безопасного типа», знающего основы защиты человека и общества от современного комплекса опасных факторов и умеющего применить эти знания на практике. Обучение предусматривает всестороннюю развитость учащихся – это и общее культурное, нравственно-патриотическое, интеллектуальное развитие, физическое здоровье, социальное становление [1].

Цель программы «Школа юного спасателя» – развитие социальной активности подростков, формирование у них современной культуры безопасности жизнедеятельности посредством осознания значимости безопасного поведения в условиях чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и социального характера.

Задачи программы:

Личностные:

– сформировать ответственное отношение к учению, готовность и способность учащихся к саморазвитию и самообразованию на основе мотивации к обучению и познанию в области личной безопасности;

– сформировать коммуникативную компетентность в общении и сотрудничестве со сверстниками в процессе различных видов деятельности;

– сформировать ценность здорового и безопасного образа жизни; усвоить правила индивидуального и коллективного безопасного поведения в чрезвычайных ситуациях, угрожающих жизни и здоровью людей.

Метапредметные:

– сформировать умение самостоятельно определять цели своего обучения, ставить и формулировать для себя новые задачи, развивать мотивы и интересы своей познавательной деятельности;

– сформировать умение соотносить свои действия с планируемыми результатами, определять способы действий в рамках предложенных условий;

– сформировать умение определять понятия, создавать обобщения, устанавливать аналогии, классифицировать, устанавливать причинно-следственные связи, строить логическое рассуждение и делать выводы;

– сформировать умение организовывать учебное сотрудничество и совместную деятельность с педагогом и сверстниками.

Предметные:

– сформировать модель безопасного поведения в повседневной жизни и в условиях чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и социального характера;

– сформировать знания основных опасных и чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и социального характера и их последствий для личности, общества и государства;

– сформировать умение применять меры безопасности и правила поведения в условиях опасных и чрезвычайных ситуаций;

– сформировать умение оказать первую помощь пострадавшим;

– сформировать умение предвидеть возникновение опасных ситуаций по характерным признакам их проявления.

Программа представляет собой развёрнутый учебно-методический комплекс с приложением, включающим разработки занятий, вопросы для зачётов и соревнований, дидактические материалы.

Срок реализации программы – 3 года. Первый период (1-й год обучения) рассчитан на базовую подготовку детей, овладение ими основными навыками и умениями, предусмотренными данной программой. Второй период (2-й и 3-й годы обучения) предполагает углубленное изучение всех разделов программы.

В структуру программы входят следующие **разделы**:

– пожарно-профилактическая подготовка (знания о пожаробезопасном поведении);

– тактико-техническая подготовка (действия при возникновении пожара);

– медико-санитарная подготовка (оказание первой доврачебной помощи при чрезвычайных ситуациях);

– строевая подготовка (выполнение строевых приёмов);

– чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера (классификация, порядок действий при их возникновении);

– пропаганда знаний по пожарной безопасности (подготовка практических занятий, игр, театрализованных программ и выступления перед учащимися младших классов).

Адресат программы – учащиеся 11-14 лет.

Отличительной особенностью данной программы от уже существующих в этой области является углубленный, практико-ориентированный характер, заключающийся в выстроенной логической системе к освоению учебного материала: от следствия к причине, от рассмотрения последствий неблагоприятных условий жизни к определению первопричины чрезвычайных ситуаций, от теоретических познаний к формированию навыков самостоятельного принятия решений, деятельностно-практического опыта. Объемность освоению образовательных областей программы придает особый характер обучения: проведение занятий на базе ФГКУ «СПСЧ ФПС по Волгоградской области», Волгоградского отделения ВДПО, с использованием

специального оснащения; в образовательных организациях, производственных предприятиях, социальных учреждениях, а также с привлечением специалистов профильных служб [5, 8].

Система обучения в рамках данной программы линейная – материал изучается последовательно. Прохождение каждой новой теоретической темы предполагает постоянное повторение пройденных тем, обращение к которым диктует практика. Такие методические приемы, как «забегание вперед» и «возвращение к пройденному», придают процессу обучения динамичность и стимулируют учебную мотивацию. Программа предполагает следующую логику познавательной деятельности: на протяжении первого года обучения, учащиеся в большей степени изучают теоретический материал, на втором году обучения преимущественно отрабатывают последовательность действий при возникновении чрезвычайных ситуаций, участвуют в конкурсах по профильной тематике, на третьем году обучения передают накопленные знания учащимся начального общего образования.

Практические занятия способствуют развитию у детей творческих способностей, умения создавать авторские проекты. На занятиях активно используется метод обучения по микрогруппам, что позволяет осуществлять личностный подход в образовании. Программа предусматривает комплекс воспитательных мероприятий: походы, встречи с интересными людьми, посещение музеев, а также участие в районных и городских мероприятиях, позволяющих на практике закрепить теоретический материал, полученный на занятиях и дать учащимся возможность самовыражения [4].

Педагогическая целесообразность программы объясняется тем, что личность формируется в деятельности. И чем богаче и содержательнее будет организована деятельность, чем больше она наполнена социально-значимым содержанием (в том числе патриотическим) и воспитывающими аспектами, тем больше создаётся возможностей для целенаправленного воздействия на учащегося, формирование у него социально-ценностных отношений к явлениям окружающей действительности, его самосознание, на самовоспитание духовных потребностей личности в труде, творчестве, общении.

Деятельность «Школы юного спасателя» на основе программы помогает в организации работы по предупреждению пожаров и детского травматизма, формирует навыки дисциплины, самоорганизации и самоконтроля, воспитывает силу воли, мужество, стойкость, гражданственность и патриотизм, стимулирует физическое развитие учащихся [2]. Реализация данной программы происходит в ходе совместной учебно-познавательной, исследовательской, творческой и игровой деятельности учащихся – партнёров, имеющих общую цель, согласованные методы и способы деятельности, направленные на достижение общего результата по пропаганде противопожарной безопасности.

Программа разработана с учетом современных педагогических **технологий**:

– технологии развивающего обучения, заключающейся в ориентации учебного процесса на потенциальные возможности учащихся и их реализацию;

– технология проблемного обучения, предполагающая выдвижение познавательных задач, решая которые дети активно усваивают знания (проблемный рассказ, проблемная беседа, самостоятельное исследование) [7];

– технология проектной деятельности, нацеленная на предоставление учащимся возможности самостоятельного приобретения знаний в процессе решения практических задач или проблем, требующих интеграции знаний из различных предметных областей;

– здоровьесберегающие технологии – это системный подход к обучению и воспитанию, построенный на стремлении педагога сохранить здоровье учащихся (правильная организация занятия, использование различных каналов восприятия информации, учёт зоны работоспособности, распределение интенсивности умственной деятельности);

– групповые технологии, предполагающие организацию совместных действий, коммуникацию, общение, взаимопонимание, взаимопомощь (групповой опрос; учебная встреча; дискуссия; диспут);

– игровые технологии, дающие возможность повысить у учащихся интерес к учебным занятиям, позволяющие усвоить большее количество информации, основанной на примерах конкретной деятельности [3].

Подведение итогов по результатам освоения материала программы предусмотрено в форме текущего, итогового контроля, защиты проектов, конкурсов и соревнований; учитываются теоретические знания и практические навыки в освоении основ безопасного поведения. Детское объединение «Школа юного спасателя» является участником, победителем и призером городских, областных и Всероссийских конкурсов и соревнований. Особой гордостью коллектива является победа (I место) во Всероссийском конкурсе «Неопалимая Купина», I место в областном конкурсе «Лучшая дружина юных пожарных», III место в областных соревнованиях по пожарно-прикладному спорту.

Реализация программы «Школа юного спасателя» способствовала формированию **системы работы** с дружинами юных пожарных Тракторозаводского района. Каждый учебный год проходит смотр-конкурс дружин юных пожарных «Горячие сердца». Смотр включает в себя следующие мероприятия: слёт дружин юных пожарных, конкурс детского творчества по пожарной безопасности «Неопалимая Купина» и соревнования дружин юных пожарных.

Слет дружин юных пожарных традиционно проводится в начале учебного года. На нём мы принимаем в свои ряды новые дружины, работают обучающие площадки: по оказанию первой доврачебной помощи, правилам обращения с огнетушителем, одеванию боевой одежды спасателя, знакомство с пожарной техникой.

Конкурс детского творчества по пожарной безопасности включает в себя следующие номинации: изобразительное и прикладное творчество, технические виды творчества.

Итоговым мероприятием с дружинами юных пожарных образовательных учреждений района являются соревнования дружин юных пожарных. Начинаются они со строевого смотра, где дружины проходят торжественным маршем с исполнением строевой песни. Затем участники соревнований расходятся по площадкам: «Основы пожарной безопасности», где происходит тестирование на знание правил пожарной безопасности; «Оказание первой доврачебной помощи», где участники показывают теоретические знания в области оказания первой доврачебной помощи пострадавшему и демонстрируют практические навыки; «Одевание средств индивидуальной противопожарной защиты» – капитаны команд на время надевают комплект противопожарной защиты, эстафета по пожарно-прикладному спорту, где задания адаптированы для возрастных категорий участников, «Знание устройства и применения огнетушителей» – представители команд рассказывают и показывают как пользоваться огнетушителем.

Лучшие дружины защищают честь нашего района на региональном, межрегиональном и всероссийском уровне.

Деятельность дружин юных пожарных помогает в организации работы по предупреждению пожаров и детского травматизма, формирует навыки дисциплины, самоорганизации и самоконтроля, воспитывает силу воли, мужество, стойкость, гражданственность и патриотизм, стимулирует физическое развитие учащихся.

Список использованной литературы

1. Горбачёва Л. А. Вперёд пожарные!: сборник игр для руководителей отрядов юных пожарных. Екатеринбург, 2000. 230 с.

2. Данченко С. П. Сборник ситуационных задач по курсу основ безопасности жизнедеятельности. СПб., 2008. 80 с.

3. Лешукова, С. И. Игровые формы обучения основам пожарной безопасности // Устойчивое развитие науки и образования. 2020. № 7 (46). С. 31-37.

4. Маслов А. Г. Подготовка и проведение соревнований учащихся «Школа безопасности». М.: ВЛАДОС, 2000.160 с.

5. Пожарная безопасность: учебное пособие для членов добровольных Дружин юных пожарных/ О. Д. Ратникова, В. В. Володченкова, А. А. Чистякова, Н. В. Баранова. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2017. 181 с.

6. Пожарная безопасность: энциклопедия. Москва: ВНИИПО, 2019.603 с.

7. Романкина М. Ю., Карюкин И. А. Проблемно-тренинговые ситуации как средство формирования пожаробезопасного поведения школьников в курсе ОБЖ // Наука и образование. 2021. Т. 4. № 1.

8. Скрипник Л. Ю. Программа профильного лагеря "Юные пожарные": из опыта работы // Воспитание обучающихся. 2009. № 5. С. 44-48.

УДК 614.8:664.7

АНАЛИЗ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЙ СВЯЗИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ОПО НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

Голеннова Т. В., *инженер, магистрант*

Волгоградский филиал ООО «Омсктехуглерод»
ФГБОУ ВО Волгоградский ГТУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Анализ аварий на опасных производственных объектах является составной частью управления пожарной и призводственной безопасностью и заключается в систематическом использовании всей доступной информации для идентификации опасностей и оценки риска возможных чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: *надежность ОПО, ОПО, безопасность перерабатывающих производств, переработка кукурузы, пожарная безопасность.*

Анализ риска предполагает нахождение величины риска от ОПО, сравнение её с критическим значением и, в случае превышения, разработку мероприятий по снижению уровня риска.

Некоторые причины возникновения чрезвычайных ситуаций на ОПО:

- наличие опасных веществ и продуктов переработки, склонных к самосогреванию и самовозгоранию;
- возможность образования взрывоопасных пылевоздушных смесей;
- энерго-массообменные свойства технологических процессов;
- ошибки проектирования, строительства и эксплуатации;
- отказы технических устройств и их систем;
- нерасчётные внешние воздействия (природные, техногенные и антропогенные).

Хранение и переработка зерна сопровождаются выделением производственной пыли, которая образует с воздухом взрыво- и пожароопасную смеси. Пыль, находящаяся в воздухе помещений и внутри оборудования во взвешенном состоянии (аэровзвесь), взрывоопасна, а осевшая на строительные конструкции и оборудования (аэрогель) – пожароопасна. Основные условия возбуждения и дальнейшего распространения взрыва аэровзвеси следующие – наличие в воздухе взрывоопасной пыли; наличие источников тепла, способных воспламенить аэровзвесь; присутствие достаточного количества кислорода, расходу-

емого на полное сгорание аэровзвеси [1]. В состав предприятий входят основные объекты производственного цикла и вспомогательные (энергетические и объекты инфраструктуры) таблица 1.

Таблица 1 – Состав и структура предприятия по глубокой переработке кукурузы

№ п/п	Наименование объекта
Основные производственные объекты	
1.	Лаборатория зерновая с пробоотборниками
2.	Зерноприемный пункт автотранспорта
3.	Зерноочистительный пункт
4.	Зернонакопительный пункт
5.	Корпуса переработки кукурузы и производства крахмала, кормовых продуктов, мальтодекстринов, паточных сиропов, сушки и упаковки мальтодекстринов
7.	Корпуса хранения глютеновых кормов, хранения и упаковки сухого крахмала, сухого зародыша, глютена, хранения и отгрузки сиропов
Энергетические объекты	
8.	Градирня
9.	Котельная
10.	Энергетическая подстанция
11.	Очистные сооружения биологической очистки
12.	Очистные сооружения ливнестоков
Объекты инфраструктуры	
13.	Контрольно-пропускной пункт
14.	Весовые для автотранспорта
15.	Административный корпус
16.	Инженерный корпус. Лаборатория
17.	Материальный склад

Технологический процесс переработки кукурузы имеет следующие цели:

- разложить кукурузное зерно на составляющие: зародыш, эндосперм, глютен, крахмал с высокими качественными характеристиками;
- эффективно выделить и рационально использовать ценные вещества зерна кукурузы: кукурузный зародыш, глютен, клетчатку;
- достичь 100 % использования составных частей зерна с минимальными потерями абсолютно сухих веществ.

Предприятия по глубокие переработки зерна кукурузы являются объектом повышенной взрыво- и пожароопасности. На них присутствует большое количество потенциальных источников возгорания, благоприятных условия для быстрого распространения пожара и большое количество факторов, затрудняющих процесс его ликвидации [2, 3].

Часть производства комплексной переработки кукурузы согласно п.6 Приложения 1 к Федеральному закону от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» относится к категории опасных производственных объектов [4]:

- переработка кукурузы (помещение дополнительной очистки зерна и гранулирования кормов; сушка крахмала, глютена, зародыша и кукурузного корма);
- сушки и упаковки мальтодекстринов (помещение сушки и упаковки мальтодекстринов);
- упаковка крахмала и побочных продуктов (хранение и упаковка зародыша и глютена, хранение и упаковка крахмала);
- силоса для хранения негранулированных кормов (помещение отгрузки негранулированного корма).

К опасным производственным объектам также относятся [5]:

- топливно-заправочные пункты и сети газопотребления предприятий;
- котельные предприятий.

Кроме того, на объектах обращаются: соляная кислота; натрий едкий; азотная кислота; ортофосфорная кислота [6].

К технологическому оборудованию объектов, связанному с переработкой зерна, аварии на котором могут привести к возникновению ЧС, относятся: нории; дробилки; вальцовые станки; турбовоздуходувки (вентиляторы); конвейеры; смесители; фильтры; силосы; бункеры; тоннели; галереи; зерносушилки; циклоны; воздуховоды (аспирационные, пневмотранспорта, воздушные); материалопроводы (самотеки, пневмотранспорт) [7].

Наиболее распространёнными причинами пожаров в зданиях зерноперерабатывающих предприятий являются нарушение техники безопасности при проведении электросварочных работ, электротехнические причины (короткое замыкание и т. п.), а также нарушение технологического процесса и нарушение требований взрывобезопасности [8].

Чтобы избежать аварий и взрывов необходимо при проектировании новых и реконструкции действующих предприятий по хранению и глубокой переработке зерна применять системы взрывозащиты, предусматривающие:

- взрыворазрядители, устанавливаемые в соответствии с Временной инструкцией по расчету, проектированию и эксплуатации взрыворазрядителей для производственного оборудования предприятий;
- быстродействующие задвижки или другие типы огнепреградителей, устанавливаемые в местах наиболее вероятного возникновения взрыва и сблокированные с быстродействующими задвижками или другими типами огнепреградителей, приводами машин, звуковой и световой сигнализацией на пульте управления;

- датчики-индикаторы взрыва, устанавливаемые в местах наиболее вероятного возникновения взрыва и сблокированные с быстродействующими задвижками или другими типами огнепреградителей, приводами машин, звуковой и световой сигнализацией на пульте управления.

При разработке технологических процессов должны быть предусмотрены меры, максимально предотвращающие возможность образования взрывоопасных концентраций пыли в технологическом и транспортном оборудовании в условиях стационарных режимов ведения технологических процессов и возникновения источников инициирования взрыва.

Внутренние поверхности стен, потолков, несущих конструкций, заполнений дверных проемов и полов должны быть гладкими (без выступов, впадин, поясков), позволяющими легко производить их очистку от пыли. Все производственные и складские помещения, а также находящиеся в них оборудование и механизмы следует содержать в чистоте.

Уборку пыли на предприятиях, в т. ч. на крышах зданий, проводят в строгом соответствии с графиками для конкретных участков производства необходимо указывать периодичность уборки (ежесменно, ежедневно, ежемесячно, ежеквартально и т. д.). Графики уборки пыли следует разрабатывать на каждом конкретном предприятии, их утверждает директор предприятия или главный инженер. Графики уборки пыли должны быть вывешены на рабочих местах.

Производственные помещения, в которых происходит выделение горючих производственных пылей, должны быть обеспечены стационарными или передвижными пылесосными установками для систематического удаления пыли с потолка, стен, полов и поверхности оборудования [9].

Некоторые меры, которые могут помочь повысить уровень надёжности и безопасности ОПО:

- Проведение мониторинга степени аварийной опасности и оценки эффективности мер по снижению риска аварий.

- Совершенствование инструкций по эксплуатации и техническому обслуживанию, планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий.

- Исключение условий образования взрывоопасной среды в производственных помещениях с помощью герметичного оборудования, рабочей вентиляции и аспирации, технических средств пылеподавления.

- Регламентирование условий хранения и соблюдение схемы размещения и правил хранения зерна, продуктов его переработки и комбикормового сырья.

- Применение средств автоматизированного дистанционного контроля температуры зерна, продуктов его переработки и комбикормового сырья.

- Использование систем локализации взрывов с учётом особенностей технологических процессов (линий) и образования в них взрывоопасных смесей.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что для наилучшего и безопасного функционирования зерноперерабатывающих предприятий необходимо внедрение современных средств автоматики на всех участках предприятия, которая поможет вести контроль за состоянием оборудования; за состоянием внешней среды в местах хранения растительного сырья; за состоянием средств пожаротушения и средств оповещения о пожаре, что в конечном итоге поможет предотвратить или минимизировать ущерб от аварий и пожаров на зерноперерабатывающих предприятиях.

Список использованной литературы

1. Общая технологическая инструкция по производству кукурузного крахмала, сиропа, мальтодекстрина.

2. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности 846-ПБ: ПД Раздел 9.

3. Перечень мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера 846-ПМ ГОЧС: ПД раздел 12.1.

4. Антонов А. О. Анализ аварий на зерноперерабатывающих предприятиях и пути их предотвращения // Журнал «Научный лидер». 2022. № 7.

5. Азаров В. Н., Колесников А. Г. Пожарная безопасность зданий, сооружений, объектов // Оценка взрывопожароопасности предприятий по хранению и переработки зерна.

6. Рузавин Г. И. Методология научного познания: учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 287 с.

7. Шкляр М. Ф. Основы научных исследований: учебное пособие для бакалавров. М.: Дашков и К, 2012. 244 с.

8. Коновалова Г. В. Особенности противопожарной защиты зернохранения // Научные основы природообустроиства России: проблемы, современное состояние, шаги в будущее: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. С. 300-305.

9. Коновалова Г. В. Пожарная опасность и противопожарная защита кукурузных сушилок // Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2020. Т. 6. С. 387-391.

УДК 614.843

АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИКИ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Голатов Д. А., *преподаватель*
Резчиков П. В., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены преимущества и недостатки различных технологий тушения пожаров.

Ключевые слова: *беспилотные летательные аппараты, роботизированные установки пожаротушения, системы спутникового мониторинга, "умные" системы обеспечения безопасности, тушение пожаров.*

Для тушения пожаров используются альтернативные технологии, которые не требуют непосредственного присутствия человека в зоне возгорания [4]. Некоторые из них: беспилотные летательные аппараты (БПЛА), робототехника и космическая техника.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Мировая практика развития БПЛА показывает настоящий всплеск на фоне использования беспилотных комплексов в промышленных секторах. Сельское хозяйство и геодезия уже привычно используют в своей работе современные технологические решения. На подходе – строительный сектор, безопасность, ликвидация ЧС и тушение пожаров. Последние, исходя из возникающих пожароопасных ситуаций, необходимости быстрого реагирования и точного планирования действий, ориентируются на беспилотные летательные аппараты как на удобный и быстрый инструмент для развертывания и решения вопросов оперативного характера.

Итак, в чем особенность тушения пожаров и ликвидации ЧС с помощью дронов, какими характеристиками отличаются различные модели и в чем их преимущества?

Первый опыт тушения пожаров с помощью БПЛА зафиксирован в Китае в 2017 году. Там был разработан и успешно эксплуатируется до сих пор DJI Matrice 210. Устройство используют как для тушения пожаров, так и для подъема пожарных рукавов на нужную высоту и для разведки. Позднее четыре случая с городскими пожарами были зафиксированы в Нью-Йорке с использованием беспилотников для тушения пожаров 4 категории сложности. В июне 2019 году впервые БПЛА были задействованы в спасательной операции Лесной службы США.

БПЛА позволяют быстро и безопасно проводить воздушную разведку очагов возгорания [8]. Некоторые задачи:

- воздушная разведка территории – оперативное получение информации о масштабах и направлениях распространения огня;
- обнаружение очагов возгорания – особенно актуально при скрытом горении или в ночное время;
- контроль ситуации в режиме реального времени – передача видео на пункт управления, что помогает руководителю тушения принимать точные решения;
- наведение наземных расчётов – координация действий пожарных на месте;
- оценка последствий пожара – анализ разрушений и проверка на наличие вторичных очагов возгорания.

Лесные пожары являются наиболее сложными ввиду невозможности быстро и точно определять очаги возгорания с целью их дальнейшей ликвидации. Играют роль огромные территории возгораний, погодно-климатические условия, оценка площадей возгорания и обстановки с близлежащими территориями [2].

Пожарные ситуации имеют свои особенности. Тушение пожаров привязано напрямую к временным промежуткам. Первым и начальным является горение до обнаружения пожара [5]. Когда поступает сигнал о пожаре, следующий этап носит название факта возгорания. Следующий – выезд оперативной группы на места, что занимает какое-то количество времени. Дальше – обнаружение источника возгорания, или по-другому, очага возгорания, разведка местности и непосредственно тушение пожара. Последним этапом принято считать ликвидацию очагов горения, затем-окарауливание. Этот метод включает в себя патрулирование пораженным огнем территорий с целью контроля, недопущения повторного возгорания при его обнаружении [6]. Понятно, что, чем больше составляет охваченная огнем территория, тем сильнее усложняются процессы, тем больше уходит времени на тушение пожара и ликвидацию последствий.

Использование управляемой авиации эффективно при тушении пожаров на крупных площадях [7]. Высокие показатели такой техники были зафиксированы во время лесных пожаров в Калифорнии, масштабных пожаров из-за жары в центральной части Южной Америки, пожаров таежных лесов в Сибири и на Дальнем Востоке в 2021 году, где менее, чем за два месяца выгорело более 17 млн гектаров. С большой высоты пилоты исследуют территории, оценивают масштабы, тушат пожары с баками, установленными на Бе-200 и Ан-32. Главными проблемами использования самолетов и вертолетов являются высокая стоимость, погодные условия и время реагирования от 3 часов (подготовка судов, заправка, полет от взлетно-посадочной полосы до места возгорания). В этом отношении беспилотные летательные аппараты являются альтернативой как при тушении пожаров и возгораний в лесных массивах, полях и на открытых местностях, так в городских условиях. Самолеты в городских условиях не применяются вообще.

Значительным преимуществам БПЛА является возможность принимать участие во всех этапах пожарной ситуации. Вместе с пожарной группой беспилотниками в первую очередь патрулируют местность на различных высотах, выявляют температурные разницы для более оперативного выявления очага возгорания. Так называемая разведка дроном включает в себя осмотр территории, обнаружения наиболее сложных участков и очагов горения, а также поиск людей даже в условиях плохой видимости. Такая возможность доступна благодаря различным полезным нагрузкам, которые способен нести на

себе аппарат. Наиболее часто используемый при тушении пожаров – тепловизор, который измеряет разницу температур, выявляет очаги и обнаруживает людей во время поисково-спасательных операций [10]. Особенную эффективность беспилотников подчеркивают при работе с небольшими очаговыми возгораниями. Так, во время пожара в Орегоне Министерство внутренних дел США использовало дрон с тепловизором для выявления очагов, которые мог пропустить самолет. По оценке экспертов, своевременное обнаружение пожара предотвратило ущерб имуществу и инфраструктуре на сумму около 50 млн долларов.

Тушение пожаров тоже входит в компетенции беспилотных летательных аппаратов. Легковесные дроны предлагают оперативный многократный облет и осмотр территорий и объектов, разведку с высоты (пожарную, инженерную, радиационную, химическую), наведение наземных пожарных и поисково-спасательных групп на объекты поиска, ретрансляцию связи между пожарными, поисково-спасательными группами и пунктами управления.

Именно благодаря БПЛА находиться к местам горения можно максимально близко. Минимальное расстояние от земли может составлять сотню метров, максимальное – более 2 километров. Самолеты в этом отношении сильно ограничены, что в свою очередь затрудняет проводить разведку. Также беспилотники могут оснащаться громкоговорителями и прожекторами, если речь идет о поиске людей во время пожаров в лесных массивах. С помощью громкоговорителя спасатели передают актуальную информацию, пути отхода, оказывают первую помощь пострадавшим. Более тяжелые устройства оснащают пожарными рукавами, и через лафетный ствол беспилотник может тушить пожар в самых труднодоступных местах.

Робототехника.

Роботизированные установки пожаротушения – автоматизированные системы для обнаружения и ликвидации очагов возгорания с использованием мобильных или стационарных роботизированных устройств.

Некоторые особенности:

- быстрый запуск процесса тушения сразу после обнаружения очага возгорания благодаря интегрированным системам автоматического мониторинга и детекции;

- возможность перемещаться и адаптироваться к изменяющейся обстановке на объекте. Это обеспечивает более гибкое тушение пожаров, особенно в сложных архитектурных или технологических условиях;

- работа в условиях, недоступных или опасных для человека: узкие проходы, высотные конструкции, зоны с высоким уровнем токсичности или радиации;

- использование робототехники для тушения пожаров повышает эффективность мероприятий по тушению пожара и снижает вероятность его распространения.

Некоторые преимущества:

- автономность и мгновенное реагирование. Роботизированные установки запускают процесс тушения сразу после обнаружения очага возгорания. Это снижает время между возникновением пожара и началом его локализации, что уменьшает риск распространения огня;

- работа в условиях, опасных для человека. Роботы способны эффективно работать в узких проходах, на высотных конструкциях, в зонах с высоким уровнем токсичности или радиации;

- снижение вероятности травм и отравлений. Использование роботизированных систем уменьшает участие человека в процессе тушения пожара, особенно в экстремальных условиях;

- сокращение затрат на ликвидацию пожаров. Это происходит за счёт минимизации времени реагирования и точечного воздействия на очаг возгорания;

- снижение объёма повреждений имущества и оборудования. Это уменьшает финансовые потери и расходы на восстановление после пожара;

- возможность группового использования. Это особенно актуально при тушении крупномасштабных пожаров;

Некоторые типы робототехнических систем для тушения пожаров:

- стационарные системы устанавливаются в ключевых точках, таких как склады или заводы, выполняют функции автоматического обнаружения и тушения пожаров.

- мобильные системы могут перемещаться по территории и использоваться для тушения пожаров в различных условиях. Такие устройства бывают как дистанционно управляемыми, так и автономными;

- дроны – используются для мониторинга и получения визуальной информации в реальном времени о состоянии пожара. Оснащённые тепловизорами, дроны способны обнаруживать горячие зоны и находить прыжки огня;

- подводные роботы применяются для тушения пожаров на объекте, например, на судах или подводных платформах, где доступ людей ограничен;

- подземные роботы используются для работы в сложных условиях, таких как шахты или другие закрытые пространства, где риск для жизни человека особенно высок;

- взрывостойкие роботы – нужны на нефтехимических объектах;

- гуманоидные роботы – изначально разрабатывались для работы в тесных помещениях;

- робособаки используются для перемещения по пересечённой местности и по лестницам.

Космическая техника.

Системы спутникового мониторинга помогают выявлять очаги лесных и ландшафтных пожаров. Например, в интеллектуальной аэрокосмической системе борьбы с пожарами данные спутникового мониторинга используются для определения области для детального контроля, а БПЛА направляются в эту область для более подробной оценки местности.

Также для тушения пожаров в космосе используются специальные космические огнетушители – они тушат пожар струёй воздушно-механической пены, которая изолирует место возгорания от кислорода атмосферы внутри корабля и охлаждает зону горения.

По всему миру разрушительные лесные пожары, пожары на объектах инфраструктуры, промышленных предприятиях, сложных по рельефу и территориальному нахождению пожары или пожары в городских условиях становятся все более обычным явлением [9]. Динамика по количеству пожаров не снижается, и ежегодно пожары уничтожают уничтожают гектары земли и инфраструктуру на миллиарды долларов.

В этой связи пожарные и спасательные службы все чаще применяют в работе инновационные технологии [1, 3], которые служат не только эффективным инструментом борьбы с огнем, но и оказываются полезными при расследовании причин пожаров, поиска виновников и дальнейшего анализа ситуации для недопущения повторных возгораний.

Технологии включают в себя автоматизированные комплексы, подвесы и датчики, «умные» системы обеспечения безопасности на предприятиях, беспилотные летательные аппараты и компьютерные системы. Свою пользу дроны уже успели доказать на деле, пожарные бригады все чаще сегодня используют их для быстрого реагирования, точного выявления причин и очага возгорания, корректировки деятельности спасательных служб, распределения ресурсов и в конечном счете спасения жизни тысячей людей.

Актуальны беспилотные системы и в работе постфактум, когда необходимо проводить оценку и анализ событий, проводить окарауливание и профилактические облеты территорий, оценивать ущерб, анализировать состояние воздуха и вредных веществ в нем, определять масштабы поражения. А кроме того, беспилотниками проводят систематический мониторинг территорий. Особенно это актуально в периоды времени года, когда пожары наиболее возможны–летом в засушливую погоду, при скоплениях людей, на предприятиях с потенциально высокими рисками возможности пожаров.

Список использованной литературы

1. Бардюг З. К., Мануйленко И. А. Инновационные средства тушения пожаров внутри замкнутых объѐмов // Наука и молодѐжь: новые идеи и решения: материалы XIX международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. Ч. 1. С. 105-107.

2. Беломутенко Д. В., Илюшина А. Е., Источкина М. В., Беломутенко С. В. Анализ возможности использования огнепреградителей для локализации и ликвидации лесных и ландшафтных пожаров // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. Т. II. С. 9-14.

3. Беломутенко С. В., Ежов К. В. Фторсинтетический пленкообразующий пенообразователь – достоинства и недостатки // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 478-482.

4. Воропаев Н. П. Применение беспилотных летательных аппаратов в интересах МЧС России // Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. 2014. № 4. С. 13-17.

5. Гопия О. Г. Актуальные проблемы при ликвидации ЧС // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 157-162.

6. Губенко Б. В., Горбачев А. Ф. Методы обнаружения и тушения лесных пожаров // Наука и молодѐжь: новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. Ч. 1. С. 149-150.

7. Мануйленко И. А., Колобанова Н. А., Коновалова Г. В. Инновационные решения в применении беспилотных авиационных систем МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2025. Том II. С. 87-93.

8. Мануйленко И. А., Колобанова Н. А. Применение БАС в условиях чрезвычайных ситуаций // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2025. Том II. С. 82-87.

9. Михайлова М. Д., Илюшина А. Е. Ликвидация и локализация пожара пожарно-спасательными подразделениями // Наука и молодѐжь: новые идеи и решения: материалы XIX международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. Ч. 1. С. 128-130.

10. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Использование современных технологий в системе МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. С. 215-220.

УДК 614.8-056.24

ЭВАКУАЦИЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ: ПРОБЕЛЫ НОРМ И ТЕНЬ «СКРЫТОЙ ИНВАЛИДНОСТИ»

Гончарова А. Р., *преподаватель*
Епифанова Д. Ю., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены проблемы эвакуации лиц со скрытыми формами уязвимости. Предложено законодательно ввести функциональные ограничения и создать добровольный реестр. Доказана стратегическая важность инклюзивности для повышения эффективности гражданской обороны и снижения потерь.

Ключевые слова: *чрезвычайные ситуации, инвалидность, спасатель, обеспечение безопасности, эвакуация населения.*

В условиях нарастающей непредсказуемости природных и техногенных катастроф, вопросы обеспечения безопасности населения приобретают особую актуальность [3]. Среди многообразия мер, направленных на защиту граждан, особое место занимает эвакуация. Однако, при планировании и реализации эвакуационных мероприятий, фокус зачастую смещается на категории лиц с видимыми формами инвалидности, оставляя в тени огромную и чрезвычайно уязвимую группу – людей со “скрытыми” формами инвалидности. Эти состояния, не проявляющиеся внешне, но существенно влияющие на способность человека действовать в стрессовой ситуации, представляют собой критический пробел в нормативной базе и практике гражданской обороны [6].

Скрытая инвалидность подразумевает наличие хронических, ментальных или когнитивных нарушений, которые не проявляются внешне, но существенно влияют на функционирование человека в повседневной жизни, особенно в стрессовых ситуациях. К таким состояниям могут относиться:

Хронические заболевания: Например, диабет, астма, сердечная недостаточность и другие заболевания, которые требуют регулярного контроля и могут приводить к острым состояниям без явных внешних проявлений.

Ментальные расстройства: Это могут быть тревожные расстройства, депрессия, посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР) и другие состояния, которые затрудняют восприятие информации или принятие решений в экстренных ситуациях.

Когнитивные нарушения: Люди с легкой деменцией, нарушениями памяти или концентрации внимания могут испытывать трудности с пониманием инструкций или ориентацией в пространстве.

Эмоциональные и психологические расстройства: Например, фобии или расстройства, связанные со стрессом, могут вызывать серьезные затруднения в ситуациях, требующих быстрой реакции и действий.

Некоторые состояния могут внезапно обостряться в результате стресса или физической нагрузки, что также является характеристикой скрытой инвалидности.

Скрытая инвалидность часто оставляет людей без необходимой поддержки, так как их потребности могут не быть очевидны для окружающих [1].

Рассмотрим несколько примеров: К числу наиболее распространенных скрытых угроз относится хронический диабет I типа. В стрессовой ситуации (например, из-за внезапного отключения электричества или разрушения инфраструктуры) человек не просто нуждается в регу-

лярном приеме инсулина, но и подвержен риску развития неотложных состояний – гипогликемии (резкого падения уровня сахара) или гипергликемии. Эти состояния вызывают дезориентацию, потерю сознания или ступор, что делает невозможным самостоятельное прохождение маршрута эвакуации и требует немедленной медицинской помощи, не предусмотренной стандартными протоколами гражданской обороны.

Или, например, представим ситуацию массовой эвакуации с крупного объекта. Человек с начальной стадией деменции или легкой формой аутизма может выглядеть совершенно здоровым. Однако в условиях хаоса он теряет способность быстро обрабатывать информацию, не может вспомнить простые инструкции или ответить на вопросы спасателей [9]. При отсутствии внешних признаков персонал может потратить драгоценное время на попытки «убедить» его следовать за всеми, вместо того чтобы применить протоколы работы с людьми с когнитивными нарушениями (например, немедленное сопровождение, использование простых визуальных подсказок)».

Таким образом, отсутствие идентификатора приводит к задержке эвакуации уязвимого лица, что подвергает его повышенному риску.

Главной проблемой является отсутствие законодательно закрепленного, а главное – реально работающего механизма добровольного информирования граждан со скрытыми формами инвалидности о своем состоянии в соответствующие службы [8].

Чтобы лучше защищать всех, когда случается беда (например, пожар или наводнение), нам нужно сделать так, чтобы правила и действия спасателей учитывали не только тех, у кого проблемы со здоровьем видны снаружи, но и тех, чьи болезни или состояния не так заметны, но все равно делают их уязвимыми в такой ситуации [7].

Рассмотрим, как можно это исправить: изменить правила, чтобы они были более полными. Сейчас законы больше думают о тех, кто не может ходить или сильно ослаб. Нужно добавить в законы, что нужно заботиться и о тех, у кого, например, внезапно может начаться приступ, или кто сильно тревожится, или кому нужен особый присмотр из-за болезни, которая не видна.

Создать специальный список, куда люди могут сами записаться. Те, у кого есть такие “невидимые” проблемы, могли бы добровольно сообщить об этом (например, в МЧС), чтобы спасатели знали, кто и где находится, и как им лучше помочь. Этот список должен быть секретным, чтобы никто не боялся туда записываться.

Сделать карточки или значки. Можно придумать простые значки или карточки, которые люди будут носить с собой. На них будет написано, что человеку нужна помощь, или что у него, например, диабет, или он плохо воспринимает громкие звуки. Спасатели увидят этот значок и поймут, как себя вести.

Научить спасателей и других помощников. Тех, кто помогает людям при эвакуации, нужно научить, как общаться с людьми, которые тревожатся, или плохо понимают, что происходит. Нужно, чтобы они знали, как себя вести, чтобы не испугать человека еще больше.

Рассказать всем, как готовиться. Важно, чтобы люди сами знали, как подготовиться к такой ситуации. Например, тем, у кого хронические болезни, нужно собрать небольшую аптечку с нужными лекарствами, которые могут понадобиться в первую очередь.

Мы понимаем, что любые новые системы требуют вложений: на создание баз данных, обучение, разработку карточек. Однако, если посмотреть на это с точки зрения общей экономики безопасности, **превентивные (предупредительные) меры всегда обходятся дешевле, чем ликвидация последствий.**

Основная идея проста: одна спасённая жизнь, предотвращённое обострение болезни или тяжёлая травма, полученная в чрезвычайной ситуации, – это огромная экономия для общества [10].

Медицинские расходы: Если человек с диабетом или сердечной недостаточностью во время эвакуации попадает в больницу из-за того, что не смог принять лекарство или испугался и перенервничал, государство несёт расходы на: скорую помощь, длительное лечение в стационаре, реанимацию, а затем – на длительную реабилитацию.

Сравните: затраты на разработку простой карточки с идентификатором, на которой указаны нужные лекарства, или на двухчасовой семинар для спасателей по успокоению тревожных людей – это минимальные расходы по сравнению с неделями, проведёнными в реанимации.

Проще говоря: Небольшие деньги, потраченные на подготовку и информирование сейчас, сэкономят нам большие деньги на лечении и восстановлении в будущем.

Последствия: нагрузка на систему реагирования. Ведь когда в толпе эвакуируемых оказывается человек, который не реагирует на команды или, наоборот, ведёт себя неадекватно из-за стресса, это замедляет всех**.**

Задержка общей эвакуации: Спасателям приходится тратить время на решение одной «проблемной» ситуации, в то время как другие люди остаются в опасной зоне [2].

Распределение ресурсов: Из-за одного неопознанного случая может потребоваться вызов дополнительной бригады скорой помощи, которая в этот момент могла бы спасать человека, находящегося в реальной физической опасности.

Преимущество: если мы заранее знаем о «невидимых» рисках, мы можем заранее выделить необходимый персонал или транспорт. Это делает спасательную операцию более быстрой, чистой и эффективной.

Исследование подтвердило, что в системе гражданской обороны существует значительный «слепой угол» – это люди, чьи критические ограничения здоровья не видны окружающим. Эти люди, от лиц с хроническими заболеваниями до тех, кто страдает от острых ментальных состояний, остаются без должной поддержки в хаосе эвакуации, что многократно увеличивает риски для их жизни и здоровья [5].

Решение этой проблемы не требует революции, но требует внимания и системности. Необходимы конкретные шаги: обновить законы чтобы они видели не только инвалидную коляску, но и внезапную слабость; создать добровольные реестры, чтобы знать, кому нужна помощь; и, самое главное, переобучить спасателей, чтобы они умели помогать, даже когда проблема не очевидна [6]. Только такой комплексный, ориентированный на человека подход позволит нам говорить о по-настоящему надежной и справедливой системе защиты населения.

В условиях растущей угрозы чрезвычайных ситуаций, проблема эвакуации людей со скрытыми формами инвалидности требует системного и комплексного решения. Углубление понимания и признания уязвимости этой группы – ключ к настоящей безопасности для всех граждан.

Важно помнить, что жизнь каждого человека уникальна, и каждая ситуация требует индивидуального подхода. Создание более инклюзивной системы эвакуации не только защитит людей с невидимыми проблемами, но и повысит общую готовность общества к серьезным вызовам.

Необходимо провести активные информационные кампании, направленные на повышение осведомленности населения о существующих рисках для людей со скрытыми инвалидностями. Мы должны активно приглашать людей делиться своим опытом и нуждами, чтобы вырабатывать более эффективные стратегии.

Наконец, постоянный мониторинг и оценка внедряемых мер позволят адаптировать подходы в соответствии с изменяющимися условиями и потребностями населения. Лишь объединив усилия государственных структур, международных организаций и общества в целом, мы сможем построить безопасное и отзывчивое общество, готовое справляться с вызовами современности, где каждый человек, независимо от своего состояния здоровья, будет чувствовать себя защищенным и поддержанным.

Список использованной литературы

1. Амчеславский О. В., Никулин А. О. Поведение строительных материалов в условиях пожара // Наука и молодежь: Новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2019. С. 237-239.

2. Брагина Ю. И., Илюшина А. Е. Психологическая подготовка к исполнению служебных обязанностей в экстремальных ситуациях// Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. С. 159-161.

3. Ващенко Д. М., Беломутенко С. В. Вопросы пожарной и техносферной безопасности в 21 веке // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XVII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. Часть I. С. 167-179.

4. Гопия О. Г. Актуальные проблемы при ликвидации ЧС // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 157-162.

5. Ежов К. В., Беломутенко Д. В. Расчет и оценка пожарных рисков // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. С. 197-201.

6. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Современные проблемы пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 322-326.

7. Лигун М. О., Степанова Т. С. Психологические аспекты воздействия чрезвычайных ситуаций на человека // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2024. С. 66-71.

8. Пожарная безопасность / Э. В. Пьядичев [и др.]. СПб.: Проспект науки, 2013. 224 с.

9. Тен Н. А., Колобанова Н. А. Поведение и психология пожарного-спасателя в ЧС // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2021. Т. 3. С. 153-154.

10. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: ФЗ от 22.07.2008 № 123-ФЗ. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/

УДК 614.841.3

ЗАЩИЩАЯ БУДУЩЕЕ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Гончарова Я. Г., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проведен анализ основных трудностей в сфере обеспечения безопасности от пожаров и в техносфере, обусловленных стремительными изменениями в обществе, связанными с развитием технологий. Исследованы системные сложности, такие как устаревание производственного оборудования, недостаточная интеграция современных цифровых решений для предотвращения чрезвычайных ситуаций, а также низкий уровень осведомленности населения о правилах безопасности. Сделан вывод о необходимости комплексного подхода, который объединит технологические новшества, законодательные нормы и социально-психологические аспекты для достижения долгосрочной и стабильной безопасности.

Ключевые слова: *пожарная безопасность, техносферные риски, предотвращение ЧС, промышленная безопасность, нормативное регулирование, технологические угрозы.*

Современное общество переживает период бурного технологического развития. Рост городов, развитие промышленности, повсеместное внедрение цифровых технологий и усложнение производственных процессов создают новую реальность, где безопасность людей становится не просто важной задачей, а фундаментальной потребностью [7]. Пожарная безопасность и безопасность в техносфере – два тесно связанных аспекта, определяющих устойчивость общества перед лицом возрастающих угроз. Их значение выходит за рамки профессиональных интересов, затрагивая стратегические вопросы национальной безопасности, сохранения окружающей среды и качества жизни.

Исторически пожарная безопасность ассоциировалась в основном с защитой от природных возгораний и бытовых пожаров [2]. Однако современный мир породил совершенно новые вызовы. Увеличение плотности застройки в крупных городах, строительство высотных зданий, концентрация опасных производств и критически важных объектов создали условия, при которых даже небольшое происшествие может привести к масштабной катастрофе.

Безопасность в техносфере, в свою очередь, охватывает более широкий спектр опасностей: от аварий на производстве до последствий внедрения цифровых технологий. Цифровизация, несмотря на свои очевидные преимущества, принесла и новые риски: кибератаки на жизненно важные объекты, сбои в работе автоматизированных систем управления, зависимость от бесперебойного энергоснабжения. Взаимосвязь этих сфер очевидна: нарушение энергоснабжения может спровоцировать пожар на промышленном предприятии, а пожар, в свою очередь, может нарушить работу цифровых систем.

Современная пожарная безопасность сталкивается с комплексом взаимосвязанных проблем [5]. Одной из наиболее острых остается несоответствие действующих норм и правил быстро меняющимся условиям. Строительные стандарты, разработанные много лет назад, зачастую не учитывают:

- использование новых горючих материалов в отделке помещений;
- особенности систем вентиляции в высотных зданиях;
- специфику эксплуатации многофункциональных комплексов.

Серьезную опасность представляет человеческий фактор. Статистика показывает, что до 70 % пожаров возникают по причине:

- неосторожного обращения с огнем;
- нарушения правил использования электроприборов;
- пренебрежения мерами предосторожности при проведении работ, связанных с открытым огнем.

Особую обеспокоенность вызывает состояние учреждений, обслуживающих население, таких как школы, медицинские учреждения и дома для пожилых людей [6]. В этих местах наблюдается сочетание нескольких опасных факторов:

- устаревшие системы защиты от пожаров;
- недостаточная готовность персонала к действиям в экстренных ситуациях;
- ограниченные возможности для эвакуации людей с ограниченной подвижностью.

Сфера техносферной безопасности сталкивается с угрозами еще более значительного масштаба и сложности. Одной из главных проблем остается накопленный за десятилетия промышленной деятельности ущерб для окружающей среды. Заброшенные горные выработки и загрязненные водоемы представляют постоянную опасность для природы и здоровья людей.

Аварии на объектах, связанных с повышенной опасностью, попрежнему являются одной из основных угроз. Причины этих аварий носят системный характер:

- износ оборудования, который в некоторых отраслях достигает 70-80 %;
- экономия на мерах безопасности;
- недостаточный контроль за соблюдением производственных норм.

Особую категорию рисков составляют транспортные происшествия. Рост объемов перевозок, использование устаревшего водного и железнодорожного транспорта, а также недостаточный контроль за транспортировкой опасных грузов создают предпосылки для крупных инцидентов с серьезными последствиями для экологии.

Современные технологии открывают новые возможности для предотвращения чрезвычайных ситуаций [4]. Системы раннего обнаружения пожаров, основанные на искусственном интеллекте, способны выявлять признаки возгорания на самых начальных стадиях, анализируя изменения температуры, состава воздуха или с помощью видеоаналитики [1].

Цифровые копии промышленных объектов позволяют:

- моделировать возможные сценарии аварий;
- прогнозировать распространение огня или опасных веществ;
- оптимизировать пути эвакуации.

Однако внедрение таких решений сталкивается с рядом трудностей:

- высокая стоимость необходимого оборудовани;
- потребность в обучении и переквалификации персонала;
- сложности с интеграцией новых систем в существующую инфраструктуру.

В области техносферной безопасности перспективным направлением становится мониторинг состояния окружающей среды с использованием [10]:

- спутниковых систем наблюдения;
- беспилотных летательных аппаратов;
- автоматизированных станций контроля качества воздуха и воды.

Эти технологии позволяют оперативно выявлять источники загрязнения и прогнозировать их распространение, но требуют значительных вложений в инфраструктуру и аналитические центры.

Существующее законодательство, регулирующее вопросы пожарной безопасности и безопасности техносферы, характеризуется разрозненностью и отсутствием единого подхода [9]. Нормативные документы различных ведомств часто содержат противоречивые требования, что затрудняет их практическое применение.

Существующая система контроля и надзора нуждается в серьезном обновлении [3]. Традиционные методы инспектирования устарели, поскольку:

- не поспевают за стремительным развитием новых технологий;
- сосредоточены на формальном соблюдении правил, а не на обеспечении реальной безопасности;
- не учитывают особенности функционирования малых предприятий и социальных учреждений.

Одной из ключевых проблем является слабая координация между различными контролирующими органами. Разрозненные действия пожарной охраны, МЧС, экологических служб и промышленных предприятий снижают эффективность профилактических мер [8].

Обеспечение безопасности невозможно только за счет технических решений. Важнейшую роль играет формирование культуры безопасности в обществе. В настоящее время наблюдается опасная тенденция:

- снижение уровня бдительности среди населения;
- пренебрежение базовыми правилами безопасности;
- недооценка потенциальных рисков в повседневной жизни.

Причинами этого явления являются:

- переизбыток информации, приводящий к привыканию к предупреждениям об опасности;
- отсутствие систематического обучения основам безопасности с раннего возраста;
- недостаточное освещение вопросов безопасного поведения в средствах массовой информации.

Особую обеспокоенность вызывает уровень подготовки специалистов. Учебные программы в вузах часто не соответствуют современным требованиям, а система повышения квалификации не обеспечивает достаточного уровня компетенций для работы с передовым оборудованием.

Вопросы пожарной и техносферной безопасности давно приобрели глобальный характер. Современные вызовы требуют унификации стандартов и совместных усилий на международном уровне в следующих вопросах:

- трансграничное распространение пожаров (например, масштабные лесные пожары);
- риски, связанные с авариями на объектах ядерной энергетики;
- загрязнение мирового океана промышленными отходами.

Международное сотрудничество осложняется следующими факторами:

- различия в национальных законодательствах;
- конкуренция на рынке технологий безопасности;
- политические разногласия, препятствующие обмену информацией.

Несмотря на это, существуют успешные примеры международного взаимодействия, такие как европейская система мониторинга лесных пожаров и международные протоколы реагирования на аварии на атомных станциях.

Для эффективного решения текущих проблем требуется всесторонний план, включающий следующие возможные мероприятия:

1. Актуализация законодательства – необходимо привести нормативные акты в соответствие с современными строительными материалами и технологиями, прогнозами развития чрезвычайных ситуаций в условиях растущих городов, а также требованиями цифровизации.

2. Инвестиции в предотвращение – важно вкладывать средства в превентивные меры, такие как модернизация противопожарных систем в социально значимых учреждениях, создание резервных мощностей для реагирования на аварии и развитие систем экологического мониторинга.

3. Развитие компетенций – необходимо повышать уровень знаний и навыков через реформу образовательных программ по безопасности, внедрение системы непрерывного профессионального развития и формирование культуры безопасности в обществе.

4. Поддержка инноваций – стимулирование новых разработок будет осуществляться через государственную поддержку проектов по раннему выявлению угроз, создание площадок для тестирования новых технологий и предоставление налоговых преференций компаниям, внедряющим системы безопасности.

5. Расширение международного партнерства – укрепление сотрудничества с другими странами предполагает унификацию стандартов безопасности, проведение совместных учений по реагированию на трансграничные чрезвычайные ситуации и обмен данными экологического мониторинга.

Поддержание пожарной и техносферной безопасности требует существенных вложений. Однако экономические расчеты ясно демонстрируют: расходы на предотвращение чрезвычайных ситуаций несоизмеримо меньше, чем затраты на устранение их последствий.

Основные финансовые трудности включают в себя:

- недостаточное финансирование превентивных мер, обусловленное краткосрочным планированием бюджетов;
- отсутствие доступных страховых программ для малых предприятий, покрывающих экологические риски;
- высокую стоимость современных систем безопасности, делающую их недоступными для некоторых организаций.

Для решения этих проблем можно предложить:

- Формирование специализированных фондов безопасности.
- Развитие сотрудничества государства и бизнеса в области защиты от чрезвычайных ситуаций.
- Стимулирование предприятий, вкладывающих средства в повышение безопасности.

В ближайшее десятилетие, в связи с развитием науки и техники, нас могут ожидать значительные трансформации в области пожарной и техносферной безопасности, ключевыми направлениями представляются:

- автоматизация и роботизация – роботы возьмут на себя тушение пожаров в опасных зонах, а беспилотники будут осуществлять мониторинг промышленных объектов;
- «умные» здания – появятся здания, способные самостоятельно диагностировать противопожарные системы и динамически корректировать планы эвакуации;
- экологические биотехнологии – микроорганизмы будут применяться для обезвреживания промышленных отходов;
- высокоточные сенсоры – квантовые технологии обеспечат сверхточное обнаружение утечек опасных веществ;
- единые платформы управления рисками – цифровые системы будут агрегировать данные со всех источников мониторинга для комплексного управления рисками.

Однако технологический прогресс требует и социальных изменений. Необходимо формирование нового, осознанного отношения к безопасности, где каждый человек понимает свою роль в предотвращении угроз.

Парадоксально, но чем сложнее становится наша техносфера, тем более уязвимым оказывается человек. Пожарная и техносферная безопасность выходят за рамки узкоспециализированных задач, становясь фундаментом устойчивого развития цивилизации.

Для решения текущих вызовов можно предложить следующие мероприятия:

- системный подход вместо разрозненных решений;
- гармоничное сочетание технологий и человеческого фактора;
- долгосрочное планирование, учитывающее глобальные тенденции;
- объединение усилий государства, бизнеса и общества.

Только такой комплексный подход позволит создать надежную систему защиты, где безопасность станет неотъемлемой частью нашей цивилизации. Инвестиции в пожарную и техносферную безопасность – это инвестиции в самое ценное, в будущее человечества.

Список использованной литературы

1. Амчеславский О. В., Селиверстов И. В. Развитие систем раннего обнаружения пожаров: современные извещатели и методы обработки информации // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. Том IV. С. 313-320.

2. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для академического бакалавриата. М.: Издательство Юрайт, 2017. 702 с.

3. Есипов Ю. В., Мишенькина Ю. С., Черемисин А. И. Модели и показатели техносферной безопасности: монография. М.: ИНФРА-М, 2020. 154 с.

4.Зиновьева О. М., Меркулова А. М., Смирнова Н. А. Управление, надзор и контроль в сфере техносферной безопасности: практикум. Москва: Издательский Дом НИТУ «МИСиС», 2019. 147 с. https://znanium.com/catalog/product/1230179

5. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Современные проблемы пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 322-326.

6. Колобанова Н. А., Мануйленко И. А. Мониторинг и прогнозирование пожарной безопасности жилых зданий // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2025. Том IV. С. 391-396.

7. Мануйленко И. А. Анализ экстремальных ситуаций аварийного и бытового характера в условиях современного мегаполиса // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2017. С. 450-457.

8. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Особенности правового регулирования независимой оценки пожарного риска // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2025. Том IV. С. 421-427.

9. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Нормативные и организационные документы по инженерной защите населения и территорий в чрезвычайных ситуациях // Научное обоснование стратегии развития АПК и сельских территорий в XXI веке: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2021. Т. 4. С. 43-49.

10. Чельдинова С. В., Источкина М. В. Использование спутникового мониторинга для оценки пожароопасной обстановки // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. Т. 3. С. 265-266.

УДК 614.841.34

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ В ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Гопия О. Г., *преподаватель*
Горбачев А. Ф., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проведено исследование эффективности системы пожарной безопасности в контексте образовательной организации. Представлен анализ текущих подходов и технологий, используемых в системах пожарной безопасности в образовательных учреждениях, с учетом специфики и требований данной области. Дана оценка существующим системам. Выявлены уязвимости и предложены мероприятий по повышению эффективности.

Ключевые слова: *пожарная безопасность, опасные производственные объекты, ОПО, интеллектуальное пожаротушение.*

Целью данного исследования является всесторонняя диагностика действующей системы противопожарной защиты в образовательной организации и формирование на этой основе пакета конкретных рекомендаций по ее совершенствованию. Методологическую основу составляет системный анализ, консолидирующий оценку трех взаимосвязанных элементов: состояния материально-технической базы, качества управленческих процедур и уровня подготовленности персонала. В процессе работы был изучен массив статистической информации по возгораниям в учебных заведениях, проведен структурный анализ существующих защитных механизмов и проверка их на соответствие действующим регламентам [1].

Рост числа образовательных учреждений напрямую повышает требования к комплексной безопасности, в которой системы противопожарной защиты играют критическую роль. Данное исследование ставит своей целью оценку текущей эффективности системы пожарной безопасности в конкретной образовательной организации и разработку практических рекомендаций по ее оптимизации [2].

В основе методологии лежит принцип системного подхода, который интегрирует анализ трех ключевых компонентов: технической инфраструктуры, организационно-управленческих процессов и человеческого фактора. В ходе работы авторами были проанализированы статистические данные по пожарам в учреждениях образования, ис-

следована архитектура существующей системы противопожарной защиты и проведен аудит ее соответствия актуальным нормативным требованиям [3].

Несмотря на эпоху развития технологий и внедрение их в систему противопожарной защиты зданий, количество пожаров не снижается, а временами даже увеличивается. Так статистика пожаров в зданиях учебно-воспитательного назначения представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение основных показателей обстановки с пожарами в зданиях учебно-воспитательного назначения, 2018-2022 гг.

Показатели / года	2018	2019	2020	2021	2022
Количество пожаров, ед.	276	340	294	345	325
Прямой материальный ущерб, тыс. руб.	64391	39233	29076	108181	93002
Погибло, чел.	0	1	1	0	12

Анализ данных свидетельствует о том, что в 2021 году зафиксировано наибольшее количество пожаров (345) за исследуемый период времени. В результате анализа данных информационных служб МЧС России, основные причины возникновения пожаров в данных организациях [6].

Анализ установленных причинно-следственных связей показывает, что подавляющее большинство возгораний обусловлено двумя ключевыми факторами: нарушениями в работе электросетей и электрооборудования (69 % случаев) и проявлениями небрежности при использовании открытого огня (19 % инцидентов). Для минимизации первой группы рисков необходимым условием является внедрение системы планово-предупредительных проверок и сервисного обслуживания электрохозяйства, что позволит существенно сократить вероятность аварийных режимов и последующих за ними пожаров [7].

Дополнительным фактором, повышающим общий уровень пожарного риска, является отсутствие в зданиях стационарных установок автоматического тушения. Наличие таких систем выполняет критически важную роль в защите жизни и здоровья людей, а также в сохранении материальных ценностей образовательных учреждений.

В анализе причин пожаров справедливо выделен «человеческий фактор» (19 % случаев). Этот аспект можно углубить, рассмотрев его в двух плоскостях.

1. Неосторожность и компетентность. Помимо небрежного обращения с огнем, к этой же категории относятся недостаточные знания о пожарной безопасности. Решением может быть не просто инструктаж, а регулярное использование VR-тренажеров, которые на 76 % повышают эффективность обучения действиям в чрезвычайных ситуациях, позволяя безопасно отработать эвакуацию [3].

2. Психологическая безопасность и деструктивное поведение: Рост числа инцидентов, включая буллинг и пронос оружия, заставил ужесточить требования к физической охране. С 2025 года для школьных охранников вводится новый стандарт экипировки, включающий бронежилеты и оружие при режиме повышенной опасности. Ваше исследование может отметить, что психологическое благополучие учащихся (снижение стресса и тревожности, которые испытывают до 40 % школьников) является не только самостоятельной целью, но и фактором, опосредованно влияющим на общую безопасность, включая пожарную [5].

Внедрение интеллектуальных комплексов безопасности, основанных на применении современных технологий, способно обеспечить как раннее обнаружение, так и оперативное предотвращение потенциально опасных ситуаций в электрических цепях до перерастания их в открытое пламя [4].

Для повышения действенности противопожарной защиты сформулирован комплекс ключевых инициатив. Внедрение программно-аппаратного комплекса «Рубеж» позволит повысить достоверность раннего обнаружения возгораний, сократить время отклика системы и минимизировать количество ошибочных тревог.

Реализация данных усовершенствований будет инициирована с этапа целевого обучения ответственного персонала принципам работы с обновленными технологическими решениями. Интеграция комплекса «Рубеж» подразумевает не только техническую модернизацию, но и сопутствующие организационные корректировки для максимально эффективного использования его функционала [6].

Программно-аппаратный комплекс «Рубеж» является современной интегрированной платформой безопасности, предназначенной для предупреждения и ликвидации последствий различных чрезвычайных происшествий, таких как пожары, нарушения в системах электроснабжения и прочие угрозы. Его основополагающий принцип заключается в глубокой взаимосвязи программных алгоритмов и аппаратных модулей, обеспечивающей своевременную идентификацию и управляемое реагирование на потенциально опасные ситуации [2].

Основными элементами «Рубежа» является система обнаружения и оповещения, система мониторинга и управления, интеграция с электроснабжением.

Внедрение «Рубежа» в Образовательные Организации имеет несколько этапов:

a) Аудит и Анализ Безопасности. Сюда относится проведение аудита текущих систем безопасности в образовательном учреждении, а также проведение анализа рисков и выявление уязвимостей.

b) Разработка Индивидуального Проекта. Разработка проекта внедрения «Рубежа» с учетом особенностей конкретной образовательной организации.

c) Установка и Настройка Оборудования: Установка датчиков, камер видеонаблюдения, системы оповещения и управляющих панелей. Настройка параметров с учетом потребностей и специфики учебного заведения.

d) Обучение Персонала: Проведение обучения персонала по работе с системой «Рубеж». Обучение по действиям в чрезвычайных ситуациях.

e) Внедрение Интеграции: Интеграция «Рубежа» с другими системами безопасности (пожаротушение, системы эвакуации и т. д.). Тестирование работы интегрированных систем.

f) Постоянное Обслуживание и Модернизация: Регулярное техническое обслуживание системы «Рубеж». Модернизация системы в соответствии с изменяющимися потребностями и технологическими требованиями.

Ожидается, что внедрение предложенных улучшений приведет к более высокой степени защиты образовательной организации от пожаров. Это также создаст базу для дальнейших исследований и разработок в области пожарной безопасности.

Исследование эффективности системы пожарной безопасности в образовательной организации позволяет выделить ключевые аспекты, требующие улучшений. Предложенные меры направлены на повышение эффективности системы и обеспечение безопасности обучающихся и персонала. Реализация предложений предоставит образовательным учреждениям возможность лучшего соответствия современным стандартам безопасности [3].

Пока вы ищете информацию, рекомендую углубить **раздел вашей статьи, посвященный организационным и психологическим аспектам внедрения,** где мои предыдущие предложения могут быть особенно полезны. Это касается следующих вопросов:

1. Регулярного обучения персонала с применением современных методов (VR-тренажеры) [1].

2. Психологической безопасности учащихся и её влияния на общую обстановку.

3. Поэтапного плана интеграции новой системы в существующие процессы [2].

Проведенный анализ позволяет утверждать, что повышение пожарной безопасности образовательных организаций требует перехода от фрагментарных мер к целостной стратегии, сочетающей строгую профилактику, регулярное обучение и передовые технологии. Предложенный план модернизации с фокусом на внедрение интеллектуального комплекса «Рубеж» направлен на создание проактивной, управляемой среды безопасности. Его реализация не только существенно повысит уровень защищенности учащихся и персонала, но и сформирует основу для адаптации к будущим вызовам и нормативам, обеспечивая долгосрочное соответствие современным стандартам [4].

Список использованной литературы

1. Беломутенко Д. В., Ежов К. В. Расчет и оценка пожарных рисков // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научнопрактической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. С. 197-201.

2. Беломутенко Д. В., Маликов Е. Р. Формирование культуры пожаробезопасного поведения населения с применением информационных технологий на территории Волгоградской области // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. Т. 1. С. 193-194.

3. Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Особенности организации программ переподготовки специалистов в сфере пожарной безопасности // Проблемы современного аграрного образования: содержание, технологии, качество: материалы научно-методической конференции. Волгоград, 2016. С. 199-201.

4. Брагина Ю. И., Илюшина А. Е. Анализ причин возникновения пожаров и снижение пожарных рисков в общеобразовательных учреждениях // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 142-143.

5. Ежов К. В. Деятельность добровольного пожарного движения студентов и школьников Волгоградской области // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2019. Т. 1. С. 176-179.

6. Источкина М. В., Беломутенко Д. В., Беломутенко С. В. Особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах образования и науки // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2013. № 1 (4). С. 133-136.

7. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Современные проблемы пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы национальной научно практической конференции. Волгоград, 2022. С. 322-326.

УДК 614.841.34

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ И ТРАДИЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

Горбачев А. Ф., *преподаватель*
Гопия О. Г., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проведен детальный сравнительный анализ традиционных и современных систем пожарной безопасности (ПБ), применяемых на опасных производственных объектах (ОПО). Рассмотрены ключевые компоненты: системы обнаружения пожара, оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ), тушения, дымоудаления и организационные аспекты. Выявлены преимущества и недостатки каждого подхода, а также тенденции интеграции технологий для создания комплексных, интеллектуальных и адаптивных систем, обеспечивающих максимальный уровень защиты персонала, материальных ценностей и окружающей среды.

Ключевые слова: *пожарная безопасность, опасные производственные объекты, ОПО, интеллектуальное пожаротушение.*

Опасные производственные объекты (ОПО) – предприятия, на которых получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются или уничтожаются горючие, окисляющие, взрывчатые, токсичные вещества. К ним относятся нефтегазохимические комплексы, шахты, металлургические заводы, склады ЛВЖ и ГЖ, объекты энергетики. Пожары на таких объектах несут катастрофические последствия: человеческие жертвы, многомиллионные материальные потери, долгосрочное экологическое повреждение [1].

Эволюция систем пожарной безопасности – это путь от реактивных, локализованных мер к проактивным, интегрированным и предиктивным комплексам. Традиционные системы, основанные на опыте и нормативных требованиях прошлых десятилетий, сталкиваются с вызовами сложности современных производств. Современные системы, использующие цифровые технологии, предлагают новый уровень контроля и управления рисками. Цель данного анализа – систематизировать различия, оценить эффективность и определить оптимальные пути развития систем ПБ на ОПО [3].

Проведенный сравнительный анализ показывает, что традиционные системы пожарной безопасности, будучи надежными и нормативно отработанными, зачастую не соответствуют уровню сложности и рисков современных ОПО. Они являются реактивными, негибкими и могут причинять значительный сопутствующий ущерб.

Анализ проводится по следующим ключевым компонентам системы пожарной безопасности: Системы обнаружения и сигнализации (АПС); Системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ); Системы автоматического пожаротушения (АУПТ); Системы противодымной защиты; Организационно-управленческие аспекты и проектирование [5].

По каждому компоненту рассматриваются: принцип действия, надежность, скорость срабатывания, адаптивность к условиям ОПО, стоимость внедрения и эксплуатации, интеграционная способность [2].

Системы обнаружения и сигнализации (АПС). Традиционный подход и его особенности. Традиционные системы базируются на проверенных, но зачастую устаревающих технологиях. В их основе лежат точечные и линейные извещатели (дымовые, тепловые, пламени), которые срабатывают по достижению заранее установленного фиксированного порога – определенной концентрации дыма или температуры окружающей среды. Они объединяются в неадресные шлейфы, где контроллер видит лишь факт срабатывания в зоне, но не точное место [4].

Принцип работы здесь реактивный – система активируется только при явном появлении признаков пожара.

Ключевые преимущества такого подхода – это простота, отработанность монтажа и обслуживания, низкая стоимость оборудования и исчерпывающая нормативная база.

Однако для опасных производственных объектов недостатки становятся критическими. Высокая частота ложных срабатываний из-за технологических процессов: пыль, пар, выхлопы, искры от оборудования могут легко спровоцировать тревогу. Задержка в обнаружении на больших площадях цехов, в помещениях с высокими потолками или сильной вентиляцией. Невозможность точной локализации очага, что затрудняет быстрое реагирование служб. Низкая устойчивость стандартных датчиков к агрессивным средам (химические пары, масла). Отсутствие встроенной самодиагностики, что приводит к скрытым отказам и необходимости планового ручного контроля.

Современный подход и его инновации. Современные системы перешли от простой сигнализации к интеллектуальному мониторингу. К ним относятся:

- адресно-аналоговые системы: каждый датчик имеет свой адрес и постоянно передает на панель контрольного прибора значение контролируемого параметра (например, уровень задымленности). Решение о тревоге принимает центральный процессор по сложным алгоритмам;

- мультикритериальные извещатели: анализируют несколько факторов одновременно (температура, дым, CO) для минимизации ложных тревог;

- аспирационные системы: активно забирают воздух из помещения через сеть труб и анализируют его в чистой камере, что позволяет обнаружить пожар на самой ранней стадии тления;

- видеодетекция пламени и дыма: использует алгоритмы компьютерного зрения для анализа видеопотока с камер наблюдения;

- беспроводные и IoT-сенсоры: упрощают монтаж на существующих объектах и расширяют сеть датчиков [6].

Принцип работы – постоянный сбор данных и их динамический анализ для выявления аномальных тенденций, характерных именно для возгорания.

Преимущества для ОПО очевидны: Сверхраннее обнаружение (особенно аспирационными системами); Высокая точность и минимум ложных тревог благодаря анализу динамики изменения параметров; Точная локализация очага вплоть до координат конкретного датчика; Устойчивое исполнение для сложных условий; Полная самодиагностика: Система сама сообщает о загрязнении датчика, его неисправности или потере связи.

Основными препятствиями для внедрения остаются высокая капитальная стоимость, потребность в высококвалифицированном персонале для настройки и обслуживания, а также повышенные требования к проектной документации [9].

Системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ). Традиционный подход: звук и базовый свет. Классические СОУЭ представлены звуковыми оповещателями (сирены, тонированные сигналы) и статическими световыми табло "Выход". Оповещение происходит по заранее заданным зонам, часто однотипно для всего объекта или его крупных секций. Управление – ручное с поста дежурного или автоматическое по сигналу от АПС.

Их сильная сторона – предельная надежность и простота, а также низкая стоимость.

Недостатки в контексте ОПО:

- отсутствие гибкости и адаптивности. Система не учитывает, где именно произошло возгорание;
- низкая эффективность в шумных цехах, где звуковой сигнал может быть не услышан;
- отсутствие интеллектуального управления потоками людей, что может привести к движению по направлению к очагу пожара или скоплению у заблокированных выходов, вызывая панику.

Современный подход: интеллектуальное управление эвакуацией. Современные СОУЭ превратились в сложную систему навигации в условиях ЧС. В них используются:

- речевое оповещение с детализацией по зонам, дающее четкие инструкции;
- динамические световые указатели, которые меняют направление стрелок в зависимости от безопасного маршрута;
- интеграция с BIM-моделью здания и СКУД для автоматической разблокировки эвакуационных путей и расчета оптимальных маршрутов [7].

Принцип работы – стратегическое управление. Получив от АПС точные координаты пожара, система в реальном времени вычисляет безопасные пути эвакуации, избегая задымленных и опасных зон, и направляет людей по ним, динамически перестраивая указатели и транслируя соответствующие речевые сообщения.

Главные преимущества:

- предотвращение паники и хаоса за счет четкого, адаптивного руководства;
- максимальная безопасность маршрутов, которые меняются по мере развития пожара (с учетом данных систем дымоудаления);
- эффективность в любых условиях, включая шумные производства.

Основной недостаток – исключительная сложность проектирования, программирования и настройки, а также зависимость от бесперебойной работы всех связанных подсистем (АПС, дымоудаление, СКУД).

Системы автоматического пожаротушения (АУПТ). Традиционный подход: проверенные, но негибкие решения. К традиционным установкам относятся:

- водяные (спринклерные и дренчерные): спринклеры срабатывают локально от теплового замка, дренчерные системы заливают всю защищаемую зону;

- пенные: для тушения ЛВЖ и ГЖ;

- газовые и порошковые: вытесняют кислород или ингибируют химическую реакцию горения;

- принцип срабатывания – по сигналу от АПС или локально (спринклер). Часто приводит к запуску тушения всей зоны, а не только очага.

Преимущества: доказанная эффективность для стандартных задач, относительно невысокая стоимость водяных систем.

Серьезные недостатки для ОПО:

- колоссальный сопутствующий ущерб. Вода и пена выводят из строя электронику и дорогостоящее технологическое оборудование. Газ требует полной герметизации помещения;

- неселективность. Тушение происходит повсеместно, что неоправданно;

- опасность для людей от газовых и порошковых агентов при задержке эвакуации;

- одноразовость и сложность восстановления. После срабатывания требуется длительная перезарядка и уборка;

- современный подход: точность и минимизация ущерба.

Современные АУПТ нацелены на точечное воздействие:

- установки тонкораспыленной воды (водяного тумана): создают плотную взвесь мельчайших капель, которые эффективно охлаждают зону горения и вытесняют кислород, почти не причиняя вреда оборудованию.

Роботизированные пожарные установки (РПУ): автоматические лафетные стволы, которые по сигналу видеодетектора или тепловизора точно наводятся на очаг и подают огнетушащее вещество.

Современные аэрозольные и гибридные системы. Принцип работы – селективное и адаптивное тушение. Система анализирует тип пожара (класс А, В, С, электрооборудование) и его локализацию, после чего применяет оптимальное средство в необходимом минимальном объеме [8].

Преимущества для ОПО: Кардинальное снижение сопутствующего ущерба, особенно от водяного тумана; Мгновенная реакция роботизированных комплексов. Повышенная безопасность для персонала за счет локальности воздействия; Высокая эффективность для специфических рисков (трансформаторы, насосные станции, склады с

высокими стеллажами); Основной барьер – очень высокая стоимость как оборудования, так и проектных работ (особенно для систем тонкораспыленной воды, требующих сложных гидравлических расчетов), а также необходимость высокотехнологичного обслуживания [3].

Организационно-управленческие аспекты и проектирование. Традиционный подход: нормативная рутина.

Проектирование: Выполняется на основе сводов правил (СП) и нормативных таблиц. Часто системы проектируются изолированно, что приводит к коллизиям на монтаже.

Управление: Разрозненные посты управления, бумажные журналы регистрации событий и эксплуатации. Реактивное реагирование на уже произошедшие инциденты.

Обучение: Стандартные инструктажи и плановые учения по типовым сценариям.

Главный недостаток – ориентация на формальное соблюдение норм, которое может не учитывать уникальную специфику объекта, и слабая координация между различными службами в условиях реальной чрезвычайной ситуации.

Современный подход: цифровизация и проактивность. Проектирование с использованием BIM (Информационное моделирование зданий): Создается точная цифровая 3D-модель объекта, в которую интегрируются все инженерные системы, включая ПБ. Это позволяет на виртуальной модели выявить и устранить все конфликты коммуникаций, провести CFD-моделирование распространения дыма и огня для оптимизации решений [10].

Управление через Единый интегрированный диспетчерский центр (ИДЦ): Все данные с АПС, АУПТ, СОУЭ, видеонаблюдения, СКУД и даже технологических систем стекаются на один монитор оператора. Это обеспечивает полную ситуационную осведомленность для принятия взвешенных решений.

Предиктивная аналитика: Система анализирует потоки данных с датчиков (вибрация, температура подшипников, утечки газов) для прогнозирования потенциально опасных ситуаций до возникновения открытого огня.

Обучение на VR-тренажерах: Позволяет отрабатывать действия в реалистичных, смоделированных на цифровом двойнике, но абсолютно безопасных условиях.

Этот подход превращает пожарную безопасность из затратной обузы в интеллектуальную систему управления рисками, обеспечивающую непрерывность производства.

Синтез: Интегрированные системы безопасности будущего. Современные тенденции ведут к стиранию границ между подсистемами и созданию Единой Интегрированной Системы Безопасности (ЕИСБ) ОПО. Ее ключевые черты [4]:

Цифровой двойник (BIM) как основа для всего жизненного цикла объекта: от проектирования и строительства до эксплуатации и модернизации. Искусственный интеллект и BigData для глубокого анализа, прогнозирования инцидентов и оптимизации всех процессов безопасности. Интернет вещей (IoT), образующий плотную сеть взаимосвязанных датчиков для полной ситуационной осведомленности.

Кибербезопасность как критически важный элемент, поскольку цифровизация увеличивает риски целевых хакерских атак на системы жизнеобеспечения предприятия.

Современные системы, основанные на цифровых технологиях, обеспечивают проактивный, адаптивный и интеллектуальный подход. Они позволяют обнаруживать угрозу на максимально ранней стадии, точно локализовать ее, управлять эвакуацией и ликвидировать очаг с минимальными последствиями. Основными барьерами для их повсеместного внедрения остаются высокая капитальная стоимость, сложность обслуживания и необходимость в пересмотре нормативной базы.

Оптимальным путем для опасных производственных объектов представляется поэтапная модернизация с созданием гибридных систем. На первом этапе внедряются адресно-аналоговая АПС и современная СОУЭ, что значительно повышает ситуационную осведомленность. На втором – интегрированные системы тушения (водяной туман, роботизированные установки) и противодымной защиты. Финальная цель – построение Единой Интегрированной Системы Безопасности на основе цифрового двойника, что превратит пожарную безопасность из затратной статьи в стратегический актив, обеспечивающий непрерывность бизнес-процессов и сохранение человеческих жизней.

Список использованной литературы

1. Беломутенко Д. В., Песков А. Е., Источкина М. В. Система нормативных правовых актов регулирующих деятельность в сфере пожарной безопасности // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2018. С. 462-468.

2. Гончарова А. Р., Пузикова А. А., Илюшина А. Е. Анализ эффективности системы оповещения при пожарах // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2025. С. 27-32.

3. Гопия О. Г., Горбачев А. Ф. Анализ систем пожаротушения на объектах с массовым пребыванием людей // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2025. С. 33-37.

4. Горбачев А. Ф., Гопия О. Г. Сравнительный анализ эффективности пассивных и активных мер защиты на опасных производственных объектах // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2025. С. 38-43.

5. Ежов К. В., Беломутенко Д. В. Оценка риска для населения от чрезвычайных ситуаций, вызванных авариями на потенциально опасных объектах или стихийными бедствиями // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2018. С. 159-162.

6. Животова Е. А., Иванова А. В., Источкина М. В. Особенности обеспечения пожарной безопасности в зданиях торгового назначения // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2019. Т. 1. С. 185-186.

7. Зародова Н. А., Ежов К. В. Причины и вероятность возникновения аварий на производстве // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2016. С. 187-189.

8. Лигун М. О., Беломутенко Д. В. Анализ устойчивого функционирования химически опасных объектов // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2020. С. 83-86.

9. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Нормативные и организационные документы по инженерной защите населения и территорий в чрезвычайных ситуациях // Научное обоснование стратегии развития АПК и сельских территорий в XXI веке: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2021. Т. 4. С. 43-49.

10. Прищепа П. В., Беломутенко С. В. Ситуационные модели наиболее опасных ЧС(Н) и их социально-экономических последствий // Наука и молодежь: новые идеи решения: материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023.С. 226-228.

УДК 614.8:665.61

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА СУШЕ И ВОДНЫХ АКВАТОРИЯХ

Епифанова Д. Ю., *преподаватель*
Гончарова А. Р., *преподаватель*
Илюшина А. Е., *старший преподаватель*
Беломутенко С. В., *доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проанализированы современные причины возникновения разливов нефти в России, включая аварии на танкерах и магистральных трубопроводов. Приведены данные МЧС о масштабных загрязнениях и сложности их ликвидации в 2023-2024 г. Рассмотрены традиционные механические, физико-химические и биологические методы устранения загрязнений. Представлены инновационные разработки.

Ключевые слова: *разливы нефти, нефтяные загрязнения, техносферная безопасность, инновационные технологии устранения загрязнений.*

В современном мире, несмотря на развитие систем промышленной безопасности и ужесточение нормативных требований, аварии, связанные с разливами нефти, продолжают представлять серьезную угрозу как водным экосистемам, там и наземным территориям [1]. По данным МЧС России, за последние годы фиксируется устойчивая тенденция: количество происшествий с разливами нефтепродуктов по стране уменьшается, однако их средняя площадь и сложность ликвидации растут, особенно при авариях на магистральных трубопроводах и нефтехранилищах [8]. В 2023-2024 годах МЧС зарегистрировало десятки инцидентов как в акваториях, так и на суше- от утечек на технологических объектах до аварий танкерного флота.

Одним из наиболее резонансных событий стал разлив 15 декабря 2024 года в Керченском проливе, когда танкер Volgoneft-212 затонул в шторм, а Volgoneft-239 получил серьезные повреждения и частичную потерю топлива. Но борту находились тысячи тонн тяжелого мазута – вязкой и трудноудаляемой фракции, которая быстро оседает, загрязняя не только поверхность воды, но и донные слои, береговую линию и прибрежные экосистемы. По данным МЧС России в операции участвовали 746 спасателей и 57 единиц техники. На береговой линии субъектов Российской Федерации работали более 314 межведомственных мониторинговых групп, обследующих 896 км побережья. В зону реагирования были переброшены группы из Ростовской области, Поволжья, Урала и Краснодарского края. Правительственная комиссия объявила режим чрезвычайной ситуации федерального уровня.

Наряду с морскими авариями особую опасность представляют и разливы нефти на суше, прежде всего – на магистральных нефтепроводах. Так, 29 января 2025 года в Татарстане произошла утечка нефтепродукта на участке трубопровода «Калтасы-Куйбышев», вследствие чего около 2000 м^2 территории было загрязнено сырой нефтью. Несмотря на относительно небольшой объем разлива, инцидент продемонстрировал уязвимость наземной инфраструктуры и сложности, связанные с рекультивацией почв, защитой грунтовых вод и предотвращение миграции углеводородов в глубокие горизонты. В отличие от аварии в акваториях, где нефть распространяется по поверхности, наземные разливы формируют трехмерное загрязнение – в почве, в подповерхностных горизонтах и в воздушной среде, что требует иных подходов, включая биоремедиацию, стабилизацию грунта и применение высокоэффективных сорбентов [4].

Сопоставление двух типов инцидентов показывает, что экологические риски сегодня усложняются «проблемами нового поколения». К ним относятся изношенность судов и трубопроводов, рост аварий в геополитически нестабильных регионах, использование тяжелых

нефтепродуктов, требующих специальных технологий сбора, а также необходимость быстрого автономного реагирования в условиях, когда промедление приводит к многократному увеличению площади загрязнения [2]. Дополнительный вызов связан с тем, что общество и регуляторы требуют не только оперативности, но и экологической чистоты методов очистки-минимизации вторичного ущерба и ускоренного восстановления экосистем.

В этих условиях развитие инновационных технологий ликвидации разливов нефти становится ключевым направлением экологической безопасности [3]. Новые решения – от роботизированных систем до наноматериалов и биоремедиирующих реагентов – открывают возможности для более эффективного, быстрого и экологически устойчивого устранения последствий аварий как на воде, так и на суше.

Ликвидация последствий разливов нефти представляют собой комплексную задачу, включающую не только экологические, но и техносферные риски. С точки зрения безопасности важно, чтобы методы сбора, локализации нефтепродуктов предотвращали возможность возгораний и минимизировали воздействие на население и инфраструктуру.

В зависимости от условий аварии, характера загрязнителя и масштаба разлива применяются различные группы технологий, которые можно классифицировать как механические, физико-химические, биологические и термические методы.

Механические методы включают боновые заграждения для локализации пятен, скиммеры и вакуумные установки для сбора нефти с воды, а также экскаваторы и грейдеры для механического удаления загрязненного грунта на суше. Физико-химические методы включают сорбенты и диспергенты, которые позволяют ускорить сбор и локализацию нефтепродуктов. Биологические методы используются для разложения нефти микроорганизмами или растениями. Термические методы применяются при сильнозагрязненных участках и включают сжигание или пиролиз нефтепродуктов, но требуют строгого соблюдения пожарной безопасности [7].

Несмотря на эффективность этих методов они имеют ограничения: механический сбор не всегда применим в труднодоступных местах, химические реагенты могут быть токсичными, биологические процессы требуют времени, а термические методы опасны. Поэтому в последние годы разработаны инновационные технологии, которые позволяют более эффективно и безопасно ликвидировать разливы нефти.

Одним из первых перспективных направлений в области современных технологий ликвидации нефтяных разливов стали автономные плавающие роботы, разработанные специалистами Массачусетского технологического института под руководством профессора Карло Ратти.

Особенностью этого проекта заключается в использовании конвейерной ленты, покрытой тонкой сеткой из нанопроволки, которая способна впитывать масло, одновременно отталкивая воду. При этом наносетка поглощает количество нефти, в двадцать раз превышающее ее собственный вес. Собранное масло аккумулируется внутри робота, где может быть удалено и сожжено в компактной энергоустановке, после чего сетку можно использовать повторно. [6] Роботы полностью автономны: он питается от солнечных панелей площадью 2 $м^2$, а навигация осуществляется с помощью GPS. В отличии от традиционных скиммеров, которые требуют присутствие персонала, роботы основаны на системе небольших агрегатов, которые ведут себя как рой и «переваривают» масло локально, работая круглосуточно без вмешательства.

Другой значимый прорыв в ликвидации нефтяных разливов связан с применением графеновых аэрогелей и композитных наноматериалов. Первые исследования аэрогелей на основе графена были проведены еще в 2013 году учеными в Китае, которые показали, что материал обладает исключительной пористостью, малым весом и способностью впитывать нефть в десятки раз превышающем собственный вес аэрогеля. В 2023 году российские исследователи разработали композитные аэрогели с добавлением тефлона, что позволило повысить их гидрофобность, долговечность и устойчивость к повторному использованию. Принцип действия графенового аэрогеля основан на его трехмерной пористой структуре и большой площадью поверхности. Гидрофобные свойства материала позволяют эффективно отталкивать воду, одновременно поглощая нефтепродукты. После насыщения аэрогель можно обработать для извлечения нефти, которая может быть утилизирована или переработана, после чего материал готов к повторному использованию. Эта особенность делает аэрогель экологически безопасным и экономически более оправданным в сравнении с одноразовыми сорбентами, уменьшая количество отходов.

Композитные аэрогели обеспечивают высокую сорбционную способность, позволяя собирать большие объемы нефти за короткое время. Они также устойчивы к механическим повреждения, что делает их пригодными для работы в сложных условиях, включая прибрежные зоны с волнами и ветром, где традиционные сорбенты быстро теряют эффективность.

В 2024 году исследователи из Пермского национального исследовательского политехнического университета разработали компактный мобильный генератор терморасширенного графита, способный производить высокоэффективный сорбент непосредственно на месте аварии. Эта технология представляет собой важный прорыв в области ликвидации разливов нефтепродуктов, позволяет существенно сократить время доставки и подготовки сорбентов к использованию в чрезвычайных ситуациях.

Терморасширенный графит получается путем нагрева кислотно-интеркалированного природного графита до температуры 900-1000°C. В результате газы, заключенные между слоями графита, резко расширяются, увеличивая объем материала в десятки раз и образуя легкий, пористый сорбент с высокой удельной поверхностью. Один грамм материала способен впитать до 100 грамм нефтепродуктов, что значительно превышает эффективность традиционных механических или сорбционных средств. Благодаря высокой пористости и химической устойчивости графит эффективно удерживает нефть и нефтепродукты, при этом не растворяясь в воде и не выделяя токсичных компонентов, что снижает риск вторичного загрязнения.

Мобильный генератор выполняет сразу несколько задач: производство сорбента в зоне аварии, устранение необходимости транспортировки, позволяет выпускать сорбент строго в нужном объеме, снижает вероятность пожаров, поскольку сорбент производится на месте, уменьшается необходимость транспортировки крупных объемов загрязненного материала, что снижает риск аварий и пожаров при перемещении нефтепродуктов.

В 2023 году исследовательская группа Московского физико-технического института представила новый тип диспергентов, специально разработанных для ускоренного разрушения нефтяной пленки на поверхности воды и более эффективного перевода нефти в мелкодисперсную эмульсию. Эта разработка стала частью крупного проекта по созданию экологически безопасных реагентов для аварийно-спасательных операций на водных акваториях и в условиях техногенных чрезвычайных ситуациях.

В основе нового диспергента лежит комбинированная формула поверхностно-активных веществ, усиленная биодоступными модификаторами, которые позволяют эффективно разрушать нефтяные пленки различного происхождения-от легких фракций до тяжелых мазутов. В отличие от традиционных диспергентов, разработка Московского физико-технического института учитывает множество внешних условий, таких как: температура воды от –2 до +30°C, различная соленость морской и пресной воды, наличие органических и минеральных примесей, степень волнения и скорость течения.

Одной из ключевых особенностей нового диспергента является его пониженная токсичность по сравнению с традиционными зарубежными аналогами. Исследования Московского физико-технического института показали, что реагент значительно быстрее разлагается в природной среде, а образующиеся в результате его работы микрокапли нефти легче подвергаются биодеструкции местными бактериями. Это делает диспергент перспективным как для оперативной ликвидации аварий, так и для минимизации последствий применения реагентов самих по себе.

Развитие технологий ликвидации разливов нефти демонстрирует переход от традиционных, энергоемких и зачастую опасных методов к высокоэффективным, автономным и экологически ориентированным решениям. Анализ современных подходов показывает, что инновации-роботизированные комплексы, наноматериалы, мобильные установки получения сорбентов, а также низкотоксичные диспергенты нового поколения-позволяют принципиально изменить стратегию реагирования на аварии как в акваториях, так и на суше.

Автономные плавающие роботы обеспечивают круглосуточный сбор нефти без непосредственного участия персонала, снижая риски для спасателей и позволяя локализовать загрязнение на ранних стадиях. Графеновые аэрогели и терморасширенный графит значительно расширяют возможности сорбционной очистки благодаря сверхвысокой емкости, многократному использованию и низкому экологическому следу. Мобильные генераторы сорбентов непосредственно на месте аварии минимизируют время реагирования. Новые диспергенты, разработанные МФТИ, дополняют общую систему, обеспечиваю ускоренную биодеструкцию нефти и возможности комбинирования с механическими методами.

В совокупности все эти решения формируют целостную многоуровневую систему, ориентированную на снижение техносферных и экологических рисков, повышение оперативности и эффективности работы аварийно-спасательных служб.

Список использованной литературы

1. Беломутенко Д. В., Никулин А. О. Применение информационно аналитических технологий в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. С. 243-245.

2. Гопия О. Г. Актуальные проблемы при ликвидации ЧС // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 157-162.

3. Дмитриев В. Г., Беломутенко С. В. Анализ технологий и способов сбора разлитой нефти на складах нефтепродуктов // Новое поколение выбирает науку: материалы XI Регионального научно-исследовательского конкурса среди старшеклассников и обучающихся профессиональных образовательных организаций Волгоградской области. Волгоград, 2020. С. 120-121.

4. Илюшина А. Е., Беломутенко С. В. Анализ пожароопасных ситуаций при разливе нефтепродуктов // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2024. С. 24-30.

5. Маковкина Л. Н., Сорокина Е. И. Прогнозирование, оценка и предупреждение ЧС // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2021. Том V. С. 290-295.

6. Мануйленко И. А. Современные средства и методы ликвидации аварийных разливов нефти // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: Международный научно-практический форум. Волгоград, 2019. С. 304-309.

7. Нечепуренко Н. А., Колобанова Н. А. Актуальные вопросы техносферной безопасности предприятий нефтегазовой отрасли // Новые технологии в газовой отрасли: опыт и преемственность: тезисы докладов XII Молодежной международной научно-практической конференции. Москва: ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 2024. С. 133.

8. Чернованов А. А., Колобанова Н. А. Влияние на экологию нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности // Наука и молодѐжь: новые идеи и решения: материалы XIX международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. Ч. 1. С. 191-192.

УДК 614.841.2

АЛГОРИТМ УСТАНОВЛЕНИЯ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЙ СВЯЗИ НАРУШЕНИЙ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СКЛАДСКИХ ЗДАНИЯХ ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ ПОЖАРОВ

[1]**Заичкина М. А.,** *старший преподаватель*
[2]**Лаптик А. В.,** *магистрант*
[2]**Малько В. А.,** *канд. техн. наук, доцент*

[1]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия
[2]ФГБОУ ВО Академия ГПС МЧС России
г. Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена актуальная проблема установления причинно-следственной связи между нарушениями требований пожарной безопасности и возникновением пожаров в складских зданиях. Предложен алгоритм, позволяющий систематизировать действия при расследовании пожаров, выявить факторы, способствующие возникновению и развитию пожара, а также установить причинно-следственную связь между нарушениями и наступившими последствиями.

Ключевые слова: *пожарная безопасность складских зданий, требования пожарной безопасности, государственный пожарный надзор.*

Первый и крайне важный шаг установления причинно-следственной связи нарушений требований пожарной безопасности в складских зданиях при расследовании пожаров – это детальный осмотр места происшествия сразу после тушения пожара. На этом этапе необходимо зафиксировать абсолютно все: общую обстановку, положение сгоревших конструкций, расположение остатков материалов. Фото- и видеосъемка обязательны. Необходимо составить подробную схему места пожара, отмечая расположение объектов, оборудования и эвакуационных путей. Параллельно проводится опрос

свидетелей – персонала склада, охранников, пожарных, если это возможно, чтобы понять последовательность событий, предшествовавших пожару, и как он развивался. Собирается вся доступная документация: планы эвакуации, сведения о хранимых материалах, акты проверок пожарной безопасности, журналы технического обслуживания оборудования. Важно изучить все доступные записи с камер видеонаблюдения. Задача этапа – сформировать максимально полную картину произошедшего.

Следующий этап – выявление нарушений требований пожарной безопасности (далее – НТПБ). На этом этапе необходимо сопоставить собранную информацию с нормативными документами в области пожарной безопасности: федеральными законами, сводами правил, национальными стандартами и другими нормативными актами. Необходимо выявить любые несоответствия фактического состояния склада требованиям пожарной безопасности [7]. Особое внимание следует уделить следующим аспектам:

- состояние электропроводки и электрооборудования;
- наличие и работоспособность систем автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения;
- состояние эвакуационных путей и выходов;
- соблюдение правил хранения материалов;
- наличие и исправность первичных средств пожаротушения, а также порядок проведения огневых работ.

Все выявленные нарушения должны быть задокументированы с указанием пунктов нормативных документов, которые были нарушены.

Далее определяется очаг пожара и пути распространения огня. Очаг пожара, как правило, характеризуется максимальными разрушениями и наиболее интенсивным горением. Важно учитывать показания очевидцев, следы горения, направление распространения огня и другие факторы. После определения очага необходимо проанализировать пути распространения огня. Ответы на ниже представленные вопросы помогут понять, как разворачивались события и какие факторы повлияли на развитие пожара:

- Как огонь распространялся по зданию?
- Какие материалы способствовали распространению огня?
- Были ли на пути огня какие-либо препятствия (например, противопожарные преграды)?

Затем следует этап анализа возможных причин возникновения пожара. На этом этапе рассматриваются все возможные причины возникновения пожара, от самых очевидных до самых маловероятных. К наиболее распространенным причинам относятся: поджог, неосторожное обращение с огнем (курение, сварочные работы), аварийные режимы работы электрооборудования (короткое замыкание, перегрузка), са-

мовозгорание материалов, разряды статического электричества. Важно учитывать не только прямые причины, но и факторы, способствовавшие возникновению пожара, например, несоблюдение правил пожарной безопасности, отсутствие контроля за электрооборудованием.

После завершения вышеуказанных этапов происходит оценка влияния выявленных НТПБ на возникновение и развитие пожара. На этом этапе необходимо оценить, как выявленные нарушения требований пожарной безопасности могли повлиять на возникновение и развитие пожара. Каждое нарушение рассматривается в контексте конкретного пожара:

- Могло ли данное нарушение стать причиной возникновения пожара?
- Способствовало ли оно быстрому распространению огня?
- Затруднило ли оно обнаружение и тушение пожара?

Например, если система автоматической пожарной сигнализации была неисправна, это могло привести к позднему обнаружению пожара и увеличению ущерба. Если эвакуационные пути были заблокированы, это могло затруднить эвакуацию людей и привести к травмам и жертвам. Важно оценить вклад каждого нарушения в общую картину произошедшего.

На последнем этапе устанавливается причинно-следственная связь. Итоговый этап, на котором необходимо установить причинно-следственную связь между выявленными нарушениями требований пожарной безопасности и возникновением или развитием пожара:

- определяются нарушения, которые стали непосредственной причиной пожара;
- выявляются нарушения, которые не стали прямой причиной пожара, но существенно способствовали гибели людей или увеличению ущерба.

Важно, чтобы причинно-следственная связь была четко обоснована и подтверждена собранными доказательствами и заключениями экспертов. На основании установленной причинно-следственной связи можно определить виновных лиц и привлечь их к ответственности.

В таблице 1 наглядно представлен алгоритм установления причинно-следственной связи нарушений требований пожарной безопасности в складских зданиях при расследовании пожаров по этапам.

Данная таблица является сжатым представлением подробного алгоритма. Каждый этап алгоритма имеет решающее значение, так как неполное или некачественное выполнение одного этапа может привести к неправильным выводам и, как следствие, к неверному установлению причинно-следственной связи.

Таблица 1 – Этапы алгоритма установления причинно-следственной связи нарушений требований пожарной безопасности в складских зданиях при расследовании пожаров [1]

Этап	Наименование	Описание
1	Первичный осмотр места пожара и сбор информации	Фиксация обстановки, опрос очевидцев, сбор информации о планировке, материалах, системах
2	Выявление нарушений требований пожарной безопасности (НТПБ)	Сопоставление фактического состояния с требованиями нормативных документов
3	Определение очага пожара и путей распространения огня	Установление места возникновения и анализ путей распространения огня
4	Анализ возможных причин возникновения пожара	Рассмотрение всех возможных причин: поджог, неосторожность, аварийный режим и т. д.
5	Оценка влияния выявленных НТПБ на возникновение и развитие пожара	Оценка влияния каждого НТПБ на вероятность возникновения, скорость распространения, обнаружение
6	Установление причинно-следственной связи	Определение НТПБ, ставших причиной или существенно способствовавших развитию пожара

Рассмотрим на примере алгоритм установления причинно-следственной связи нарушений требований пожарной безопасности в складских зданиях при расследовании пожаров. Допустим, на складе ООО "ХимТорг", предназначенном для хранения лакокрасочных материалов и растворителей, произошел пожар в рабочее время. Персонал склада предпринял попытки тушения пожара первичными средствами, но безуспешно. Прибывшие пожарные подразделения ликвидировали возгорание. В результате пожара полностью уничтожена хранившаяся продукция и частично разрушены несущие конструкции здания. Один сотрудник получил ожоги. Автоматическая пожарная сигнализация сработала, система пожаротушения активировалась, но оказалась неэффективной [3].

Проработка алгоритма:

Этап 1: Первичный осмотр места пожара и сбор информации.

- Фиксация обстановки: склад представляет собой одноэтажное здание из металлических конструкций. Большая часть склада выгорела, разрушены стеллажи, остатки лакокрасочных материалов разбросаны по всей площади. Чувствуется сильный запах растворителей.

- Фото- и видеосъемка: сделаны снимки и видеозапись общего вида склада, очага возгорания, повреждений конструкций, расположения остатков материалов.

- Схема места пожара: составлена схема с указанием расположения очага пожара, стеллажей, вентиляционных шахт, эвакуационных выходов, пожарного гидранта.

- Опрос свидетелей: опрошены сотрудники склада и пострадавший. Они сообщили, что пожар начался во время переливания растворителя из бочки в меньшую тару. Произошло воспламенение паров растворителя. Попытки потушить пожар огнетушителями не увенчались успехом из-за быстрого распространения огня.

- Сбор документации. Получены и изучены:

А) План эвакуации.

Б) Сведения о хранимых материалах (паспорта безопасности, сертификаты соответствия).

В) Акты проверок пожарной безопасности за последний год.

Г) Журнал технического обслуживания системы автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения.

Д) Наряд-допуск на проведение огневых работ (отсутствует).

Ж) Договор на обслуживание системы пожарной сигнализации и пожаротушения.

З) Инструкции по пожарной безопасности для персонала.

Этап 2. Выявление нарушений требований пожарной безопасности (НТПБ). Одним из условий оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности является соблюдение всех требований технического регламента о требованиях пожарной безопасности и нормативных документов по пожарной безопасности [2].

При анализе собранных данных выявлены следующие нарушения:

- Пункт 406 Правил противопожарного режима в Российской Федерации [6]: не обеспечено наличие на складе разработанной и утвержденной инструкции о мерах пожарной безопасности для каждого складского помещения.

- Пункт 397 Правил противопожарного режима в Российской Федерации [6]: не организовано проведение противопожарного инструктажа для работников склада.

- Пункт 412 Правил противопожарного режима в Российской Федерации [6]: при переливании горючих жидкостей не были приняты меры защиты от статического электричества (заземление тары, использование антистатической тары).

- Пункт 403 Правил противопожарного режима в Российской Федерации: эксплуатация электрооборудования склада производилась с нарушением требований (отсутствовали защитные кожухи на светильниках, повреждена изоляция проводов) [6].

- Статья 6 Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [5]: на складе не обеспечено наличие системы автоматического пожаротушения, соответствующей пожарной опасности хранимых материалов (при применении установка с водяным орошением).

Этап 3: Определение очага пожара и путей распространения огня:

- Очаг пожара: определен в зоне переливания растворителя, рядом с бочкой и электрооборудованием.

- Пути распространения огня: огонь быстро распространялся по всей площади склада, чему способствовали легковоспламеняющиеся материалы и отсутствие противопожарных преград. Вентиляционные шахты усилили тягу и способствовали распространению дыма и огня. Обрушение конструкций привело к дальнейшему распространению пламени.

Этап 4: Анализ возможных причин возникновения пожара.

Рассмотрены следующие возможные причины:

- Воспламенение паров растворителя от статического электричества: наиболее вероятная причина, учитывая показания свидетелей и отсутствие мер защиты от статического электричества при переливании.

- Воспламенение паров растворителя от искры электрооборудования: вероятная причина, учитывая нарушения правил эксплуатации электрооборудования и близость очага к электрощиту.

- Поджог: маловероятен, отсутствуют признаки взлома и мотивы.

Непосредственная причина пожара: воспламенение паров растворителя в результате отсутствия мер защиты от статического электричества при переливании (нарушение п. 412 ППР в РФ [6]) и/или от искры неисправного электрооборудования (нарушение п. 403 ППР в РФ [6]).

- Нарушения, способствовавшие развитию пожара и увеличению ущерба:

А) Недостаточно эффективная система автоматического пожаротушения (не соответствующая требованиям, согласно ст. 6 123-ФЗ [5]). Это способствовало быстрому распространению огня.

Б) Отсутствие противопожарного инструктажа у персонала, что привело неправильным действиям в первые минуты возгорания. Несвоевременной эвакуации.

В) Отсутствие должного надзора от лиц, отвечающих за соблюдение правил пожарной безопасности.

Причинно-следственная связь в данном случае следующая: нарушение требований пожарной безопасности при переливании легковоспламеняющихся жидкостей и/или нарушение правил эксплуатации электрооборудования привели к воспламенению паров растворителя. Недостаточно эффективная система пожаротушения способствовала быстрому распространению огня и полному уничтожению склада. Отсутствие должного инструктирования персонала сказалось на четкости действий в экстремальной ситуации.

Таким образом, в статье подробно описан структурированный алгоритм установления причинно-следственной связи между нарушениями требований пожарной безопасности и пожарами в складских зданиях. Этот подход, разделенный на шесть последовательных этапов, подчеркивает важность тщательного сбора доказательств и их анализа для объективного расследования, минимизации ошибок и привлечения виновных к ответственности. Начиная с первичного осмотра места происшествия – фиксации обстановки, опроса свидетелей и сбора документов, – алгоритм обеспечивает полную картину событий. Далее следует выявление НТПБ через сопоставление с нормативными актами, такими как Правила противопожарного режима и Федеральный закон № 123-ФЗ, с акцентом на ключевые аспекты: электропроводку, системы сигнализации, эвакуационные пути и хранение материалов. Определение очага пожара и путей его распространения, анализ возможных причин (от поджога до самовозгорания) и оценка влияния каждого нарушения на возникновение, распространение и тушение огня позволяют перейти к финальному этапу– установлению прямой или косвенной связи НТПБ с ущербом, включая гибель людей или материальные потери.

Пример расследования пожара на складе ООО "ХимТорг", где возгорание произошло при переливании растворителя, иллюстрирует практическое применение алгоритма. Первичный осмотр выявил разрушения стеллажей и остатки горючих материалов, опрос свидетелей указал на момент воспламенения паров, а собранная документация (от планов эвакуации до актов проверок) подтвердила отсутствие наряда-допуска на огневые работы. Выявленные НТПБ, включая несоблюдение мер защиты от статического электричества (п. 412 ППР РФ), отсутствие инструкций по пожарной безопасности (п. 406 ППР РФ) и неэффективную систему пожаротушения (ст. 6 ФЗ № 123-ФЗ), напрямую связаны с быстрым распространением огня и неудачными попытками тушения, что привело к уничтожению продукции, повреждению конструкций и травмам персонала. Автоматическая сигнализация сработала, но неэффективность тушения усугубила ущерб, подчеркивая роль неисправного оборудования.

В целом, алгоритм демонстрирует, что неполное выполнение любого этапа может исказить выводы, приводя к несправедливым решениям. Он способствует не только расследованию, но и профилактике: регулярные проверки и обучение персонала минимизируют риски. Рекомендуется интегрировать этот алгоритм в стандартные процедуры пожарных инспекций для повышения общей безопасности.

Список использованной литературы

1. Алексеева Л. Н. Система информационной безопасности органов государственной власти как основа современного государственного управления // Вестник Университета. 2015. № 13. С. 5-9.

2. Лобаев И. А., Малько В. А., Плешаков В. В., Ходикова Н. А., Чепракова В. Р. Причинно-следственная связь между нарушениями требований пожарной безопасности и последствиями пожара как предмет судебной пожарно-технической экспертизы // Пожары и ЧС. 2024. № 2. С. 126-135.

3. Лобаев И. А., Плешаков В. В. Особенности применения требований пожарной безопасности в условиях риск-ориентированной модели деятельности // Пожары и ЧС. 2023. № 2. С. 121-130.

4. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации: постановление Правительства РФ от 16.09.2020 N 1479 (ред. от 03.02.2025). https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_363263

5. Пучков А. Ю., Соколов А. М., Широков С. С., Прокимнов Н. Н. Алгоритм выявления угроз информационной безопасности в распределенных мульти сервисных сетях органов государственного управления // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 2. С. 85-102.

6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: ФЗ от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 25.12.2023). https://www.consultant.ru/ document/cons_doc_LAW_78699/

7. Rogers M. K. The Role of Digital Forensics in Fire and Arson Investigations // Journal of Digital Forensic Practice. 2004. V. 1. No 2. Pp. 123–132.

УДК 614.842:665

ПРОБЛЕМЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ С ХРАНЕНИЕМ ЛЕГКОВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ И ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

Илюшина А. Е., *старший преподаватель*
Беломутенко С. В., *канд. техн. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Тушение пожаров на предприятиях нефтехимической промышленности и в резервуарах с нефтепродуктами – одна из актуальных и сложных задач. Пожары в резервуарах по хранению легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей, характеризуются сложными процессами развития, как правило, носят затяжной характер и требуют привлечения большого количества сил и средств для их ликвидации.

Ключевые слова: *тушение пожаров, огнетушащие средства, легковоспламеняющиеся жидкости, горючие жидкости, нефтепродукты.*

Объекты хранения таких веществ представляют собой повышенную опасность ввиду особенностей горения и распространения пламени, что требует особого подхода и технологий для эффективного предотвращения и ликвидации возгораний.

Проблемы тушения пожаров на объектах с хранением легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ) являются одними из наиболее сложных и опасных задач пожаротушения. Объекты хранения таких веществ представляют собой повышенную

опасность ввиду особенностей горения и распространения пламени, что требует особого подхода и технологий для эффективного предотвращения, и ликвидации возгораний.

В практике тушения пожаров с ЛВЖ и ГЖ и на различных объектах широко используется воздушно-механическая пена (ВМП).

В отдельных гарнизонах пожарной охраны в пожарном расчете находятся автомобили пенного тушения, а также автоцистерны, полностью заправленные пенообразователем, которые предусматриваются в расписании выездов и могут быть направлены по первому сообщению о пожаре на указанных объектах.

При горении легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ) скорость распространения горения по их поверхности зависит от температуры нагрева жидкости и температуры вспышки (например, при температуре 20°С у этилового спирта она составляет 22,8 м/мин, а у толуола 50,4 м/мин).

Основные проблемы тушения пожаров на объектах с хранением легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ):

1. Особенности возгорания и распространение огня.

Легковоспламеняющиеся жидкости обладают низкой температурой вспышки и легко образуют взрывоопасные смеси с воздухом. Это создает риск быстрого распространения пожара и взрыва даже при незначительных повреждениях резервуаров или емкостей.

2. Сложность локализации очага возгорания.

Из-за свойств жидких горючих материалов огонь быстро распространяется по поверхности жидкости, образуя обширные зоны горения. Локализация такого пожара представляет значительные трудности, особенно при наличии открытых поверхностей и больших объемов хранимых веществ.

3. Риск повторного воспламенения.

Даже после успешного подавления открытого пламени существует высокий риск повторного воспламенения вследствие наличия паров и остаточных очагов горения внутри емкости. Для полного устранения угрозы необходимы специальные методы охлаждения и дегазации.

4. Необходимость специализированных технических средств

Для борьбы с такими пожарами требуются специализированные огнетушащие вещества, оборудование и техника, способные эффективно воздействовать на горящие жидкости и предотвращать повторное возгорание. Использование традиционных методов и средств часто оказывается неэффективным.

5. Экологические последствия.

При пожаре на объектах хранения ЛВЖ и ГЖ велика вероятность загрязнения окружающей среды токсичными веществами и продуктами сгорания. Оперативное реагирование и применение современных методик позволяют минимизировать экологический ущерб [8].

Для успешного тушения пожаров в резервуарных парках хранения ЛВЖ и ГЖ необходимо проводить ряд мероприятий, в том числе создавать запасы пенообразующих средств, разрабатывать планы тушения пожаров, совершенствовать тактическую выучку личного состава пожарных частей [7].

Влияние добавок в горючем. Некоторые добавки, например, полярные жидкости, взаимодействуют с пенообразователем и разрушают пену, в результате чего тушение пожара малоэффективно.

Пожары в резервуарных парках хранения ЛВЖ, ГЖ характеризуются:

- разрывами резервуаров, вскипанием и выбросом нефтепродуктов;
- образованием в результате обрушения кровли в резервуаре зон, затрудняющих подачу огнетушащих веществ;
- быстрым развитием и распространением огня по технологическим лоткам, канализационным и другим системам;
- изменениями направлений потоков продуктов горения и теплового воздействия в зависимости от метеоусловий.

При разведке пожара, кроме выполнения общих задач разведки, необходимо установить:

- количество и вид ЛВЖ и ГЖ в горящем и соседних резервуарах, уровня заполнения, наличие водяной подушки, характер разрушения крыши резервуаров;
- состояние обвалования, угрозу повреждения смежных сооружений при выбросах или разрушениях резервуара, пути возможного растекания жидкостей;
- наличие и состояние производственной и ливневой канализации, смотровых колодцев и гидрозатворов;
- возможность откачки или выпуска нефтепродуктов из резервуаров и заполнения их водой или паром;
- наличие и состояние установок и средств пожаротушения, водоснабжения и пенообразующих веществ, возможность быстрой доставки пенообразующих веществ с соседних объектов.

Руководитель тушения пожара (РТП) в первую очередь при тушении пожара на объекте с хранением ЛВЖ и ГЖ обязан:

- организовать требуемое охлаждение горящего и соседних с ним резервуаров;
- создать на месте пожара оперативный штаб тушения пожара с обязательным включением в его состав представителей администрации и инженерно-технического персонала объекта;
- лично с помощью специально назначенных работников объекта и противопожарной службы принять меры к обеспечению необходимых требований техники безопасности;

- организовать подготовку пенной атаки;

- создать второй рубеж защиты по обвалованию соседних резервуаров с установкой пожарных автомобилей на дальние водоисточники и прокладкой резервных рукавных линий с подключенными стволами и пеногенераторами.

Первоочередными действиями подразделений при тушении пожаров в резервуарах является подача водяных стволов, а также включение стационарных установок для охлаждения горящего, а при необходимости и соседних резервуаров [6].

Первые стволы подаются на охлаждение горящего резервуара, а затем на охлаждение и защиту всех соседних резервуаров с учетом направления ветра и находящихся от горящего до двух нормативных расстояний. На горящий резервуар первые стволы необходимо подавать на наветренный и подветренный участки стенки резервуара.

Для охлаждения горящего и соседних резервуаров, а также для защиты арматуры железобетонных резервуаров необходимо применять лафетные стволы и стволы «РС-70» [3]. Охлаждение резервуаров объемом 10000 $м^3$ и более целесообразно осуществлять лафетными стволами.

Количество стволов определяется расчетом, но не менее двух для не горящего резервуара и не менее трех для горящего резервуара. Расчет для не горящих резервуаров ведется на половину периметра резервуара. При пожарах в подземных железобетонных резервуарах струями воды охлаждается только дыхательная и другая арматура, установленная на крышах соседних заглубленных железобетонных резервуаров.

При горении нефтепродукта в обваловании охлаждения стенки резервуара, находящейся непосредственно в зоне, взаимодействия пламени, осуществляется из лафетных стволов. При этом необходимо охлаждать узлы управления коренными задвижками, хлопушками, а также фланцевые соединения. В период пенной атаки необходимо охлаждать всю поверхность нагревшихся стенок резервуара и более интенсивно в местах установки пеноподъемников [5]. После того, как интенсивность горения в резервуаре будет снижена, водяные струи следует направлять на стенки резервуара на уровне нефтепродукта в нем и несколько ниже уровня для охлаждения верхних слоев горючего. Охлаждаются резервуары непрерывно до ликвидации пожара и их полного остывания.

РТП лично контролирует ход подготовки пенной атаки, определяет места установки пеноподъемников, проверяет правильность расчетных данных на проведение пенной атаки [1].

Для предупреждения повторного воспламенения нефтепродукта подачу пены в резервуар необходимо продолжить в течение 3-5 минут после прекращения горения. Охлаждение стенок резервуара необхо-

димо продолжать до полного их остывания с расчетной интенсивностью. Если в течение 30 минут с начала пенной атаки горение не ликвидировано, то следует прекратить подачу пены и выяснить причины.

В случае горения нескольких резервуаров и при недостатке сил и средств для одновременного тушения все силы и средства сконцентрировать на тушение одного резервуара, расположенного с наветренной стороны, или того резервуара, пожар которого больше всего угрожает соседним не горящим резервуарам. После ликвидации на нем пожара перегруппировать силы и средства для ликвидации горения на последующих резервуарах. Тушение начинать с того резервуара, который больше всего угрожает соседним, не горящим резервуарам, технологическому оборудованию, зданиям и сооружениям [4].

При недостатке сил и средств в целях сохранения ЛВЖ и ГЖ (в исключительных случаях) производить контролируемую откачку их с одновременным охлаждением стенок резервуара.

В случае горения ЛВЖ и ГЖ в образовавшихся «карманах» резервуара применять пенные или порошковые стволы, которые необходимо подавать в отверстия, проделанные в стенке резервуара.

При комбинированном тушении «порошок-пена» горение ликвидируется порошком, затем подается пена для предотвращения повторного воспламенения.

В целях своевременного принятия мер к предупреждению выброса при горении в резервуаре темных нефтепродуктов непрерывно наблюдать за прогревом нефтепродуктов и наличием на дне резервуара воды, периодически производить ее откачку (спуск).

Не допускать в опасную зону (в обвалование) личный состав пожарных частей, обслуживающий персонал объекта, не занятый на тушении, смену стволыциков производить не одновременно, с тем чтобы как можно меньше людей находилось в опасной зоне (в обваловании).

Обозначить периметры горящего и соседних резервуаров при горении ЛВЖ и ГЖ в подземных резервуарах.

Для защиты личного состава работающего со стволами использовать теплоотражающие костюмы.

Сигнал на эвакуацию личного состава при возникновении угрозы вскипания или выброса подавать продолжительной сиреной от пожарного автомобиля по приказу РТП или оперативного штаба пожаротушения. Все сигналы на пожаре должны принципиально отличаться от сигнала на эвакуацию.

На резервуарах с плавающей крышей в начальной стадии пожара при горении нефтепродукта в зазоре между стенкой резервуара и краем плавающей крыши к тушению следует приступать немедленно независимо от количества прибывших сил и средств [2].

При опорожнении емкостей по возможности предусмотреть их заполнение инертным газом.

При пожаре возможны:

- мощное тепловое излучение в окружающую среду;
- угроза выхода большого количества горящего продукта, перехода горения в обвалование и на соседние резервуары вследствие вскипания или выброса, разрушения резервуара, нарушения герметичности задвижек и фланцевых соединений, по канализационной и другим системам, а также по технологическим лоткам;
- образование зон (карманов) в результате деформации стен резервуара, обрушения или перекоса крыши (понтона), куда затруднена подача огнетушащих веществ;
- изменение направлений потоков продуктов горения и теплового воздействия в зависимости от метеоусловий.

При ведении боевых действий необходимо: установить продолжительность пожара к моменту прибытия пожарных подразделений и характер разрушений резервуара; установить количество и вид ЛВЖ и ГЖ в горящем и соседнем резервуарах, уровни заполнения, наличие водяной подушки (подтоварной воды); задействовать стационарные установки пожаротушения и средства охлаждения; оценить возможность и ориентировочное время вскипания или выброса горящего нефтепродукта; установить состояние обвалования, угрозу повреждения смежных сооружений при выбросах или разрушениях резервуара, пути возможного растекания продукта, учитывая рельеф местности; установить наличие и состояние производственной и ливневой канализации, смотровых колодцев и гидрозатворов; выяснить целесообразность и возможность откачки или выпуска нефтепродуктов из резервуаров, заполнения резервуара водой, инертным газом или паром; установить наличие, состояние, возможность использования установок и средств пожаротушения, систем водоснабжения и пенообразующих веществ; выяснить возможность откачки или дренажа донной воды из горящего резервуара; определить возможность быстрой доставки пенообразующих веществ с соседних объектов; организовать охлаждение стволами с большим расходом горящего и негорящих резервуаров; определить очередность охлаждения соседних с горящим резервуаров в зависимости от направления ветра и вида хранимого в них продукта; создать оперативный штаб тушения пожара с обязательным включением в его состав представителей администрации и инженерно-технического персонала объекта; организовать подготовку пенной атаки; принять меры к обеспечению выполнения требований охраны труда, лично РТП и с помощью специально назначенных работников объекта и ГПС; определить тактику тушения, учитывая вид пожара, наличие противопожарной техники и пожарно-технического вооружения, огнетушащих веществ, наличие и состояние стационарных систем пожаротушения [3].

Использовать следующие тактические приемы:

- подача пены средней кратности с помощью пеноподъемников, приспособленной для этого техники или при наличии стационарных средств подачи пены;

- подача пены низкой кратности на поверхность горючей жидкости с помощью лафетных стволов или мониторов;

- подача пены низкой кратности в слой горючей жидкости (при наличии смонтированной системы подслойного пожаротушения);

- охлаждать арматуру, установленную на крышах, при пожарах в подземных железобетонных резервуарах;

- охлаждать при горении нефтепродукта в обваловании узлы управления задвижками, а также фланцевые соединения;

- использовать на затяжных пожарах воду, скопившуюся в обваловании;

- назначить ответственных за отключение резервуаров и коммуникаций, охлаждение горящих и соседних резервуаров, обеспечение работы и обслуживания пенопадающих механизмов;

- обеспечить персоналу доступ под защитой стволов к запорной арматуре для перекрытия и прекращения подачи нефти и нефтепродуктов и горючих газов в зону горения;

- начинать подачу пены или огнетушащего порошка только после того, как подготовлено полное расчетное количество средств (с учетом резерва и продолжительности горения) для тушения и охлаждения резервуаров.

- при горении нефти и нефтепродуктов в обваловании или в зазоре плавающей крыши немедленно вводить пенные стволы;

Таким образом, эффективное тушение пожаров на объектах с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями требует комплексного подхода, включающего использование специальных технологий, подготовку персонала и постоянное совершенствование оборудования и методов пожаротушения.

Проблемы по тушению пожаров на объектах с хранением ЛВЖ и ГЖ, в настоящее время очень частые, и необходимость правильного тушения пожара на таких объектах очень высокая.

Список использованной литературы

1. Гопия О. Г., Кузьмин С. С. Актуальные проблемы тушения резервуаров в условиях низких температур // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 218-223.

2. Гопия О. Г., Беломутенко И. Д. Взрывы на химических предприятиях // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2016. С. 174-175.

3. Журавлева Т. С., Илюшина А. Е. Основные аспекты боевого развертывания сил и средств на месте тушения пожара // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. С. 274-276.

4. Илюшина А. Е., Беломутенко С. В. Организация взаимодействия сил при ликвидации ЧС // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2021. С. 62-64.

5. Источкина М. В., Епифанова Д. Ю. Проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов и населенных пунктов // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 188-190.

6. Касьянов В. С., Беломутенко С. В. Анализ основных способов и методов снижения пожарного риска на АЗС // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2021. С. 69-71.

7. Климов Я. С., Горбачев А. Ф. Особенности тушения горючих и легковоспламеняющихся жидкостей // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. С. 189-191.

8. Лигун М. О., Беломутенко С. В. Анализ устойчивого функционирования химически опасных объектов // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2020. С. 83-86.

УДК 614.844

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНЕРТНОГО ГАЗА ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРА

Карачихин С. В., *преподаватель*
Пузикова А. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены особенности использования инертных газов для тушения пожаров. Описан принцип действия данный установок. Изучено устройство автоматизированных систем газового пожаротушения, рассмотрены особенности интеграции систем пожаротушения инертным газом, названы преимущества и недостатки.

Ключевые слова: *пожарная безопасность, инертный газ, ингибирование, системы пожаротушения, пожаротушение*.

Пожаротушение при помощи инертных газов – современный и надёжный способ ликвидации пожара. Данный способ является наиболее востребованным среди прочих. Среди огнетушащих средств можно выделить такие инертные газы как аргон, хладон, азот, углекислый газ, аргонит, инерген, Novec. Использование такого способа тушения наиболее целесообразно в замкнутых пространствах. Газ в таких установках может быть направлен на вытеснение кислорода,

участвующего в горении, замедление реакции горения и охлаждение очага возгорания. На основании вышесказанного можно разделить огнетушащие газы на три больших группы:

– газы-вытеснители, направленные на понижение концентрации кислорода в помещении (углекислый газ, азот (IG-100), аргон (IG-01), аргонит (IG-55), инерген (IG-541);

– газы-ингибиторы, замедляющие реакцию горения (хладон 114 В2, хладон 13В1, хладон 227 еа, хладон 23, хладон 318 Ц);

– газы-охладители, направленные на понижение температуры очага: хладон ФК-5-1-12 (Novec 1230).

Также эти газы демонстрируют похожесть механизма тушения: например, газы-ингибиторы могут немного отводить тепло от очага возгорания, а газы-охладители могут проявлять себя как ингибиторы, в то время как газы-вытеснители могут проявлять свойства охладителей.

Принцип тушения именно инертными газами базируется на снижении концентрации кислорода. Уровень кислорода снижается до тех пор, пока горение не перестанет поддерживаться. Система автоматического газового пожаротушения активизируется в чётко определённой последовательности. Первоначально датчики пожарной сигнализации определяют первые признаки возгорания, а именно задымление, повышение температуры и т. д. Затем на центральный блок управления поступает сигнал, после чего система выполняет серию последовательных проверок на предмет ложных срабатываний.

В состав установки входит:

– система трубопроводов для подачи газа;

– распылители огнетушащего вещества;

– ёмкости для хранения огнетушащего вещества;

– узлы распределения: автоматика, соединённая с автоматической пожарной сигнализацией (рис. 1).



Рисунок 1 – Типовая установка газового пожаротушения

Данная система может запускаться не только автоматически, но и вручную как дистанционным способом через специальные кнопки перед входами в помещение, так и непосредственно оператором на пилотном модуле. Благодаря этому подходу обеспечивается гибкость в реагировании на различные виды возгорания.

По способу размещения данные установки могут быть централизованными и модульными. Централизованная система обеспечивает защиту нескольких помещений. Данная система включает в себя пожарную станцию, в которой размещены ёмкости для хранения огнетушащего вещества. Модульные системы устанавливаются непосредственно в защищаемом помещении.

Также данные АСГП различаются по способу тушения. Применяются системы объёмного и локального пожаротушения. Первый тип обеспечивает быстрое заполнение всего пространства объекта. Применение второго типа характерно для защиты конкретного помещения или территории с оборудованием.

Пожаротушение инертным газом имеет ряд преимуществ:

– быстрота срабатывания: распыление огнетушащих веществ начинается почти мгновенно;

– минимальный материальный ущерб: после срабатывания системы газ, использовавшийся для тушения, выводится через вентиляцию, не требуется даже ни сухая, ни влажная уборка;

– универсальность применения и длительный срок эксплуатации.

К недостаткам можно отнести следующие позиции:

– высокие требования к герметичности помещения;

– низкая эффективность при использовании в помещениях с большим объёмом: так уже при площади помещения 200-300 м^2 при высоте потолков 10-15 м эффективность значительно снижается;

– невозможность использования на открытых пространствах;

– высокие требования к скорости эвакуации персонала: так как газ быстро заполняет помещение, вытесняя кислород, то воздух становится непригодным для дыхания;

– опасность при работе с подобными установками: огнетушащий газ может находиться в ёмкостях под давлением 300 бар;

– высокая стоимость проектирования, приобретения и монтажа данных систем по сравнению с другими системами пожаротушения.

Использование данных систем наиболее целесообразно в следующих объектах:

– серверные, в которых находится дорогостоящая электроника, требующая деликатного подхода к тушению пожара;

– диспетчерские и другие пункты управление, остановка которых может негативно сказаться на работе объекта;

– архивы и хранилища документов;

– теле-, радиоцентры, станции сотовой связи;

– музеи и места хранения картинных галерей и прочих предметов, представляющих особую ценность;

– помещения, в которых обращаются взрывоопасные вещества;

– банковские хранилища.

К тому же установка данных систем диктует свои требования. Так окна, двери помещений должны быть герметичными в притворах и иметь механизм самозакрывания для предотвращения утечки огнетушащего вещества. Воздуховоды системы вентиляции должны быть оборудованы противопожарными клапанами, автоматически срабатывающими при активации системы пожаротушения. В помещениях, где находится система пожаротушения, должны находиться изолирующие противогазы и системы оказания первой медицинской помощи. Также помещение должно быть оборудовано системой сброса избыточного давления. Также данные установки нуждаются в обслуживании (табл. 1).

Таблица 1 – Техническое обслуживание систем газового пожаротушения

Перечень работ	Периодичность обслуживания службой эксплуатации предприятия	Периодичность обслуживания специализированными организациями по договору 1 вариант	Периодичность обслуживания специализированными организациями по договору 2 вариант
1	2	3	4
Внешний осмотр составных частей системы (технологической части – трубопроводов, оросителей, запорной арматуры, баллонов с огнегасящим веществом и сжатым воздухом, манометров, распределительных устройств и т. д.; Электротехнической части – шкафов электроавтоматики, компрессора и т. д.; сигнализационной части – приемно-контрольных приборов, шлейфа сигнализации, извещателей, оповещателей и т. д.); на отсутствие механических повреждений, грязи, прочности креплений, наличие пломб и т. п.	ежедневно	ежемесячно	ежеквартально

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
Контроль рабочего положения запорной арматуры, давления в поучительной сети и пусковых баллоных и т. д.	ежеквартально	ежеквартально	ежеквартально
Контроль основного и резервного источников питания, проверка автоматического переключения питания с рабочего ввода на резервный	еженедельно	еженедельно	еженедельно
Контроль качества огнегасяшего вещества	ежемесячно	ежемесячно	ежемесячно
Проверка работоспособности составных частей системы (технологической части, электротехнической части и сигнализационной части)	ежемесячно	ежемесячно	ежемесячно
Профилактические работы	ежемесячно	ежемесячно	ежемесячно
Проверка работоспособности системы в ручном (местном, дистанционном) и автоматическом режимах	ежеквартально	ежеквартально	ежеквартально
Метрологическая проверка КИП	ежегодно	ежегодно	ежегодно
Измерение сопротивления защитного и рабочего заземления	ежегодно	ежегодно	ежегодно
Измерение сопротивления изоляции электрических цепей	1 раз в три года	1 раз в три года	1 раз в три года
Гидравлические и пневматические испытания трубопроводов на герметичность и прочность	1 раз в 3.5 года	1 раз в 3.5 года	1 раз в 3.5 года
Техническое освидетельствование составных частей системы, работающих под давлением	в соответствии с нормами Госгортехнадзора	в соответствии с нормами Госгортехнадзора	в соответствии с нормами Госгортехнадзора

В качестве заключения можно сказать, что данный метод является эффективным методом борьбы с пожарами, несмотря на недостатки в виде высокой стоимости. АСГП позволяют не только оперативно подавить очаг возгорания, но и минимизировать материальный ущерб, что выгодно отличает данный способ от остальных способов борьбы с пожарами.

Список использованной литературы

1. Красовский П. С. Строительные материалы: учебное пособие. Москва: Форум: Инфра-М, 2025. 256 с.
2. Зубрев Н. И., Устинова М. В. Пожарная безопасность строительных материалов. Москва, 2023. 195 с.
3. Собурь С. В. Пожарная безопасность объектов защиты класса Ф5: учебно-справочное пособие. Москва: ПожКнига, 2024. 470 с.
4. Собурь С. В. Пожарная безопасность предприятия: учебно-справочное пособие. Москва: ПожКнига, 2021. 448 с.
5. Собурь С. В. Пожарная безопасность объектов защиты Ф1-Ф4: учебно-справочное пособие. Москва: ПожКнига, 2024. 340 с.
6. Каменская Е. Н. Пожарная безопасность: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Издательства Южного федерального университета, 2022. 132 с.
7. Широкий Г. Т., Бортницкая М. Г., Сидорова А. И. Строительные материалы и изделия. Минск: РИПО, 2022. 403 с.

УДК 614.87

АКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДИКИ ЗАЩИТЫ И НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБРОСОВ АХОВ

Киселёв А. А., *преподаватель*
Маковкин И. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проведен комплексный анализ современных подходов к обеспечению безопасности при авариях с выбросом аварийно химически опасных веществ (АХОВ). Рассмотрена трехуровневая стратегия, включающая предупреждение, защиту и ликвидацию последствий. Систематизированы актуальные методики: от технологического мониторинга и прогнозного моделирования с использованием GIS-технологий до организации эвакуации и применения средств индивидуальной защиты.

Ключевые слова: *АХОВ, химические аварии, средства индивидуальной защиты, газоаналитический контроль, роботизированные комплексы, обезвреживающие реагенты.*

Аварии с выбросом аварийно химически опасных веществ (АХОВ) остаются одним из наиболее серьезных техногенных рисков современного индустриального общества [6]. Глобализация производств, рост объемов транспортировки химикатов и эксплуатация устаревающих объектов инфраструктуры статистически повышают вероятность возникновения инцидентов, последствия которых носят масштабный и катастрофический характер–от массовых отравлений и долгосрочного загрязнения экосистем до значительного экономического ущерба [8].

Исторический анализ крупнейших химических аварий – в Бхопале (1984 г.), на производном комплексе в Тяньцзине (2015 г.) или при железнодорожных инцидентах – демонстрирует общую закономерность:

тяжесть последствий зачастую усугубляется не только фактом выброса, но и несвоевременностью, неадекватностью или низкой эффективностью первоначальных мер по локализации и нейтрализации опасных веществ [1]. Это актуализирует проблему поиска и систематизации оптимальных, научно обоснованных методик защиты, соответствующих современному уровню развития технологий и знаний.

Парадигма безопасности в области обращения с АХОВ эволюционировала от пассивных мер реагирования к комплексной системе, интегрирующей превентивный мониторинг, прогнозное моделирование и высокотехнологичные способы ликвидации последствий [2]. Значительный вклад в развитие данной системы внесли исследования в области аналитического контроля, химии нейтрализующих реагентов и робототехники для работы в опасных средах.

Однако, несмотря на существующий массив нормативных документов (как, например, Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и ряд профильных СП) [10], практические наработки и новые решения часто оказываются разрозненными. Существует объективная потребность в их консолидации и структурировании с акцентом на прикладную эффективность и технологическую реализуемость [7,9].

Целью данной статьи является комплексный анализ и систематизация актуальных методик защиты населения, персонала и окружающей среды, а также способов нейтрализации последствий выбросов АХОВ на всех ключевых этапах: от предупреждения и раннего обнаружения до локализации и полного обезвреживания источника опасности [3]. В работе особое внимание уделяется прикладным аспектам, включая практические расчеты, сравнение эффективности различных методов и оценку тенденций развития данного направления.

Современная парадигма безопасности строится на трех ключевых принципах: предупреждение, защита и ликвидация. Актуальные методики направлены на комплексное решение проблемы, начиная от предотвращения инцидента и заканчивая эффективной нейтрализацией его последствий.

1. Современные методы предупреждения и раннего обнаружения.

Предотвращение аварии всегда эффективнее и дешевле ее ликвидации. Современные системы предупреждения включают:

- Технологический мониторинг в реальном времени: Датчики давления, температуры, расхода и концентрации веществ, интегрированные в систему АСУ ТП (Автоматизированная Система Управления Технологическим Процессом). При отклонении от нормы система автоматически корректирует режим работы или инициирует безопасную остановку.

- Системы газоанализа и сигнализации: Стационарные и мобильные газоаналитические станции, размещенные на территории потенциально опасных объектов и в санитарно-защитных зонах. Они в непрерывном режиме контролируют состояние атмосферного воздуха и мгновенно передают сигнал о превышении ПДК (предельно допустимой концентрации) [4].

- Прогнозно-аналитические платформы: Использование GIS-технологий (геоинформационных систем) и математического моделирования для прогнозирования зон химического заражения с учетом типа АХОВ, метеоусловий (направление и скорость ветра, температура) и рельефа местности. Это позволяет заранее определить наиболее уязвимые районы и спланировать эвакуацию.

2. Актуальные методы защиты населения и персонала.

При возникновении аварии ключевую роль играет оперативность и адекватность защитных мер.

Эвакуация и укрытие:

- Автоматизированные системы оповещения: Использование системы «Центр-112», смс-рассылок, теле- и радиотрансляций для оперативного информирования населения.

- Укрытие в защитных сооружениях: Современные убежища ГО оснащаются системами фильтровентиляции, которые способны очищать зараженный воздух от конкретных типов АХОВ.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ):

- Изолирующие костюмы: Для личного состава аварийно-спасательных формирований (например, костюмы Л-1 или более современные аналоги с повышенной химстойкостью и терморегуляцией).

- Специализированные противогазы: Использование не только общевойсковых, но и гражданских противогазов с соответствующими типу АХОВ гопкалитовыми патронами (для защиты от оксида углерода) и коробками марок «КД», «В», «Г» и др., обеспечивающими защиту от конкретных веществ (аммиак, пары ртути, кислые газы).

- Медицинские средства защиты: Применение антидотов и средств неотложной помощи (например, амилнитрит при отравлении синильной кислотой).

3. Передовые методики локализации и нейтрализации последствий.

Это наиболее сложный и технологичный этап. Современные подходы делятся на физические, химические и биологические.

Локализация выброса:

- Роботизированные комплексы: Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для разведки и роботов-манипуляторов для отключения оборудования, установки заплаток на поврежденные емкости без риска для жизни людей.

- Аварийные обваловки и поддоны: Строительство специальных сооружений вокруг хранилищ для сбора разлившегося вещества.

Нейтрализация (обезвреживание) АХОВ:

Физические методы:

- Разбавление и рассеивание: Распыление воды с помощью пожарных стволов-распылителей и пеногенераторов для осаждения паров облака.

- Пенная изоляция: Подача специальных химически стойких пен (например, воздушно-механической) на поверхность разлива для предотвращения испарения вещества.

Химические методы (основной акцент в современной практике):

Гидролиз: Обработка разливов АХОВ, которые активно взаимодействуют с водой (например, хлорирование сернистого ангидрида).

Осаждение неактивными осадками: Связывание жидких АХОВ с помощью сыпучих материалов (песок, шлак, опилки) с добавлением активных реагентов.

Обезвреживание с помощью специальных растворов: Это самый эффективный и современный подход. Используются мобильные установки для приготовления и распыления нейтрализующих растворов.

Для хлора: Применяют водные растворы гидроксида кальция (гашеной извести) или гидроксида натрия (каустической соды).

Для аммиака: Используют растворы кислот, чаще всего соляной или уксусной.

Универсальные сорбенты и реагенты: Разработаны многокомпонентные составы на основе пероксида водорода, пероксигидрата мочевины и других соединений, способные эффективно обезвреживать широкий спектр АХОВ.

Биологические методы (перспективное направление):

Использование специальных штаммов микроорганизмов (бактерий, грибов), способных поглощать и перерабатывать токсичные вещества в безопасные соединения. Этот метод особенно актуален для длительной реабилитации загрязненных почв и водных объектов.

В качестве практического примера рассмотрим локализацию утечки аммиака в холодильной установке.

Исходная ситуация:

В машинном отделении пищевого склада произошла разгерметизация фланцевого соединения на трубопроводе с жидким аммиаком (NH_3). Вещество вытекает струйкой и интенсивно испаряется. Персонал обнаружил характерный запах и сигнализацию газоанализатора. Ориентировочная масса вытекшего вещества до остановки утечки $m \approx 10$ кг. Аммиак растекается по бетонному полу, площадь разлива $S \approx 2$ м². Температура в помещении +18°С.

Идентификация опасности: Аммиак – АХОВ удушающего и нейротропного действия. ПДК в воздухе рабочей зоны – 20 мг/м³. Опасен для глаз и дыхательных путей.

Действия по защите персонала (в соответствии с инструкцией):

- эвакуация незадействованного персонала из помещения и прилегающей зоны;

- вход в зону аварии только подготовленной бригады в СИЗ.

Для аммиака используются:

- промышленные противогазы с коробкой марки "КД" (серого цвета, специально от аммиака);

- изолирующие костюмы (типа Л-1 или аналоги) для защиты кожи;

- включение аварийной вентиляции для снижения концентрации паров.

Остановка утечки (закрытие задвижки, наложение хомута).

Место разлива ограждают сыпучими материалами (песок, опилки), чтобы ограничить площадь.

С помощью пожарного ствола-распылителя или ранцевого опрыскивателя на разлив и прилегающую зону начинают подавать 10 %-ный раствор уксусной кислоты.

Подача ведется до полной химической нейтрализации, которая контролируется индикаторной бумагой или переносным газоанализатором. Как только концентрация паров аммиака вблизи разлива упадет ниже ПДК, процесс останавливают.

Образовавшаяся жидкость (ацетат аммония + вода) собирается в герметичные емкости как химические отходы и утилизируется.

После обработки помещение дополнительно проветривают.

Проводят контрольный замер воздуха в течение нескольких часов.

Защита от выбросов АХОВ сегодня – это не просто набор инструкций, а высокотехнологичная, интегрированная система [5]. Ее эффективность напрямую зависит от синергии трех компонентов: прогрессивных технологий (роботы, датчики, моделирование), современных реагентов (целевые и универсальные нейтрализаторы) и высокой подготовки персонала и спасательных служб.

Тенденции будущего связаны с развитием «интеллектуальных» систем прогнозирования на основе искусственного интеллекта, созданием новых высокоэффективных и экологически безопасных реагентов, а также с активным внедрением биотехнологий для восстановления окружающей среды. Только комплексный подход позволяет минимизировать риски и обеспечить реальную безопасность в условиях роста промышленного потенциала.

Список использованной литературы

1. Акимов В. А. Анализ причин и последствий крупнейших промышленных аварий XX-XXI веков // Проблемы анализа риска. 2019. Т. 16. № 1. С. 10-22.

2. Бесчастнов М. В. Промышленная безопасность и управление рисками аварий с выбросом АХОВ. СПб.: Профессия, 2021. 256 с.

3. Деркач Д. М., Ляшок Д. Г., Беломутенко С. В. Анализ чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. Часть III. С. 192-194.

4. Кириллова А. А., Колобанова Н. А. Оценка устойчивости промышленных предприятий в условиях взрыва АХОВ // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. Т. 3. С. 221-223.

5. Маковкина, Л. Н., Сорокина Е. И. Прогнозирование, оценка и предупреждение ЧС // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2021. Т. 5. С. 290-295.

6. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Правовые аспекты деятельности аварийно-спасательных формирований и органов местного самоуправления по защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 276-282.

7. Песков А. Е. Нормативные и организационные документы по инженерной защите населения и территорий в чрезвычайных ситуациях // Научное обоснование стратегии развития АПК и сельских территорий в XXI веке: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2021. Т. 4. С. 43-49.

8. Петров С. В. Чрезвычайные ситуации техногенного характера и защита от них: учебник для вузов. М.: Академия, 2020. 320 с.

9. Защитные сооружения гражданской обороны: СП 88.13330.2018 (Актуализированная редакция СНиП II-11-77*). М., 2019.

10. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 24.04.2024).

УДК 614.8:662.7

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Князева А. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены современные программные комплексы, используемые для оценки опасности. Описаны этапы производственного цикла газовой промышленности, аварийные ситуации, методы оценки производственных рисков. Изучены преимущества внедрения автоматизированных систем оценки опасности, такие как повышения точности анализа, сокращение времени исследования и улучшение принятия управленческих решений.

Ключевые слова: *пожарная безопасность, техносферная безопасность, промышленная безопасность, оценка опасности.*

Одним из самых важных и необходимых ресурсов, используемых для создания комфортных условий жизни современного человека является природный газ. Газовая отрасль выполняет функцию обеспечения энергетической безопасности страны. Газовая промышленность снабжает энергией и сырьем разнообразные секторы экономики. Шагая в ногу со временем, она постоянно развивается в условиях функционирования современного общества. Приоритетной задачей, выходящей на передней план, закономерно становится обеспечение безопасности производственных объектов, участвующих в добыче, транспортировке, переработке и подготовке, хранении, распределении, сбыте и потреблении природного газа и его производных. С увеличением объемов добываемого, транспортируемого и потребляемого газа соответственно увеличивается и риск аварийных ситуаций, которые влекут за собой экологические потери, материальный ущерб и человеческие жертвы. Согласно нормативным документам риск возникновения аварии – это мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте и соответствующую ей тяжесть последствия [6].

В связи с этим возникает необходимость в использовании современных методов и инструментов для оценки опасности, управления рисками. Для автоматизации анализа опасных факторов и моделирования сценариев аварийных ситуаций целесообразно применять инновационные программные комплексы. Они позволяют с более высокой точностью оценить опасный потенциал конкретного производственного процесса и помогают принимать обоснованные решения по снижению риска. В условиях быстрого технологического прогресса и усложнения производственных циклов актуальным становится исследование эффективности и возможностей программных решений для оценки опасности на объектах газовой отрасли. В данной статье будет произведен анализ и оценка эффективности существующих программных комплексов оценки опасности производственных объектов. Будут рассмотрены технологические особенности и функции данных автоматизированных систем.

Газовая отрасль или газовая промышленность представлена комплексом взаимосвязанных производственных и научных направлений, обеспечивающих разведку, добычу, транспортировку, переработку и использование природного газа. Цикл производственных процессов газовой отрасли начинается с этапа разведки и разработки месторождения. Затем производится добыча природного газа. Кроме того, на данном этапе проводят подготовку добытого сырья к дальнейшей транспортировке. Транспортировка может быть реализована различными способами. Самыми распространенными принято считать транспортировку с использованием магистральных и распределительных трубопроводов. Газ можно доставить к месту назначения в сжи-

женном виде или газообразном состоянии. Для перевозки в сжатом виде применяют специализированные ёмкости и сосуды, такие как баллоны и цистерны. По завершении транспортировки газ проходит процедуру очистки и переработки в соответствии с установленными требованиями. На заключительном этапе важно безопасно организовать хранение газа в подземных и наемных хранилищах.

На заключительном этапе функционирования цикла газовой отрасли производится продажа газа потребителям и дальнейшее его использование предприятиями различного производства, коммунальными службами и бытовое применение.

Каждый из причисленных этапов в отдельности и весь производственный цикл в целом требуют детальной оценки рисков, прогнозирования возможных опасных событий и явлений, максимально возможную минимизацию негативных последствий.

Газовая промышленность подвержена возникновению таких чрезвычайных ситуаций, как аварии на газопроводах. Такие ситуации как разрыв и повреждение труб, утечка газа, его воспламенение приводят к серьёзным экономическим последствиям, наносят непоправимый урон окружающей среде, приводят к тяжелым травмам и человеческим жертвам. Привести к необратимым последствиям могут такие инциденты, как нарушение герметичности цистерн и баллонов с газом, не соблюдение требований к заполнению емкостей, приводящее к разливу газа на прилегающую территорию. Всё это осложняется и становится более опасным в случае возникновения так называемого «треугольника горения», который составляют источник зажигания, окислитель и горючее вещество.

Существуют различные подходы к оценке опасности производственных объектов. Методы оценки опасности объектов газовой отрасли включают в себя аналитические и статистические оценки, математическое моделирование. Применяется, например, такой метод, как анализ деревьев ошибок. С его помощью можно выявить основные причины утечек газа или воспламенения. Он позволяет визуализировать логическую структуру причинно-следственных связей. Это позволяет скорректировать профилактические меры на контроле за состоянием труб и мер их эксплуатации. Существует не только метод анализа деревьев ошибок, но и анализ событийных деревьев. Анализ дерева событий является индуктивной процедурой, предназначенной для моделирования возможных выходов, являющихся следствием реализации данного инициирующего события и состояний факторов защиты, а также определения оценок частоты или вероятности возможных выходов данного инициирующего события [3]. Другими словами, анализ дерева событий помогает создать модель развития аварии и её последствий. Построение дерева событий даёт возможность предусмат-

ривать причины аварийных ситуаций и минимизировать затраты на локализацию и ликвидацию результатов, способствуя повышению уровня промышленной безопасности [1]. Широко используется метод, основанный на экспертных оценках. Его суть заключается в анализе квалифицированными экспертами технического состояния используемого оборудования и технологических процессов для определения вероятности возникновения чрезвычайной ситуации, прогнозирования ее масштабов и последствий. Ещё одним методом оценки опасности производственного объекта газовой отрасли является метод оценки риска. Данный метод позволяет дать качественную и количественную оценку уровня опасности объекта. С его помощью можно найти наиболее уязвимые точки и разработать мероприятия, снижающие риски.

В современном мире для оценки опасности производственных объектов газовой отрасли всё чаще используются специализированные программные комплексы, которые позволяют качественно и с довольно высокой точностью проанализировать риски, рассчитать последствия аварий и разработать меры по повышению промышленной безопасности. Одним из таких программных комплексов является TOXI+Risk 5. Он был разработан в соответствии с нормативно-методическими документами Ростехнадзора, МЧС России, Росгидромета, государственными и отраслевыми стандартами ОАО Газпром, в 2016 году включен в единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных Минкомсвязи России. Стоит отметить, что «TOXI+Risk 5» является развитием программного комплекса TOXI+, включенного в Фонд алгоритмов, программ и баз данных Государственной противопожарной службы. Разработан комплекс Научно-техническим центром исследований проблем промышленной безопасности. Как уверяет разработчик, в программе интегрированы рекомендованные справочники, чтобы использовать их для задания частоты возникновения пожара на объекте. Кроме того, в данном комплексе предусмотрен ввод пользовательских значений необходимых для расчета параметров [4]. В нем реализован расчет аварийного и регламентированного поступления опасного вещества, в данном случае газа, в окружающую среду при транспортировке и хранение. Также с помощью данного программного обеспечения возможно смоделировать траекторию распространения вещества на местности, оценить предполагаемые зоны поражения и последствия воздействия газа на объекты и население. TOXI+Risk 5 используется для расчетов показателей риска и визуализации этих расчетов. В него встроены справочники различного содержания, помогающие при оценке опасности объекта. По результатам расчетов выводится расчет в формате MS Word и MS Excel, PDF. Все вышеперечисленные функции, безусловно, являются неоспоримыми достоинствами данного программного комплекса. В качестве недостатков можно упомянуть

невозможность расчетов для оборудования с переменными параметрами, отсутствие возможности учесть режим взрывного превращения, агрегатное состояние опасного вещества, характеристик окружающего пространства. Также данный комплекс не позволяет обмениваться базовой информацией между модулями. Кроме того, для работы с CAD-продуктами требуется экспорт данных в картинку, добавление их в TOXI+Risk и импорт в CAD-продукт.

Еще одним программным комплексом, предназначенным для оценки последствий аварийных ситуаций, ущерба, в том числе связанных с выбросом опасных веществ, количественной оценки показателей пожарного и промышленного риска на опасных производственных объектах является ПК «Русь» «Промышленная безопасность». Разработчиком является научно-производственное предприятие «АВИАИНСТРУМЕНТ». В реестр программный комплекс был включен в 2017 году. Данное программное обеспечение создавалось для мониторинга техногенных чрезвычайных ситуаций, а также для управления системами безопасности, сбора и анализа данных о состоянии объектов в режиме реального времени. Основной задачей, для решения которой комплекс был разработан является автоматизация процесса анализа угроз, возникающих на производстве. Программное обеспечение обладает спектром функций, позволяющих интегрировать ее с другими системами мониторинга. Плюсом является возможность визуализировать имеющиеся и полученные данные, анализировать состояние изучаемого объекта. С помощью упомянутого программного обеспечения можно оценить риск возникновения взрывов и пожаров на объекте газовой отрасли, создать модель аварийной ситуации, рассчитать последствия и ущерб. Кроме того, предусмотрена возможность определения ожидаемой частоты реализации аварийного сценария. Также можно произвести расчет объёмов аварийного выброса газа, интенсивность этого выброса. Использование программного комплекса не требует особых технически сложных процедур подготовки и установки, что делает его доступным для применения на большинстве промышленных объектов. Уникальные особенности ПК «Русь» «Промышленная безопасность» заключаются в его способности к оперативному реагированию на инциденты и возможности интеграции с другими системами и решениями для комплексного подхода к безопасности объектов. Среди недостатков ПК «Русь» «Промышленная безопасность» можно выделить нестабильную работу, периодические отказы, без объяснения причины, частые сбои.

Программные комплексы «TOXI+Risk 5» и «Русь» «Промышленная безопасность» являются отечественными продуктами. В современных условиях импортозамещения их развитие и совершенствование является приоритетной задачей в области промышленной безопасности газовой отрасли нашей страны.

Зарубежным программным комплексом, широко применяемы для оценки опасности производственных объектов газовой отрасли и процессов с ними связанных является ПК «PHAST». Он был разработан международной фирмой «Det Norske Veritas». В программных продуктах PHAST для оценки масштабов последствий аварий использованы широко известные в мире методики для отдельных явлений: взрывов топливно-воздушной смеси, огненных шаров и струй. Для этих методик накоплено большое количество материалов по теоретической базе и верификации с экспериментальными данными. Среди достоинств можно выделить широкий спектр аварийных событий, которые характерны для газовой промышленности, например, разрыв корпуса, течь, повреждение трубопровода и т. д. В программном комплексе реализовано большое количество опасных воздействий, таких как эффект BLEVE, огненная струя, токсическое воздействие газа и производных продуктов. Недостатком можно считать сложность моделей. Пользователю с небольшим опытом может быть сложно разобраться с большим количеством параметров, необходимых в процессе моделирования.

Подводя итог, можно сказать, что газовая отрасль, являясь важнейшей составляющей экономической и социальной жизни государства, остается областью с высокой взрывоопасностью, пожароопасностью и токсичным воздействием на окружающую природную среду. Основой экономической стабильности является своевременная оценка и анализ опасностей производственных объектов, задействованных в добыче, переработке и транспортировке газа. Уже существующие программные комплексы и разрабатываемые компьютерные технологии значительно совершенствуют процесс анализа опасностей, моделирование сценариев аварии, прогнозирование размеров зон поражения и расчет последствий. Несмотря на значительные достоинства рассмотренных технологий отчетливо видно, что до сих пор существуют ограничения, не позволяющие полностью автоматизировать процессе оценки опасности. Для решения этой проблемы необходимо продолжать развивать современные программные решения, активно применять их на практике для выявления слабых мест. Усовершенствованные программные комплексы позволят обрабатывать большие объемы данных, а процесс моделирования будет упрощен, что обеспечит более точную, быструю и комплексную оценку опасности на производственных объектах газовой отрасли.

Список использованной литературы

1. Абдрахманова К. Н., Федосов А. В., Идрисова К. Р. Обзор современных программных комплексов и концепции цифрового двойника для прогнозирования аварийных ситуаций на объектах нефтегазовой отрасли // Нефтегазовое дело. 2020. № 3. С. 71-91. https://doi.org/10.17122/ogbus-2020-3-71-91

2. Гаскарова Г. Ф. Проблемы оценки профессиональных рисков / Г. Ф. Гаскарова, Г. М. Шарафутдинова // Актуальные проблемы науки и техники – 2017: материалы X Международной научно-практической конференции молодых ученых. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. Т. 2. С. 133-135.

3. Гарипов Р. Ф., Шарафутдинова Г. М., Барахнина В. Б. Анализ рисков на основе результатов оценки культуры безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2019. № 9. С. 82-88.

4. Пешков А. А. Сравнительный анализ программных комплексов для расчета пожарных рисков как метода обоснования мероприятий по обеспечению пожарной безопасности // Молодой ученый. 2024. № 18 (517). С. 31-34.

5. Резник А. И. Большой политехнический энциклопедический словарь «Нефтяная и газовая промышленность России». М., 2008. 768 с.

6. Теоретические основы промышленной безопасности / А. В. Федосов [и др.]. Уфа: УГНТУ, 2018. 129 с.

УДК 614.841.3:664.7

ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ В ПРЕДПРИЯТИЯХ МУКОМОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Коновалова Г. В., *канд. с.-х. наук, доцент*
Амчеславский О. В., *канд. техн. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проблема взрывопожаробезопасности была и остается одной из важнейших и сложнейших проблем предприятий мукомольной промышленности, так как мука является взрыво- и пожароопасным объектом. Наличие большого количества легковоспламеняющихся материалов, высокая концентрация мучной пыли и не соблюдение правил техники безопасности могут привести к возникновению пожара на производстве.

Ключевые слова: *пожароопасность, самовозгорание, мукомольные производства, мучная пыль.*

Актуальность темы заключается в том, что мукомольные производства, производства зерна, хлеба, комбикорма, крупы и т. п., представляют опасность возникновения пожаров потому что, при их переработке происходит огромное выделение пыли, которая в свою очередь может образовать взрывоопасную среду. На территории Российской Федерации функционируют более 8 тыс. взрывопожароопасных предприятий различных отраслей. Одной из главных задач страны является осуществление противопожарной защиты подобных предприятий и всего населения в целом [3, 5].

Основной фактор повышенной пожароопасности мукомольных производств это наличие большого количества легковоспламеняемых веществ, таких как зерно, пыль и масло. Мука обладает низкой температурой самовозгорания, способствуя быстрому распространению огня даже при небольших источниках воспламенения.

Процесс измельчения зерновых продуктов создает значительное количество мелкой мучной пыли, которая легко поднимается в воздух и образует потенциально взрывоопасные смеси с кислородом воздуха.

Для предотвращения накопления опасной концентрации пыли важно обеспечить эффективное пылеулавливающее оборудование и регулярную очистку помещений.

При переработке зерна используются тепловые процессы сушки и помола, создающие повышенные температуры, способные привести к самовозгоранию муки или образованию искры, способствующей началу пожара.

Электроприборы и механизмы, используемые на производстве, также являются источниками потенциальной угрозы возгорания. Повреждение изоляции проводов, перегрев двигателей и неправильное обслуживание электрооборудования могут стать причиной короткого замыкания и последующего возгорания.

Большое «количество пыли выделяется при загрузке зерна в черные закрома и транспортировке его по трубопроводам. Большую пожарную опасность представляют собой выбойные аппараты и отделение выбоя в целом. При выпуске муки из бункера в мешок весь объем его моментально заполняется мукой, а мучная пыль вместе с воздухом проникает через пористую ткань в помещение. Пыление увеличивается за счет встряхивания мешка для более плотного его заполнения.

В системе аспирации и циклонах за счет взвихрения отложившейся пыли (даже при нормальных условиях работы) могут образоваться взрывоопасные концентрации. А концентрация пыли в обоечных машинах, вентиляторах, пневмотранспорте и закромах для муки в большинстве случаев взрывоопасна.

В производственных помещениях образование взрывоопасной концентрации пыли происходит в случаях: негерметичности производственного оборудования; неисправности аспирационной сети; оставления открытыми во время работы лючков машин и аппаратов и возможности завалов продукции на пол; несвоевременной уборки пыли с оборудования и конструкций.

Наличие источника воспламенения с температурой не менее температуры воспламенения для данной аэровзвеси может послужить причиной воспламенения и взрыва пылевоздушной смеси. Для большинства промышленных пылей мукомольного производства температура воспламенения аэровзвесей равна 600-800°С. Но опасны и температуры порядка 250-300°С, так как при них возможно самовозгорание пыли, осевшей на конструкциях и оборудовании. Причины образования тепловых источников, приводящих к воспламенению отложившейся пыли или ее аэровзвеси, следующие: применение открытого огня во время работы технологического оборудования в производственных помещениях: керосиновых фонарей, факелов для осмотра оборудования, производство ремонтных работ с применением сварки, курение; неисправность экектропроводки и электроаппаратуры, уста-

новка открытой арматуры: патронов, рубильников, штепселей, моторов в пылеопасных производствах, при работе которых могут образоваться искры, что может привести к воспламенению отложившейся на них пыли; повреждение или снятие защитных колпаков со светильников, накопление на незащищенных поверхностях электроламп пыли и ее воспламенение [4].

Подшипники применяются во всех станках и аппаратах зерноочистительного и размольно-рушательного отделений. Отсутствие наблюдения за работой подшипников, их недостаточная смазка и перекос валов приводят к перегреву подшипников и воспламенению особо опасной промасленной зерновой пыли, имеющейся на обоймах. Температура самовоспламенения промасленной зерновой пыли находится в пределах 250°С. При перегреве подшипников необходимо устранить причину перегрева и заменить нагретое масло холодным.

Слабое натяжение приводных шкивов, завал ленточных транспортеров могут привести к пробуксовке их на ведущем барабане и нагреву до температуры самовозгорания зерновой пыли.

Недостаточная мощность магнитной защиты и несвоевременная очистка сепараторов от металлопримесей, а также малая производительность механических сепараторов приводят зачастую к попаданию металлических и минеральных предметов в работающее оборудование, а также способствуют высечению искр. При не своевременной очистке магнитных сепараторов от металлопримесей последние скапливаются, затрудняют движение продукта и могут быть оторваны и унесены его потоком. Скорость движения продукта в магнитном сепараторе должна быть такой, чтобы обеспечивалось полное улавливание металлических примесей.

При работе вальцовых станков, рассевов, сепараторов, обоечных машин, транспортеров и другого оборудования мукомольного производства неизбежно образование зарядов статического электричества. Заряды статического электричества могут достигнуть огромных потенциалов (до 100000 в) и вызвать мощные электрические искры. Для предупреждения накапливания зарядов статического электричества необходимо все машины и аппараты обеспечить надежным заземлением. Поверхность приводных ремней и шкивов, покрытых смазкой с хорошей электропроводимостью, становится полупроводником, и опасность накопления зарядов на ней уменьшается. Увеличение влажности воздуха в помещениях приводит к снижению процесса электризации [7].

Вентиляционные установки снижают пожарную опасность мукомольных производств, уменьшая пылевоздушные концентрации. Однако при попадании огня в воздуховоды они могут послужить путями распространения пожара. Для предупреждения распространения

пожара по вентиляционным установкам необходимо регулярно очищать воздуховоды от наслоений производственной пыли и оборудовать их заслонками, автоматически закрывающими воздуховод при повышении в нем температуры [1]. Огнезадерживающие заслонки устанавливаются также на самотечных трубах и пневмолиниях, проходящих через капитальные стены и перекрытия из одного помещения в другое. Аппараты, при работе которых выделяется большое количество пыли, обеспечиваются местной аспирацией

Все трубопроводы, предназначенные для транспортировки продукта, а также воздуховоды аспирационных систем должны иметь по длине через 2-4 м лючки для очистки их от отложившейся пыли. Лючки следует устанавливать на трубопроводах до и после аппарата и около каждого колена. Дверцы смотровых лючков должны плотно прилегать к своим гнездам и размещаться в местах, доступных для осмотра.

Аппараты мукомольного производства размещаются с таким расчетом, чтобы к ним был свободный доступ для обслуживания, чистки и ремонта. Между отдельными аппаратами и их группами устраиваются поперечные и продольные проходы, связанные с выходом на лестничные клетки или в другие помещения. Ширина поперечных проходов должна быть не менее 1 м, а продольных – 1,25 м. Расстояние между аппаратами одной группы должно быть не менее 0,35 м.

Строительные, конструкции и производственное оборудование помещений необходимо очищать от пыли не реже одного раза в 10 дней. Проемы в стенах, предназначенные для прохода транспортерных лент, трансмиссионных валов и ремней, должны иметь защиту от распространения огня из одного помещения в другое. Строительные конструкции зданий мукомольных производств должны отвечать требованиям, предъявляемым Строительными нормами и правилами к производствам, отнесенным по пожарной опасности к категориям Б и В. Производства выбойных и размольных отделений относятся к категории Б, а зерноочистительные и приёмоэлеваторные – к категории В.

Электрооборудование мукомольных производств должно удовлетворять требованиям Правил устройств электроустановок. Согласно ПУЭ помещения отделений: выбойные, размольные, рушательные и зерноочистительные, механизированные склады муки при бестарном хранении, а также помещения с бестарной транспортировкой продукта – относятся к классу В-Па.

Отопление помещений мукомольного производства должны быть центральным водяным или паровым с нагревательными элементами, имеющими гладкую поверхность для уменьшения скопления пыли и удобства ее очистки.

Мукомольное производство должно быть обеспечено автоматическими и ручными средствами пожаротушения [6].

Можно сделать вывод, что основной причиной возникновения пожаров в мукомольных цехах является образование взрывоопасных пылегазовых сред и нарушение технологии эксплуатации оборудования.

Методы и средства противопожарной защиты мукомольных предприятий. Организация эффективной вентиляции и аспирации. Обеспечение качественной очистки воздуха от мельчайших частиц пыли является ключевым фактором снижения рисков взрыва и распространения пламени. Эффективная система вентиляции должна предусматривать постоянное удаление загрязненного воздуха.

Использование несгораемых материалов при строительстве зданий и сооружений значительно снижает вероятность распространения пожара внутри предприятия. Огнестойкость стеновых панелей, перекрытий и кровли обеспечивает дополнительную защиту производственного процесса.

Применение автоматических систем обнаружения и тушения пожаров. Современные датчики дыма и тепла позволяют своевременно выявлять начало возгорания и запускать автоматическое тушение. Автоматизированные системы обеспечивают быстрое реагирование на возникновение чрезвычайной ситуации, минимизируя ущерб предприятию [2].

Обучение персонала действиям при чрезвычайных ситуациях. Регулярное проведение инструктажей и практических занятий позволяет повысить уровень подготовки сотрудников к возможным аварийным ситуациям. Правильно организованная эвакуация и четкое выполнение обязанностей способствуют снижению потерь материальных ценностей и предотвращают человеческие жертвы.

Таким образом, соблюдение указанных рекомендаций позволит минимизировать угрозу здоровью работников и ущерб имуществу организаций мукомольной промышленности. Организация эффективной системы противопожарных мероприятий позволяет существенно снизить риск возникновения пожаров на предприятиях мукомольной отрасли. Регулярное проведение профилактических работ, контроль над состоянием техники и соблюдением норм эксплуатации оборудования способствуют повышению уровня безопасности труда и улучшению условий производственной среды.

Список использованной литературы

1. Амчеславский О. В. Пути повышения эффективности вентиляционных систем противодымной защиты зданий // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград. 2018. С. 473-478.

2. Гопия О. Г. Актуальные проблемы при ликвидации ЧС // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 157-162.

3. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Современные проблемы пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 322-326.

4. Касич Д. А., Беломутенко С. В. Профилактика пожаров при самовозгорании // Наука и молодёжь: Новые идеи решения: материалы XVII международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 214-216.

5. Мануйленко И. А. Основные тенденции развития современных систем безопасности на производстве // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 204-2010.

6. Пожарная профилактика в промышленности и сельском хозяйстве: учебное пособие для пожарно-технических училищ / В. М. Зозуля, И. К. Беспалый, Ф. Л. Логинов, Э. Б. Милеев. М.: Стройиздат, 1974. 387 с.

7. Шароварин Р. Н., Ежов К. В. Нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования как причина возникновения пожаров // Наука и молодёжь: Новые идеи решения: материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2016. С. 231-233.

УДК 614.8:371.068

ФОРМИРОВАНИЕ ГОТОВНОСТИ УЧАЩИХСЯ К ДЕЙСТВИЯМ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ: РОЛЬ ШКОЛЬНЫХ СПАСАТЕЛЬНЫХ ОТРЯДОВ В ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СРЕДИ МОЛОДЕЖИ

Крафт Е. С., *учитель, руководитель школьного спасательного отряда*

МОУ «Средняя школа с углубленным изучением отдельных предметов 81 Центрального района Волгограда»
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены опыт создания и реализации школьного спасательного отряда Волгоградского регионального отделения ВСКС на базе МОУ СШ № 81, этапы становления организации, направления работы, дальнейшие перспективы развития.

Ключевые слова: *добровольчество, чрезвычайные ситуации, обучение населения, волонтерство, развитие молодежных организаций, спасатели, школьные спасательные отряды*.

Проблемы безопасности существовали всегда, однако, именно сегодня они особенно обострились и оказались в центре общественного внимания.

Решение этих проблем необходимо для дальнейшего позитивного экономического и социального развития нашей страны. Безопасность и здоровье человека – важный индикатор общественного развития. Достижение положительных результатов в этом направлении свя-

зано с формированием ценностных убеждений в отношении жизни и здоровья у детей, что требует осуществления определенной образовательной политики в области безопасности.

Возрастает необходимость формирования у человека качеств, обеспечивающих как его собственную, так и общественную безопасность. Эти качества становятся системообразующими для решения сложного комплекса проблем, а образовательная область, на которую непосредственно возлагается решение этих задач, приобретает роль основного базового компонента воспитательного процесса.

В процессе обучения в школьников должны:

- обучать (вооружение учащихся системой знаний, умений и навыков);

- воспитывать (формирование научного мировоззрения, активной социальной позиции);

- развивать (формирование творческого мышления, укрепление «социального иммунитета», способствующего психологической подготовке к успешной деятельности в современной техногенной среде).

Образование в области безопасности жизнедеятельности должно быть непрерывным, выстроенным последовательно, начиная с момента осознания человеком собственного «Я» и насыщающимся в процессе воспитания, обучения, образования.

Одной из задач непрерывного обучения безопасности жизнедеятельности в общеобразовательной школе является формирование у подростка ответственного отношения к безопасной деятельности и здоровью человека вообще и личного в частности.

В ходе анализа проблем формирования позитивного отношения к безопасному поведению в системе обучения детей и подростков выявлены следующие противоречия:

- между растущими требованиями общества к безопасности во всех сферах жизни и реальным отношением человека к сохранению собственного здоровья и образу жизни, соответствующему принципам безопасного поведения;

- между новыми концепциями и характером государственных документов, декларирующих идеи подготовки личности «безопасного» типа, и недостаточной разработанностью проблемы формирования такой личности в педагогической теории; потребностью в формировании готовности к сохранению жизни и здоровья отдельной личности и недостаточной готовностью системы образования к организации процесса воспитания детей и подростков на основе ценностного отношения к жизни и здоровью человека, отсутствием моделей поведения взрослых, способных стать примером для детей.

В первую очередь сфера образования должна стать ключевым звеном в формировании личности «безопасного» типа, ориентированной на созидание и развитие общества и осознающей необходимость и ценность своей жизни и здоровья.

В процессе преподавания курса ОБЗР и внеклассной работы создается особая образовательная среда, позволяющая активизировать у школьника мотивационно-ценностный, когнитивный и поведенческий компоненты, способствующие формированию качеств личности «безопасного» типа;

- созданию такой образовательной сопутствует проведение теоретических и практических занятий с использованием современных педагогических технологий и на основе программ по формированию позитивного отношения к здоровью и безопасному поведению.

Школьный спасательный отряд «Волгоград 1» был создан 9 апреля 2025 года на базе Волгоградского Регионального отделения Всероссийской общественной молодежный организации «Всероссийский студенческий корпус спасателей» в кадетском корпусе МОУ СШ № 81.

Всероссийский студенческий корпус спасателей – одна из крупнейших студенческих добровольческих организаций в Российской Федерации. ВСКС вот уже 24 года проводит систематическую работу, направленную на обучение детей и молодёжи основам безопасной жизни и спасательного дела, подготовку различных категорий граждан к действиям в сложных и чрезвычайных ситуациях, развитие добровольчества в ЧС.

Основной целью Волгоградского регионального отделения ВСКС является создание и укрепление культуры безопасности, улучшение уровня осведомленности и практических навыков в области безопасности жизнедеятельности среди жителей Волгоградской области. Важным аспектом является вовлечение других учебных заведений среднего и высшего профессионального образования Волгоградской области.

Задачами Волгоградского РО ВСКС является:

- обучение подростков безопасному поведению в ЧС и навыкам оказания первой помощи;

- организация и проведение профилактических мероприятий, направленных на предупреждение ЧС (интерактивные занятия, мастер-классы);

- создание и развитие спасательных отрядов на базе учреждений среднего, среднего профессионального и высшего образования Волгоградской области;

- обучение студентов спасателей и добровольцев студенческих спасательных отрядов технологиям проведения аварийно- спасательных работ и навыкам оказания первой помощи [7].

Безопасность – это не только защита от катастроф, аварий или стихийных бедствий. Это ещё и готовность действовать в трудной ситуации, умение помогать другим и понимать, откуда может прийти угроза. Особенно важно развивать эти навыки у детей – ведь они чаще всего оказываются самыми незащищёнными.

Спасательные отряды в образовательных организациях развиваются в рамках реализации федерального проекта «Патриотическое воспитание граждан Российской Федерации» при поддержке ВСКС и Минпросвещения России.

Подростки обучаются, соревнуются, получают полезные знания и навыки для жизни и обучения младших.

Именно поэтому в нашей школе начал работу школьный спасательный отряд. Под руководством опытных инструкторов ребята учатся первой помощи, тактической медицине, вязке узлов, пожарной безопасности, ведению аварийно-спасательных работ и многим другим важным навыкам.

Цель занятий – не просто дать теоретические знания, а воспитать личность, способную действовать в сложных обстоятельствах, думать о безопасности своей и окружающих, не теряться в экстренной ситуации. Для проверки своих умений школьники участвуют в соревнованиях и эстафетах военно-патриотической и спасательной направленности.

Всё это происходит при поддержке Волгоградского Регионального отделения Всероссийской общественной молодежный организации «Всероссийский студенческий корпус спасателей», открытого на базе Волгоградского государственного аграрного университета.

Совместно с ВСКС они проводят мастер-классы и мероприятия, направленные на развитие культуры безопасности. Один из главных приоритетов – продвижение добровольчества среди школьников.

Уже есть и первые успехи. Команда школьного спасотряда участвует в мастер-классах по боевому развёртыванию, первой помощи, надеванию боевой одежды, патриотических акциях и мероприятиях. Команда «ШСО Волгоград-1» заняла первое место в полуфинаел II Всероссийских соревнований среди ШСО, Южного федерального округа и достойно выступила на финальном этапе соревнований.

Все эти навыки – это не просто игра. Это подготовка настоящих героев. Ведь, как говорят сами участники: Мы не просто учим – мы готовим тех, кто однажды спасёт жизни.

Список использованной литературы

1. Мирошниченко О. Н. Пропаганда и распространение знаний в области пожарной безопасности среди учащихся кадетских классов «МЧС» в МОУ сш № 82 Г. Волгограда // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. С. 210-215.

2. Илюшин А. Е. Обучение школьников основам пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2022. Т. 3. С. 313-317.

3. Ежов К. В. Развитие пожарно-спасательного добровольного движения в Волгоградской области при грантовой поддержке «Росмолодежь» // Научное обоснование стратегии развития АПК и сельских территорий в XXI веке: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2021. Т. 4. С. 110-114.

4. Ежов К. В. Развитие добровольного пожарно-спасательного движения среди студентов и школьников Волгоградской области // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2021. Т. 5. С. 321-325.

5. Ежов К. В. Анализ деятельности добровольного пожарного движения в рамках реализации конкурса молодежных проектов «Росмолодежь» // Научные основы природообустроиства России: проблемы, современное состояние, шаги в будущее: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. С. 315-318.

6. Ежов К. В. Развитие добровольческого пожарного движения на территории Волгоградской области при грантовой поддержке «Росмолодежь» // Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. Т. 6. С. 448-452.

7. Ежов К. В. Особенности развития добровольного пожарного движения среди студентов и школьников Волгоградской области // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2019. Т. 5. С. 352-357.

8. Аганесов А. Э. Оценка результатов деятельности добровольных пожарных из числа студентов ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в 2017 году // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2018. Т. 2. С. 107-109.

9. Источкина М. В. Анализ результатов деятельности добровольных пожарных из числа студентов ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в 2016 году // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2017. Т. 3. С. 216-217.

10. Гопия О. Г. Модернизация механизмов привлечения добровольцев в работу по ликвидации ЧС // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2024. С. 37-44.

УДК 614.8:004.032.26

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ВЫЗОВЫ

Лигун М. О., *преподаватель*
Варламова Е. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. В современном мире, характеризующемся возрастающей сложностью техногенных и природных процессов, а также ускоренными темпами развития технологий, проблема обеспечения безопасности приобретает первосте-

пенное значение. Чрезвычайные ситуации (ЧС), будь то природные катастрофы, техногенные аварии, пожары или эпидемии, представляют собой реальную угрозу для жизни человека, окружающей среды и экономики. Эффективное управление ЧС требует точного прогнозирования, своевременного анализа ситуации и оперативного принятия адекватных решений.

Ключевые слова: *моделирование чрезвычайных ситуаций, нейронные сети, прогнозирование ЧС, анализ рисков, пожары.*

Традиционные методы моделирования, основанные на математических моделях и статистических подходах, зачастую оказываются недостаточными для учета всей полноты сложных, нелинейных и динамических взаимосвязей, присущих процессам развития ЧС.

В последние годы наблюдается стремительный прогресс в области искусственного интеллекта (ИИ), и в частности, в развитии нейронных сетей. Нейронные сети, имитирующие принципы работы человеческого мозга, демонстрируют уникальные способности к обучению на основе больших объемов данных, выявлению скрытых закономерностей и адаптации к меняющимся условиям. Эти характеристики делают их чрезвычайно перспективным инструментом для моделирования ЧС, позволяя перейти от реактивного к проактивному подходу в управлении рисками.

Данная статья посвящена исследованию потенциала нейронных сетей в области моделирования чрезвычайных ситуаций. Будут рассмотрены основные преимущества, преимущества применения нейросетевых технологий для различных типов ЧС, а также этапы создания и внедрения таких моделей. Особое внимание будет уделено вызовам и ограничениям, которые необходимо преодолеть для успешной реализации этого перспективного направления.

Нейронная сеть представляет собой вычислительную модель, состоящую из взаимосвязанных узлов (нейронов), организованных в слои. Информация обрабатывается путем передачи сигналов между нейронами, при этом каждый нейрон выполняет простую операцию. Ключевые особенности нейронных сетей, делающие их пригодными для моделирования ЧС, включают:

Способность к обучению (Learning). Нейросети способны «обучаться» на основе имеющихся данных. В процессе обучения веса связей между нейронами корректируются таким образом, чтобы сеть могла выдавать желаемые результаты (например, предсказывать направление распространения пожара).

Обработка нелинейных зависимостей (Non-linear Data Processing). Большинство реальных процессов, связанных с ЧС, имеют нелинейный характер. Нейронные сети, благодаря своей архитектуре и функциям активации, способны эффективно моделировать сложные нелинейные взаимосвязи, которые трудно описать классическими математическими моделями.

Параллельная обработка (Parallel Processing). Нейронные сети обрабатывают информацию параллельно, что позволяет им работать с большими объемами данных и быстро давать прогнозы, что критически важно в условиях быстро меняющейся обстановки ЧС.

Адаптивность (Adaptability). После первичного обучения нейронная сеть может быть дообучена на новых данных, что позволяет ей адаптироваться к изменяющимся условиям и повышать точность прогнозов.

Выявление скрытых закономерностей (Pattern Recognition). Нейронные сети способны обнаруживать неочевидные корреляции и паттерны в данных, которые могут быть упущены при традиционном анализе.

Для решения различных задач моделирования ЧС применяются разные типы нейронных сетей:

Сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks – CNN). Идеально подходят для обработки данных, имеющих пространственную структуру, таких как изображения. В контексте ЧС, CNN используются для анализа спутниковых снимков и аэрофотосъемки для обнаружения очагов возгорания, оценки масштабов наводнений, идентификации разрушенных зданий.

Рекуррентные нейронные сети (Recurrent Neural Networks – RNN) и их варианты (LSTM, GRU). Эти сети обладают «памятью» и способны обрабатывать последовательности данных, что делает их незаменимыми для моделирования динамических процессов. RNN и LSTM применяются для прогнозирования сейсмической активности, динамики распространения загрязняющих веществ, анализа временных рядов метеорологических данных.

Полносвязные нейронные сети (Fully Connected Neural Networks – FCNN) / Многослойные перцептроны (Multi-Layer Perceptrons – MLP). Простейший тип нейронных сетей, который может использоваться для решения задач классификации (например, оценка риска возникновения пожара в определенной зоне) и регрессии (прогнозирование уровня воды в реке).

Графовые нейронные сети (Graph Neural Networks – GNN). Позволяют моделировать взаимосвязи между объектами, что актуально для моделирования сложных систем, таких как транспортные сети или сети коммуникаций, в случае аварий.

Нейронные сети демонстрируют свою эффективность при моделировании широкого спектра ЧС, где традиционные методы сталкиваются с трудностями.

Моделирование пожаров:

Прогнозирование распространения пожаров. Анализируя данные о рельефе местности, метеоусловиях (ветер, влажность, температура), типе и плотности растительности, а также о начальном очаге

возгорания, нейронные сети могут с высокой точностью предсказывать направление и скорость распространения лесных и ландшафтных пожаров. Это позволяет своевременно эвакуировать население, мобилизовать силы пожаротушения и оптимизировать распределение ресурсов.

Оценка рисков возгорания. Нейросети могут анализировать комплекс факторов, включая антропогенную активность, наличие легковоспламеняющихся материалов, состояние электросетей, для выявления зон с повышенным риском возникновения пожаров. Это позволяет проводить превентивные мероприятия и повышать безопасность.

Моделирование поведения зданий и сооружений при пожаре. CNN могут использоваться для анализа изображений, выявляя повреждения конструкций. RNN могут моделировать динамику распространения тепла и деградацию материалов, прогнозируя время до обрушения и оценивая безопасность путей эвакуации.

Моделирование природных катастроф:

Прогнозирование землетрясений. Нейронные сети способны анализировать огромные объемы сейсмических данных, выявляя паттерны, предшествующие землетрясениям, и прогнозировать их вероятность и магнитуду. Несмотря на сложности точного прогнозирования [6], нейросети помогают в оценке сейсмической опасности регионов.

Моделирование наводнений. Анализируя данные о выпадении осадков, уровне рек, топографии местности, состоянии гидротехнических сооружений и прогнозах погоды, нейросети могут с высокой точностью моделировать зоны затопления, прогнозировать уровень воды и время развития паводков.

Прогнозирование цунами. Исследуя сейсмические данные, параметры подводных землетрясений, нейросети могут помочь в раннем обнаружении и прогнозировании цунами, предоставляя более точные и быстрые предупреждения.

Оценка рисков оползней и селей. Анализ геологических данных, степени увлажнения грунтов, рельефа местности и сейсмической активности позволяет нейронным сетям выявлять потенциально опасные участки и прогнозировать вероятность оползней.

Моделирование техногенных аварий:

Прогнозирование утечек опасных веществ. Нейросети могут анализировать данные с датчиков (температура, давление, концентрация веществ), информацию о состоянии оборудования (износ, давление в трубопроводах) и технологических процессах для предсказания вероятности утечек химических веществ, газов или радиации.

Моделирование распространения загрязняющих веществ. После аварии нейросети могут анализировать метеорологические данные, направление ветра, гидрологические условия для прогнозиро-

вания распространения вредных веществ в атмосфере, воде и почве, что позволяет определить зоны поражения и принять меры по их локализации.

Анализ причин аварий. Нейросети способны обрабатывать большие объемы данных из регистраторов аварий, журналов эксплуатации, отчетов и других источников для выявления корневых причин происшествий, что способствует предотвращению их повторения.

Разработка эффективной нейросетевой модели для моделирования ЧС включает несколько ключевых этапов:

1. Постановка задачи и определение целей. Четкое формулирование проблемы, которую необходимо решить с помощью нейронной сети (например, прогнозирование времени до обрушения здания при пожаре, определение зоны затопления при паводке).

2. Сбор, предобработка и инжиниринг данных. Этот этап является одним из самых критических. Необходимо собрать максимально полные, точные и релевантные данные. Это могут быть:

Исторические данные. Информация о прошлых ЧС, их причинах, развитии и последствиях.

Данные с датчиков. Показания метеостанций, сейсмографов, датчиков загрязнения, систем мониторинга состояния конструкций.

Геопространственные данные. Спутниковые снимки, топографические карты, планы населенных пунктов.

Данные о социально-экономических факторах. Плотность населения, инфраструктура, транспортные сети. Предобработка включает очистку данных от шумов и ошибок, нормализацию, а также инжиниринг признаков – создание новых, более информативных признаков из существующих.

3. Выбор архитектуры нейронной сети: На основе поставленной задачи и типа имеющихся данных выбирается наиболее подходящая архитектура (CNN, RNN, LSTM, GNN и др.).

4. Обучение модели. Нейронная сеть обучается на собранном наборе данных. В процессе обучения сеть корректирует веса связей между нейронами, чтобы минимизировать ошибку между предсказанными и реальными значениями.

5. Тестирование и валидация. Обученная модель тестируется на независимом наборе данных (валидационном), чтобы оценить ее способность к обобщению и точность прогнозов на новых, ранее не виданных данных.

6. Интерпретация результатов и интеграция. Полученные прогнозы и аналитические данные должны быть понятны пользователям (спасателям, диспетчерам, аналитикам). Важно разрабатывать методы интерпретации результатов работы нейросети (“Explainable AI”). Обученная модель интегрируется в существующие системы поддержки принятия решений (СППР).

7. Развертывание и мониторинг: Модель разворачивается для работы в реальном времени, и осуществляется постоянный мониторинг ее производительности.

8. Обновление и дообучение. Нейросеть должна регулярно обновляться и дообучаться на новых поступающих данных, чтобы сохранять свою актуальность и точность.

Преимущества и вызовы использования нейронных сетей в моделировании ЧС.

Преимущества:

Повышение точности прогнозов. Способность обрабатывать большие объемы данных и выявлять сложные нелинейные зависимости позволяет достигать более высокой точности прогнозов по сравнению с традиционными методами [1, 5].

Раннее предупреждение. Нейронные сети могут идентифицировать предвестники ЧС и прогнозировать их возникновение с большей заблаговременностью, давая больше времени для принятия мер.

Оптимизация реагирования. Моделирование различных сценариев развития ЧС позволяет оценить эффективность различных стратегий реагирования, определить оптимальное распределение ресурсов, спланировать маршруты эвакуации.

Снижение ущерба и числа жертв. Эффективное прогнозирование и управление ЧС напрямую способствуют минимизации человеческих потерь и материального ущерба.

Автоматизация и ускорение процессов. Нейросети могут автоматизировать трудоемкие задачи анализа данных, ускоряя получение необходимых для принятия решений результатов.

Вызовы и ограничения:

Качество и доступность данных. Для эффективного обучения нейронных сетей требуются большие объемы высококачественных, репрезентативных данных. Часто такие данные отсутствуют, разрознены или имеют низкое качество.

Проблема “черного ящика” (Black Box Problem). Нейронные сети, особенно глубокие, часто работают по принципу “черного ящика”, что затрудняет понимание того, как именно был получен тот или иной результат. Это может снижать доверие к модели и затруднять ее валидацию.

Вычислительные ресурсы. Обучение сложных нейронных сетей требует значительных вычислительных мощностей, что может быть ограничением для некоторых организаций.

Интерпретируемость результатов. Необходимо разрабатывать методы, позволяющие не только получить прогноз, но и понять, какие факторы на него повлияли, чтобы обоснованно принимать решения.

Этические вопросы и ответственность. Применение ИИ в критических ситуациях поднимает вопросы об ответственности за принятые решения, основанные на прогнозах нейронной сети, а также о необходимости обеспечения прозрачности и справедливости алгоритмов.

Необходимость постоянного обновления. Мир меняется, и ЧС могут приобретать новые, ранее невиданные формы. Нейросетевые модели требуют постоянного обновления и дообучения [7, 8].

Нейронные сети открывают новую эру в моделировании чрезвычайных ситуаций. Их способность обрабатывать большие объемы сложных данных, выявлять нелинейные зависимости и адаптироваться к меняющимся условиям делает их бесценным инструментом для прогнозирования, анализа и управления ЧС.

Интеграция нейросетевых технологий в системы мониторинга, прогнозирования и оперативного реагирования позволит перейти от пассивного реагирования к активному управлению рисками, что, в конечном итоге, приведет к снижению ущерба, сохранению жизней и повышению общей безопасности общества [3, 4].

Однако, чтобы в полной мере реализовать потенциал нейронных сетей, необходимо решить ряд существенных вызовов. Это включает в себя повышение качества и доступности данных, разработку методов интерпретации результатов, обеспечение необходимой вычислительной инфраструктуры и решение этических вопросов.

Комплексный подход, сочетающий развитие нейросетевых технологий с глубоким пониманием предметной области моделируемых ЧС, а также постоянное совершенствование нормативной базы и повышение квалификации специалистов, станет залогом успешного использования этого мощного инструмента для построения более безопасного будущего.

Исследования в этой области должны продолжаться, чтобы нейронные сети стали неотъемлемой частью систем предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [2, 4].

Список использованной литературы

1. Амчеславский О. В., Лигун М. О. Моделирование последствий пожаров и ЧС: методические указания по выполнению практических работ. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. 36 с.

2. Епифанова Д. Ю., Источкина М. В. Проблемы обеспечения пожарной безопасности объектов и населенных пунктов // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 188-190.

3. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Современные проблемы прогнозирования ЧС // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2019. С. 314-319.

4. Лигун М. О., Степанова Т. С. Актуальность использования информационных систем и ресурсов сети интернет в структурах МЧС России // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 346-352.

5. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Использование современных технологий в системе МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгограда, 2022. С. 215-220.

6. Симонов К. С., Колобанова Н. А. Методы прогнозирования природных ЧС // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. С. 254-256.

7. Хачатрян М. М., Лигун М. О. Анализ актуальных средств и способов предупреждения ЧС на производственных объектах // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 283-284.

8. Шаповалов В. А., Лигун М. О. Анализ проблем в работе космических систем мониторинга // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 292-294.

УДК 614.8:528.4

ПРИМЕНЕНИЕ ТОПОГРАФИИ В ОПЕРАТИВНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ДЕЙСТВИЯХ

Маковкин И. А., *преподаватель*
Маковкина Л. Н., *канд. с.-х. наук, доцент*
Киселев А. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены вопросы применения топографии в оперативно-спасательных действиях для изучения, анализа и оценки сложившейся обстановки, принятия решения и организации взаимодействия между всеми задействованными силами и средствами, управления ими в чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: *чрезвычайные ситуации, топографические материалы, оперативно-спасательные действия.*

Топографические материалы широко используются во многих сферах, среди которых все большее место занимает спасательная деятельность.

Спасатели должны уметь ориентироваться на местности с помощью топографических карт. Топографическая карта представляет собой информацию, подробно нанесенную на бумагу с помощью условных знаков. По топографической карте можно изучать и оценивать местность, определять расстояния, площади, крутизну склонов,

высоту точек, осуществлять ориентирование. Знание местности, умелые действия на ней, грамотное использование карты (плана) приобретаются в процессе топографической подготовки [1, 2].

Для проведения ориентирования с помощью топографической карты ее необходимо сориентировать относительно сторон горизонта. Карту можно ориентировать с помощью компаса или относительно местных ориентиров.

После проведения этих работ и определения на карте точки своего месторасположения, спасатели намечают маршрут движения и выбирают основные ориентиры. Во время движения внимательно необходимо следить за соблюдением маршрута. При движении ночью выбираются заметные ориентиры, находящиеся на близком расстоянии друг от друга. В случае сомнения в правильности движения следует постоянно уточнять свое местонахождение, сверяя карту с местностью.

Топографическая карта при поиске используется для: изучения и оценки местности; ориентирования и движения на местности; определения координат объекта или места его нахождения на местности по координатам.

Основной картой для изучения местности и планирования поисковых мероприятий служит карта масштабом 1:100000. Для детального изучения и оценки местности, ориентирования на ней, выполнения измерений и расчетов, требующих наиболее высокой точности применяется карта масштаба 1:50000.

Большие людские потери при ликвидации последствий ЧС подтверждают, что сегодня требуется получение не только данных о местности, но и дополнительной топографической информации о расположенных на ней объектах, населенных пунктах, наличии опасных техногенных и природных процессов, подземных коммуникациях, физико-географических особенностях территории и т. п., необходимой для всестороннего анализа обстановки и возможных вариантов проведения АСР, причем не только в пространствах территории, на которой может проводиться мероприятие, но и в пространстве конкретного объекта с его инфраструктурой. Территория (местность) в этом случае является ключевым фактором при решении задач, стоящих перед руководителями МЧС, а топографические карты (планы) представляют собой основной источник информации о местности [3, 4, 5].

Под поисково-спасательной операцией, необходимо понимать комплекс согласованных действий, направленных на поиск и оказание необходимой помощи людям, которые находятся в непосредственной опасности [6, 7].

Успех данных проводимых мероприятий зависит от множества условий, например, таких как:

- своевременность;
- спланированность;
- профессионализм участвующих лиц.

Своевременность проведения поисково-спасательной операции означает выбор оптимального времени для ее проведения. В большинстве случаев данные мероприятия необходимо проводить в кратчайшие сроки после пропажи, потому как в данном случае имеется высокая вероятность найти человека живым, что является важнейшей целью данной операции.

В исключительных случаях проведение поисково-спасательной операции может быть отложено, ярким примером такого случая может служить ситуация, при которой имеется возможность потери людей, ведущих поисковые мероприятия.

Под профессионализмом в свою очередь следует понимать наличие практического опыта у сотрудников, задействованных в поисково-спасательных мероприятиях, а также наличие у них теоретических знаний в данной области. Конечно, в современных реалиях, довольно затруднительно обеспечить каждого сотрудника необходимым уровнем знаний и умений, поэтому целесообразно иметь хотя бы 2-3 опытных человека в небольшой группе (6-8 человек), которые смогут грамотно организовать деятельность остальных.

Особое внимание заслуживает тот факт, что планирование и чёткое организация проведение спасательно-поисковой операции имеет огромное значение. При организации данного мероприятия необходимо в кратчайшие сроки определить состав групп и способ осуществления поисковых действий.

Содержание планирования поисково-спасательной операции может включать следующие элементы:

- определение района поисковых действий;
- изучение ландшафта местности предполагаемого района поисковых мероприятий;
- определение состава участников;
- выбор необходимых транспортных и специальных средств, необходимых для осуществления поиска;
- оснащение участников необходимым оборудованием.

Последние три приведенных пункта находятся в прямой зависимости от первых двух, потому как именно от характера местности будет определяться необходимое число участников поисковых мероприятий, а также необходимая привлекаемая техника.

Изучение местности без непосредственного выезда на само место поисково-спасательной операции, представляется возможным только благодаря использованию топографических возможностей.

Под топографией понимается научная дисциплина, изучающая методы изображения элементов местности на основе имеющихся данных (различных снимков, в том числе аэроснимков) и создания на их основе, карт и планов.

Основным способом изучения местности является использование топографических карт различного масштаба (величина соотношения реальных размеров местности и размера изображения), потому как с помощью карт можно узнать следующую информацию:

- рельеф территории;
- точные координаты участка местности;
- характер почвы;
- данные о возможности переправы через реки;
- формы и размеры водоемов, местоположение долин и равнин.

При решении задач, связанных с действиями на местности (территории), наиболее удобно использовать топографическую карту или план города. Однако даже крупномасштабные карты не позволяют отразить на них всей необходимой оперативной обстановки, поэтому составляют схемы (планы).

В зависимости от использования топографической основы графические документы подразделяются: на карты; схемы; планы; карточки.

В группу *карт* входят рабочие карты, оперативные карты, карты обстановки, отчетные карты, разведывательные и др.

К *схемам* относятся графические документы, топографической основой которых является изображение местности (территории), составленное по карте, аэрофотоснимку или приемами глазомерной съемки в крупном масштабе.

Наиболее распространенными схемами являются рабочие схемы обслуживаемой территории, схемы наблюдения, места происшествия, которые вы будете составлять на практическом занятии.

Планы вычерчиваются строго в масштабе – каждую линию на плане изображают со строго одинаковым уменьшением по сравнению с натурой. Это может быть план помещения, профильный план местности, план-маршрут и др.

Карточки представляют собой чертежи небольших участков местности (территории), выполненные на местности с одной-двух точек стояния без точного соблюдения масштаба. Все расстояния на карточке откладываются на глаз, выдерживаются по возможности лишь их соотношения, т. е. чтобы удаленные на местности предметы были соответственно удалены и на карточке. Существуют карточка поста РХБН, схема-донесение и др.

Как на карточках, так и на схемах (планах), картах необходимые дополнительные сведения, которые нельзя изобразить графически, излагаются текстом на полях или на обороте документа.

Эффективность графических документов зависит от ряда факторов:

- своевременности их составления;
- достоверности и точности сведений;
- наглядности и простоты изображения;
- надлежащего оформления.

Рабочие карты, схемы и планы разрабатываются и ведутся во всех структурных подразделениях МЧС России и используются для изучения, анализа и оценки сложившейся обстановки, принятия решения по ней и организации взаимодействия между всеми задействованными силами и средствами, управления ими в чрезвычайных ситуациях.

Масштаб карты (плана, схемы) выбирается с таким расчетом, чтобы нанесенные на ней обстановка и дислокация сил и средств МЧС не загромождали и не затемняли топографической основы.

Должностное лицо, ведущее рабочую карту, должно делать это так, чтобы в отображаемой на ней обстановке мог свободно разбираться любой другой руководитель (начальник, командир).

В частности, ГОСТ Р 22.0.10-96 устанавливает правила нанесения на карты обстановки о чрезвычайных ситуациях, условные обозначения и порядок их нанесения.

Стандарт обязателен для органов управления Единой государственной системой предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), региональных и местных органов управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям, организаций и учреждений, осуществляющих планирование, организацию и проведение мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС.

Карта обстановки ЧС должна отвечать требованиям наглядности, полноты и точности (достоверности).

Наглядность карты обеспечивается ясным и четким отображением обстановки с выделением ее главных элементов, что достигается правильным применением и четким начертанием условных знаков, правильным расположением служебных и пояснительных надписей, четким изображением фактического положения сил и средств ликвидации ЧС и предполагаемого характера их действий.

Полнота нанесенной обстановки на карту определяется объемом сведений, необходимых для управления силами и средствами ликвидации ЧС.

Точность (достоверность) нанесенной на карту обстановки достигается отображением действительного положения частей и различных формирований сил и средств ликвидации ЧС на местности и реальных последствий воздействия поражающих факторов источников ЧС.

Зоны ЧС следует наносить на карту с четким выделением границ, не затемняя топографическую основу карты. Размеры зон и ареалов воздействия поражающих факторов источников ЧС определяют расчетно-графическим методом с учетом метеорологических условий, времени года и характера местности. Карты зон ЧС разрабатывают двух видов:

прогнозные – составляемые на основе сбора информации о потенциально опасных объектах – возможных источниках ЧС;

оперативные – отображающие обстановку при угрозе или возникновении ЧС и отражающие динамику развития обстановки в зоне ЧС.

Прогнозные и оперативные карты разрабатывают в рабочих органах комиссий по ЧС. Гриф карты определяют в установленном порядке.

Список использованной литературы

1. Звонов С. В., Пузикова А. А. Ликвидация последствий природных и техногенных катастроф // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. Т. 1. С. 342-343.

2. Кармаева В. С., Песков А. Е. Особенности проведения поисково-спасательных работ в условиях разрушений с использованием технических средств // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XVII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 272-273.

3. Соловьева А. К., Илюшина А. Е. Особенности действия спасателя при ведении поисково-спасательных работ в условиях разрушений // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XVII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 271-272.

4. Сорокина Ю. А., Источкина М. В. Подготовка студентов и школьников к безопасному поведению в чрезвычайных ситуациях // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XVII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 272-273.

5. Тихонов С. Е., Гончарова А. Р. Экологические проблемы уничтожения промышленных отходов гальванических производств // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025 г Т. 1. С.352-353.

6. Юров Г. А., Источкина М. В. Мониторинг загрязнений окружающей среды при пожарах // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025 г. Т. 1. С.306-307.

7. Шарипов К. Р., Рыбалкин Я. Е., Гончарова А. Р. Обучение и подготовка добровольных пожарных команд // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025 г. Т. 1. С.346-347.

УДК 614.8:364-322

РОЛЬ ДОБРОВОЛЬНЫХ СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ В ОБЩЕЙ СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Маковкина Л. Н., *канд. с.-х. наук, доцент*
Маковкин И. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены вопросы развития добровольчества (волонтерства) в сфере защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, механизмы и способы взаимодействия МЧС России с организациями добровольческой (волонтерской) деятельности в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: *добровольные спасательные формирования, волонтеры, добровольческие (волонтерские) организации, защита населения.*

Добровольные спасательные формирования играют большую роль в общей системе защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций**.** Объединение добровольных спасателей участвуют в ликвидации ЧС и их последствий, профилактике и тушении пожаров, проведении аварийно-спасательных работ.

Добровольчество (волонтерство) в настоящее время является ведущим показателем уровня гражданской ответственности. Первостепенную важность в минувшие годы приобрело добровольчество (волонтерство) в сфере защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах. Принятая Правительством Российской Федерации Концепция развития добровольчества (волонтерства) в Российской Федерации до 2025 года определяет добровольчество (волонтерство), как одно из приоритетных направлений государственной политики, в которое входят практически все аспекты общественной деятельности. В добровольческом движении в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах (ЗНТЧС), необходимо выделить основные составляющие добровольчества: неорганизованное (спонтанное) и организованное в сообщества по направлениям деятельности. Неорганизованные добровольцы являются первыми, кто приходит на помощь пострадавшему населению, самостоятельно прибывают в зону чрезвычайной ситуации (ЧС) и, как правило, не обладают навыками спасателей. Это в первую очередь жители пострадавшей территории и соседних населенных пунктов. Кроме того, при катастрофических событиях, о которых сообщают средства массовой информации, на пострадавшие территории прибывают неорганизованные добровольцы, желающие участвовать в ликвидации последствий ЧС [1, 2]. Взаимодействие с ними подразделений МЧС России носит оперативный характер, общие положения которого определены национальным стандартом ГОСТ Р 22.3.20-20222 «Руководство по планированию участия неорганизованных добровольцев в реагировании на чрезвычайные ситуации» Данный стандарт содержит руководящие указания по планированию участия неорганизованных добровольцев в реагировании на чрезвычайные ситуации, а также в последующем восстановлении.

Неорганизованным добровольцем является лицо, которое не имеет отношения к существующим организациям, занимающимся реагированием на чрезвычайные ситуации, но желает оказать безвозмездную помощь в осуществлении работ вовремя и после чрезвычайных ситуаций. Неорганизованные добровольцы могут до или во время чрезвычайной

ситуации выразить свою заинтересованность в оказании добровольной помощи, и тогда их можно привлекать к работам, необходимым в связи с чрезвычайной ситуацией, с учетом их навыков и умений. Неорганизованные добровольцы могут предлагать свою помощь индивидуально или в составе групп, могут прибывать на место чрезвычайной ситуации или действовать удаленно; это могут быть самостоятельно действующие профессионалы (например, бывшие сотрудники служб реагирования), виртуальные добровольцы или любые другие лица, обладающие или не обладающие необходимыми навыками [2, 3].

Организованные добровольцы объединяются в общественные организации, союзы и коллективы по интересам; среди таких организаций можно отметить организации, действующие в сфере поисково- и аварийно-спасательной, противопожарной деятельности и спасания на водах; члены этих организаций участвуют в ликвидации ЧС и других мероприятиях по защите населения и территорий от ЧС. Наиболее известными и многочисленными организациями добровольцев являются: Всероссийское добровольное пожарное общество (ВДПО); Общероссийская общественная организация «Российский союз спасателей» (Россоюзспас); «Всероссийский студенческий корпус спасателей» (ВСКС); добровольческий поисковый отряд «Лиза Алерт»; «Всероссийское общество спасания на водах» (ВОСВОД) и другие [2, 4, 5]. В этих организациях, открытых для участия активной части населения, проводится обучение спасательному делу, технике безопасности при производстве работ и порядку участия в ликвидации ЧС. Такие добровольческие организации оказывают значительную помощь сотрудникам пожарно-спасательных сил территориальных органов МЧС России в предупреждении и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Для эффективного взаимодействия территориальных органов МЧС России с организаторами и организациями добровольческой (волонтерской) деятельности в области защиты населения и территорий от ЧС, пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах необходимы механизмы, порядок и способы взаимодействия [2].

Работа добровольцев (волонтеров) при ликвидации последствий ЧС организуется и проводится на основании договоров и соглашений, заключенных между добровольцами (волонтерами), добровольческими (волонтерскими) организациями, МЧС России, территориальными органами федеральных органов исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления.

МЧС России осуществляет следующие полномочия в сфере добровольчества (волонтерства):

- разработку и реализацию государственных программ (подпрограмм) Российской Федерации, содержащих мероприятия, направленные на поддержку добровольчества (волонтерства);

- участие в формировании единой информационной системы в сфере развития добровольчества (волонтерства) в целях реализации государственной политики в сфере добровольчества (волонтерства);

- оказание поддержки организаторам добровольческой (волонтерской) деятельности, добровольческим (волонтерским) организациям, в том числе в их взаимодействии с государственными и муниципальными учреждениями, социально-ориентированным некоммерческим организациям, государственным и муниципальным учреждениям, обеспечивающим оказание организационной, информационной, методической и иной поддержки добровольцам (волонтерам), организаторам добровольческой (волонтерской) деятельности и добровольческим (волонтерским) организациям;

- утверждение порядка взаимодействия федеральных органов исполнительной власти, субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, подведомственных им государственных и муниципальных учреждений, иных организаций с организаторами добровольческой (волонтерской) деятельности, добровольческими (волонтерскими) организациями в области защиты населения и территорий от ЧС, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах;

- методическое обеспечение органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления и содействие им в разработке и реализации мер по развитию добровольчества (волонтерства) в субъектах Российской Федерации и на территориях муниципальных образований.

Важным нормативно-правовым документом является Порядок взаимодействия МЧС России, его территориальных органов и подведомственных МЧС России подразделений федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы, спасательных воинских формирований, профессиональных аварийно-спасательных формирований МЧС России, выполняющих поисково-спасательные работы, военизированных горноспасательных частей, образовательных и медицинских учреждений (далее – подразделения МЧС России) с организаторами добровольческой (волонтерской) деятельности и добровольческими (волонтерскими) организациями в области защиты населения и территорий от ЧС, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах (далее – Порядок взаимодействия) утвержден приказом МЧС России от 15 июня 2020 г. № 422. Настоящий Порядок определяет организацию взаимодействия Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, его территориальных органов и подведомственных МЧС России подразделений федеральной противопожарной службы

Государственной противопожарной службы, спасательных воинских формирований, аварийно-спасательных и поисково-спасательных формирований, военизированных горноспасательных частей, образовательных и медицинских учреждений (далее – подразделения МЧС России) с организаторами добровольческой (волонтерской) деятельности и добровольческими (волонтерскими) организациями (далее соответственно – организаторы добровольческой деятельности, добровольческие организации) в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах [6, 7, 8].

Важнейшим направлением взаимодействия МЧС России с добровольческими организациями является совместная работа с населением, особенно детьми и молодежью по обучению безопасному поведению в условиях ЧС, популяризация работы спасателей. В этих целях территориальными органами и учреждениями МЧС России организуются экскурсии и дни «открытых дверей» для добровольцев с целью ознакомления с работой пожарных и аварийно-спасательных формирований. Подготовленные и аттестованные добровольцы также привлекались к проведению занятий в школах, пришкольных лагерях, детских и спортивных лагерях.

Основываясь на направления развития добровольчества в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах в 2025 г. предлагается считать приоритетными задачами по развитию добровольчества области ЧС:

- увеличение доли людей, в том числе молодых, вовлеченных в добровольческую деятельность;
- поддержка деятельности существующих и создание условий для возникновения новых добровольческих организаций, развитие инфраструктуры методической, информационной, консультационной, образовательной и ресурсной поддержки добровольческой (волонтерской) деятельности;
- содействие в привлечении добровольцев к участию в решении вопросов местного значения, в том числе к участию в ликвидации пожаров и последствий чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера;
- популяризация и освоение с участием добровольцев профилактических мероприятий, направленных на предупреждение ЧС и пожаров, основных способов защиты населения и территорий от ЧС;
- развитие наставничества, предполагающего участие профессиональных спасателей и работников профессиональной пожарной охраны в обучении спасателей-добровольцев и добровольных пожарных.

Список использованной литературы

1. Аганесов А. Э. Оценка результатов деятельности добровольных пожарных из числа студентов ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в 2017 году // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII Международной научнопрактической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2018. Т. 2. С. 107-109.

2. Аюбов Э. Н., Буевич О. Е., Гаврюшенко В. П., Новиков О. Н., Перегудова Н. В. Развитие добровольческой (волонтерской) деятельности в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах // Технологии гражданской безопасности. 2023. Т. 20. № 3 (77). С. 75-80.

3. Беломутенко Д. В., Песков А. Е., Источкина М. В. Система нормативных правовых актов регулирующих деятельность в сфере пожарной безопасности // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: материалы Международной научнопрактической конференции. Волгоград, 2018. С. 462-468.

4. Варламова Е. А., Беломутенко С. В. Волонтерство и ведомство спасателей и пожарных // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2024. Т. 4. С. 359-365.

5. Ежов К. В., Беломутенко С. В. Развитие пожарно-спасательного добровольного движения в Волгоградской области при грантовой поддержке «Росмолодежь» // Материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2021. Т. 4. С. 110-114.

6. Источкина М. В., Беломутенко Д. В. Анализ результатов деятельности добровольных пожарных из числа студентов ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в 2016 году // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. Т. 3. С. 216-217.

7. Недайводин А. Н., Гопия О. Г. Современные проблемы в подготовке добровольных пожарных команд для ликвидации ЧС // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. Т. 1. С. 223-224.

8. Рудакова П. А., Источкина М. В. Роль добровольной пожарной охраны в обеспечении пожарной безопасности Волгоградской области // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIX Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2025. Т 1. С. 252-253.

УДК 614.843

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Мануйленко И. А., *канд. с.-х. наук, доцент*
Колобанова Н. А., *канд. техн. наук, доцент*
Селиверстов И. В., *ст. преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Новые технологии по тушению пожаров направлены на создание более эффективных и быстрых способов борьбы с огнем. Рассмотрены современные средства и технологии пожаротушения: инновационные пожаротуша-

щие вещества, средства и способы пожаротушения, а также техническое оснащение. Определены перспективные для применения в качестве средств мониторинга, разведки и непосредственного тушения, беспилотные летательные аппараты.

Ключевые слова: *пожары, средства пожаротушения, новые технологии пожаротушения, огнетушащие вещества, БПЛА, роботизированные комплексы пожаротушения, спутниковые системы мониторинга.*

Проблема пожаров исторически является актуальной для человечества, поэтому требует постоянного внимания и усилий для ее решения на всех уровнях развития общества. Природные и техногенные пожары, в замкнутых пространствах и на открытых ландшафтах, при всём своем разнообразии, тем не менее, имеют некоторые общие факторы, связанные с причинами возгораний, например, из-за удара молнии в дерево, или техногенный объект, не оборудованный молниезащитой. В первом случае пожар может распространиться на весь лесной массив, во втором спровоцировать воспламенение самого объекта (например, складского здания, ёмкости с ЛВЖ, электротрасформатора), с дальнейшими возможными негативными последствиями в виде взрыва и распространения на расположенные вокруг постройки [3].

Однако, в каком бы месте ни произошло это бедствие, оно характеризуется рядом характерных признаков. К таковым относят как практически мгновенное возникновение открытого огня, так и длительное скрытое его развитие, вероятность образования вспышки, выброса пламени, так и её отсутствие. Оба варианта крайне опасны и несут непосредственную угрозу для находящихся поблизости людей и животных. Скрытое, медленное развитие пожара в закрытом объёме, помещении без вентиляции, создает условия для накопления продуктов горения, причём, дым не имеет возможности выхода и содержащийся в нём ядовитый газ, ограничивает видимость, усложняет эвакуацию, в конечном итоге отравляет человека. Быстрое распространение огня, не менее опасно, так как не позволяет вовремя провести эвакуацию, ведя к гибели людей, быстро нарушает конструктивные элементы здания, в конечном итоге разрушая его.

Существующие автоматические системы и стандартные «традиционные» средства пожаротушения, которыми оснащены пожарные подразделения, не всегда позволяют оперативно и с минимальными потерями, локализовать и ликвидировать пожар на сложных объектах. Постоянное развитие и внедрение в мировом производстве сложных, технически разнообразных устройств, новых строительных материалов, усложнение технологических линий, требует усовершенствования существующих и разработки новых высокоэффективных средств тушения и экологически безопасных огнетушащих составов.

Новые технологии по тушению пожаров направлены на создание более эффективных и быстрых способов борьбы с огнем с учетом класса и места очага возгорания. Разработки ведутся сразу в нескольких направлениях – это новые пожаротушащие вещества, средства и способы пожаротушения, а также техническое оснащение [7].

Особое место в оснащении современного пожарного и спасателя занимают персональные видеокамеры и тепловизоры, позволяющие им видеть сквозь задымление, находить очаги возгорания или людей, нуждающихся в спасении, повышая безопасность при действиях в сложных условиях ликвидации чрезвычайной ситуации. Данные устройства возможно оснастить дополненной реальностью, которая проецирует тепловые данные на визоры шлемов.

Чем раньше будет обнаружен пожар, тем оперативнее сработают системы автоматического пожаротушения и прибудут пожарные. Одними из перспективных инновационных разработок, в этом направлении являются системы раннего обнаружения пожаров с использованием искусственного интеллекта. Такие системы, получая данные с датчиков и видеокамер, выявляют с высокой точностью признаки пожара ещё на ранних стадиях. Что характерно, кроме фиксации дыма и пламени, системой анализируются тепловые и звуковые сигнатуры. В настоящее время, в действующих системах автоматического пожаротушения, существует возможность заменить традиционные датчики «умными» устройствами, способными самостоятельно отличать реальное возгорание от ложных тревог, дым и угарный газ от пара или пыли.

При этом значительно снижается количество ложных срабатываний, что особенно важно в жилых, с системами умного дома, зданиях, или коммерческих, с расположенными внутри торговыми центрами, офисными или складскими помещениями.

В качестве примера можно привести интегрированные с системами умного дома датчики для автоматического отключения электроприборов, отправляющими уведомления на смартфон и автоматически вызывающих службы спасения, или умные пожарные извещатели с голосовым оповещением. Такие устройства не только подают звуковой сигнал, но и предоставляют голосовые инструкции на нескольких языках по эвакуации, что особенно важно для адаптации людей с ограниченными возможностями.

Совершенствуются спутниковые системы мониторинга, интеграция их с ИИ, что позволяет в режиме реального времени отслеживать изменения температуры и задымления в лесах. Они помогают предсказывать и предотвращать крупные пожары, что особенно важно в условиях изменения климата.

Перспективными для применения в качестве средств как пожарного мониторинга, так и для разведки и непосредственного тушения, являются беспилотные летательные аппараты [6]. Оборудованные ви-

деокамерами с тепловизорами, системами пожаротушения, дроны способны оперативно достигать очагов возгорания, координировать спасательные операции и применять огнетушащие вещества. Уже сейчас применение БПЛА существенно помогает в борьбе с пожарами, особенно в труднодоступных местах, таких как леса, или высотные здания, но в ближайшей перспективе, вероятно, свою нишу среди подобных аппаратов займут полностью автономные дроны-роботы, не управляемые оператором, ограниченных дальностью устойчивой с ним радио, или оптоволоконной связи.

Высокотехнологичные устройства, способные работать в экстремальных условиях высоких температур и плотного задымления, без присутствия человека, пожарные роботы, используются для тушения пожаров в опасных зонах и оснащаются водяными пушками, капсулами с огнетушащим порошком, пенообразователем, или гелем, а также системами навигации для эффективного перемещения в сложных условиях.

Самые сложные условия борьбы с пожаром возникают на таких объектах как АЭС, ТЭС, химические и нефтеперерабатывающие предприятия [1, 4]. Огонь быстро распространяется, за считанные секунды видимость снижается, помещение заполняется дымом и токсичными продуктами сгорания, стремительно растет температура. Возникает опасность взрывов, а на атомных станциях – повышения уровня радиации. Пришедшие им на смену роботизированные комплексы пожаротушения нового поколения оснащены системой определения возгорания и координат очага, тепло- и видеонаблюдением, а также имеют программу самотестирования. Они постоянно находятся в состоянии полной готовности, активируются и управляются автоматически с передачей данных оператору и возможностью переключения в режим дистанционного управления. В условиях сильной задымленности, повышенной температуры и возможных взрывов, робот с высокой точностью и маневренностью наведения направляет струю на все элементы конструкции. Он также может подавлять очаг возгорания и гасить пожар на любой стадии.

С развитием промышленной электроники, системы пожаротушения стали очень разнообразными по принципу действия, по техническим особенностям, по типу активного вещества. Одним из перспективных направлений в развитии технологий пожаротушения, является совершенствование автоматических систем пожаротушения тонкораспыленной водой. Они активируются при обнаружении возгорания, распыляя на пламя специальный состав под большим давлением. Эти системы используют воду, пену или газ для быстрого подавления огня. Подача тонкораспыленной воды путем прохождения ее через отверстие минимального диаметра увеличивает глубину тушения [7].

Средства пожаротушения каждый год совершенствуются [2], поскольку есть постоянная необходимость сохранения здоровья и жизни людей, а также минимизации убытков от возникновения пожаров. Существует ряд инновационных средств, которые применяют при ликвидации пожаров в закрытых помещениях [5, 8]. К ним относятся высокоэффективные устройства дымоудаления, усовершенствованные порошковые огнетушители и системы пожаротушения инертными газами. Оптимальным вариантом применения современных систем пожаротушения является тот, что позволяют специалистам не заходить в опасную зону, удаленно контролируя ситуацию, воздействуя на огонь.

Широко применяются огнетушители с умным управлением, оснащённые датчиками и подключённые к интернету. Они способны автоматически активироваться при обнаружении возгорания и отправлять сигналы тревоги, а после срабатывания уведомления о необходимости замены.

В качестве примера для тушения небольших объектов, которыми могут быть электрошкафы, сейфы, распределительные щиты и т. п. можно привести установку пожаротушения, основным элементом которой является пиростикер (микротушитель). Задачей таких устройств является ликвидация, или локальное подавление возгораний классов от А до Е. Пиростикер представляет собой плоскую пластину с микрокапсулами. При воздействии высокой температуры выделяется газ, быстро ликвидирующий возгорание. Эффект действует при поднятии температуры до 100-200°С, капсулы разрушаются и антипирен тут же воздействует на очаг. Основой физико-химического принципа действия данного механизма является замедление воспламенения путем понижения концентрации кислорода в опасной зоне.

Другим инновационным средством тушения пожаров, позволяющим оперативно, приблизительно за двадцать секунд, ликвидировать возгорание в коридорах, комнатах и прочих замкнутых объёмах, является переносной пожарный ствол объемного тушения, который подает воду с помощью перфорированной вращающейся трубы. Система подается через окно, вращается вокруг своей оси на 360 градусов, что позволяет ей устранить пламя на 95 % поверхности замкнутого пространства. В процессе тушения одновременно происходит охлаждение стен здания.

Среди новых огнетушащих средств, наиболее перспективными являются разработки, типа обладающего высокой эффективностью, применяемого при тушении пожаров класса А (твердые материалы, такие как дерево и бумага), класса В (горючие жидкости, такие как бензин и масло), а также класса С (электрические устройства) Novec1230. Подобные вещества поглощают кислород, обладают низ-

ким уровнем токсичности, абсолютно безопасны для электрического оборудования. За счет быстрого охлаждения достигается около 70 % эффективности действия [9].

К наиболее эффективным способам борьбы с распространением ландшафтных пожаров относится авиация. Наряду с распространенным методом ликвидация огня, посредством сброса с пожарного самолёта (вертолёта) воды, применяются растворы с наличием специальных полимерных адгезионных добавок, что позволяет значительно улучшить конечный результат. Фактически применением того же объёма воды, в которой растворен пленкообразующий гель, позволяет тушить пожар на почти вдвое большей площади. Эффект достигается за счёт того, что после сброса с летательного аппарата, вещество образует пленку, предотвращающую доступ кислорода к продукту горения, что препятствует тлению и повторному возгоранию.

К инновационным пожаротушащим веществам относится компрессионная пена с новыми, недоступными ранее свойствами. Это стало возможным после разработки технологии для её доставки в зоны где требуется тушение возгорания или защиты этих зон от воспламенения, при отсутствии горения. Все ингредиенты дозируются в строго определенных пропорциях, определяющих уникальную структуру, свойства получаемого огнетушащего вещества. Установки пожаротушения компрессионной пеной могут монтироваться на любое автомобильные шасси, либо использоваться вне его. Доказано, что компрессионная пена успешно борется со всеми тремя сторонами «пожарного треугольника»:

- пена накрывает горючее вещество, тем самым прекращая доступ кислорода;
- компрессионная пена устойчиво держится на поверхностях, таких как потолок или стены, тем самым снижая температуру;
- непрозрачная пена защищает источник топливо от лучистой энергии возгорания.

Потенциально широким диапазоном применения в России располагают огнестойкие материалы нового поколения. Прежде всего к ним относятся нанопокрытия для дерева, металла и пластика, повышающие их огнестойкость. Это инновационные строительные материалы, которые не горят и не выделяют токсичных веществ при нагревании. Они используются для защиты конструкций и инфраструктуры, значительно снижая риски распространения огня. Кроме высокой огнестойкости, эти материалы обладают экологической безопасностью и долговечностью.

Особое внимание заслуживают новые технологии в области пожаротушения по разработкам и адаптации технических средств в условиях Севера и на высоте. Автоцистерна тяжелого класса, обору-

дованная автоматической герметизацией кабины, что позволяет максимально приближаться к огню. Телескопические полки для аварийно-спасательного инструментария повышают оперативность работы, а технические особенности автомобиля адаптированы для особенностей северного климата.

Для тренировок пожарных, повышения их профессионального мастерства, приобретения новых навыков, в последнее время активно применяются VR-симуляторы. Сгенерированная на них виртуальная реальность (VR) с визуализацией реалистичной физики огня и дыма, позволяет пожарным отрабатывать действия при различных сценариях, таких как пожары в зданиях, лесах или на промышленных объектах. Это повышает их готовность к реагированию на сложные ситуации во время реальных операций и снижает возможные риски.

Список использованной литературы

1. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Современные проблемы пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 322-326.

2. Мануйленко И. А. Основные тенденции развития современных систем безопасности на производстве // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 204-210.

3. Мануйленко И. А. Современные средства и методы ликвидации аварийных разливов нефти // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: Международный научно-практический форум. Волгоград, 2019. С. 304-309.

4. Медведев В. Н., Резчиков П. В. Особенности применения механизированного аварийно-спасательного оборудования при ликвидации последствий ЧС и пожаротушения // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 271-275.

5. Насиров А. З., Источкина М. В. Использование беспилотных летательных аппаратов для мониторинга ЧС // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. Т. 1. С. 204-205.

6. Перина А. И. Современные технологии пожаротушения // Молодой ученый. 2021. № 42 (384). С. 222-226.

7. Песков А. Е. Использование современных технологий в системе МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2023. С. 215-220.

8. Попов С. В., Голатов Д. А. Особенности применения гидравлического аварийного спасательного инструмента // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2020. С. 121-122.

9. Хабабутдинов Д. А. Методы и средства пожаротушения // Теория и практика современной науки. 2019. С. 480-485.

УДК 614.841.3:627.2

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ПОРТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОТ ПОЖАРОВ

Мануйленко И. А., *канд. с.-х. наук, доцент*
Колобанова Н. А., *канд. техн. наук, доцент*
Селиверстов И. В., *ст. преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены актуальные вопросы функционирования морских и речных портов с точки зрения пожарной и техносферной безопасности. Выяснено, что наибольшую опасность представляет процесс перевозки нефтепродуктов, чрезвычайные ситуации возникают как в портовых сооружениях, так и на морских и речных судах. Определена специфика обеспечения пожаробезопасности данных объектов, предложены инновационные средства тушения в условиях атак БПЛА в современных реалиях.

Ключевые слова: *техносферная безопасность, морские порты, аварийные ситуации, нефтеперевозки, пожары на водном транспорте, БПЛА, средства пожаротушения.*

В Российской Федерации в настоящее время действует более **шестидесяти морских портов,** мощностью около 1,3 млрд тонн в год, с протяженностью причального фронта порядка 148 тыс. погонных метров. Они разбиты на 5 групп, соответствующих Арктическому, Балтийскому, Каспийскому, Тихоокеанскому и Черноморскому бассейнам. Кроме морских, большую роль в экономике страны играют речные порты и причальные комплексы.

Речные порты, а их в стране около ста двадцати, представляют собой комплексы сооружений, расположенных на земельном участке и акватории внутренних водных путей, обустроенных и оборудованных в целях обслуживания пассажиров и судов, погрузки, выгрузки, приема, хранения и выдачи грузов, взаимодействия с другими видами транспорта.

Порты, которые по своему назначению подразделяются на универсальные и специализированные, являются узловыми объектами для внутреннего и внешнего водного, железнодорожного и автомобильного видов транспорта, играют важную роль в обеспечении перевозок грузов и пассажиров, грузо- и пассажирооборота страны, внешней торговли.

При этом, невзирая на различные географические локации, занимаемые площади, сезонность функционирования, показатели экономических данных, и множество других факторов, отличающих их друг от друга, есть общий для всех, это наличие в той, или иной степени развитой инфраструктуры. Общей является и задача обеспечения

приемлемых условий функционирования порта, т. е. экономически эффективная и безопасная работа наземного и судового персонала, а также механизмов, участвующих в технологическом процессе по перевозке пассажиров, транспортировке грузов и товаров водным путем как внутри страны, так и на внешних линиях.

Грузовые суда делятся на сухогрузные и наливные, а сухогрузные, в свою очередь, на универсальные и специализированные. Пассажирские суда на линейные и круизные, грузопассажирские суда занимают промежуточное положение между грузовыми и пассажирскими, промысловые суда подразделяются на добывающие и перерабатывающие. Из сухогрузов, в стране самый большой объем занимают перевозки угля, около 20 %.

В крупные приречные города, такие, как Москва, Санкт-Петербург, Нижний Новгород и другие, до 50 % всех строительных материалов доставляется по воде. Основную долю грузов российских морских портов составляют нефтеперевозки, что отличается от мировой практики, где в общем объеме перевозок грузов морским транспортом 56 % приходится на сухогрузы, 44 % – на наливные грузы.

По данным на 2025 год, **рентабельных доказанных запасов нефти в России – 13,2 млрд тонн,** которых хватит на 25 лет базовой добычи. При этом общий ресурсный потенциал страны значительно выше: **81,6 млрд тонн** нефти. Запасов нефти в России осталось всего лишь на 26 лет. Такую оценку озвучил глава Минприроды Александр Козлов. Обеспеченность запасами нефти РФ соответствует 65 годам добычи при ее текущем уровне, обеспеченность запасами газа оценивается в 100 лет [9].

Невзирая на санкционные действия недружественных стран, Россия продолжает оставаться одним из основных экспортеров углеводородного сырья. Сектор продажи нефтепродуктов на внешнем рынке составлял в ноябре 2025 года, около 15 % от общемирового. Удельный вес экспорта нефти России в общем объёме экспорта углеводородов – **47,8 %**. При этом часть нефтепродуктов также отправляется за рубеж, поэтому реальная доля экспорта нефти – **около 70 %.**

Но кроме нефти, посредством трубопроводных систем и судами газовозами, внутренним и внешним потребителям транспортируется газ. Общий экспорт российского газа в 2024 году (трубопроводного и СПГ) – примерно 160-161 млрд м^3. При этом поставки трубопроводного газа в 2024 году выросли на 16-17 % к 2023 году – до 116 млрд м^3.

Кроме того, через российские средства доставки около 98 % казахстанской нефти экспортируется через Россию. В августе 2025 года экспорт нефти терминала Каспийского трубопроводного консорциума (КТК) в России был установлен на уровне 1,66 млн баррелей в сутки, или около 6,5 млн тонн.

Таким образом, обеспечение стабильной и безопасной работы отечественных портов является одной из важнейших задач национальной безопасности.

Учитывая химический состав и долю углеводородов среди грузооборота через портовую инфраструктуру, возможно предположить, что именно операции по их транзиту наиболее технически сложные и потенциально опасные [2]. Пожарная опасность нефти и нефтепродуктов связана с их сложным химическим составом и физическими характеристиками. Горение разливов сырой нефти и продуктов ее переработки сопровождается выделением большого количества вредных веществ. Смесь легко воспламеняющихся циклических углеводородов и токсичные соединения их переработки требуют неукоснительного выполнения норм и условий хранения и транспортировки, изложенных в инструкции.

Так в резервуарном парке, обеспечивающем временное хранение подлежащих транспортировке нефтепродуктов, во время проведения технологических операций, связанных с хранением и транспортировкой нефтепродуктов, возникает около 50 % от общего количества пожаров [3]. Наиболее распространенной причиной возникновения пожаров при этом, является взрыв паровоздушной смеси на территории резервуарного парка, образующейся в результате дыханий, перелива нефтепродукта, при их компаундировании. По этой причине возникает до 75 % пожаров от числа возникших при проведении технологических операций, или 35 % от общего числа пожаров [7].

Проблемы, связанные с возникновением пожаров на водном транспорте, а также береговых сооружениях и причальных комплексах, в настоящее время являются достаточно актуальными и требуют постоянного внимания со стороны специалистов в области пожаротушения и заинтересованных в решении этих вопросов, ведомствах. Практически ежедневно в мире происходят подобные чрезвычайные ситуации, приводящие к значительному материальному ущербу, причем некоторые из них, к сожалению, усугубляются жертвами среди персонала и пассажиров судов.

По статистике пожары, возникающие в море и портах, в среднем составляют до пяти процентов от общего числа аварийных ситуаций в мировом флоте. Однако, погибших в результате пожаров судов от общего количества утраченных в мире, в отдельные годы превосходит двадцать процентов. Фактически это означает, что мировой флот ежесуточно теряет в среднем два судна в результате частичного или полного уничтожения их огнем.

Факторами, способствующими возникновению и дальнейшему развитию подобных пожаров, являются наличие на борту судна, или в складских помещениях береговой инфраструктуры, опасных легко-

воспламеняющихся грузов, нарушение техники безопасности, неисправности оборудования, не соблюдение технологии производства такелажных работ.

Как показывает практика, распространение пожара на судне происходит с большой скоростью, скачкообразно увеличиваясь по площади. Связано такое негативное развитие ситуации с конструктивными особенностями судов, наличием внутри их корпусов большого количества пустот, в которых проложены коммуникации, вентиляционные шахты, каналы, а также большим количеством пластика и дерева, других горючих отделочных материалов, из которых выполнен внутренний интерьер судна.

Наиболее опасны пожары на нефте-газоналивных судах. Транспортируемый на них взрывопожароопасный груз требует особого внимания с целью обеспечения безопасности. Однако и смеси паров нефтепродуктов с воздухом взрывоопасны. Чем больше объем помещения с взрывоопасной газовой смесью, тем сильнее может быть взрыв. Наибольшая вероятность взрыва на танкере не тогда, когда он загружен даже легкими нефтепродуктами, а когда его танки пусты и не продегазированы [8].

В настоящее время, к вышеуказанным факторам, провоцирующим возникновение пожаров на судах и портах страны, добавилась военная угроза применения по ним БПЛА и надводных дронов.

В этом году зафиксирована атака беспилотников на морской порт Оля в Астраханской области. Порт Оля находится в дельте Волги, на правом берегу реки Бахтемир, используется для перегрузки металлопроката, зерна, оборудования. В этом году там открыли таможенное окно пропуска через государственную границу для приема контейнерных и генеральных грузов, масла и зерна. В порту шесть причалов, пропускная способность грузовых терминалов порта – 4,37 миллиона тонн грузов в год.

Был атакован Морской терминал КТК, оснащенный тремя выносными причальными устройствами (ВПУ), позволяющими безопасно загружать танкеры на значительном удалении от берега, в том числе при неблагоприятных метеоусловиях.

В морских портах Ленинградской области вводился режим повышенной готовности из-за атак беспилотников, применялись особые меры по предотвращению ЧС в морских портах Балтийского моря, на объектах в Усть-Луге, Приморске, Высоцке и Выборге. Для помощи пожарным, при ликвидации пожара на терминале, применялся пожарный поезд.

Под удар попадал один из крупнейших пассажирских портов России – «Кавказ» в Краснодарском крае.

Таким образом, становится достаточно актуальным изучение специфики обеспечения пожаробезопасности таких объектов, разработка инновационных средств тушения, кроме того, поиск новых эффективных средств защиты личного состава пожарных подразделений, принимающих участие в ликвидации чрезвычайных ситуаций [1, 4].

В общем, специфика борьбы с пожарами в порту заключается в необходимости создания эффективной водяной завесы, отсекающей пламя от близлежащих сооружений и пришвартованных у пирса судов. Прежде всего осуществляется охлаждение горящих танков, палубы и бортов судна распыленными струями из водяных стволов с большим расходом, заполняются пустые танки водой или инертным газом, смываются и отсекаются в случае выброса или вылива горючего на поверхность воды, мощными водяными струями от других судов и береговых объектов, устанавливаются боновые заграждения для предотвращения растекания ГЖ и ЛВЖ по акватории [10].

Все это требует от пожарных привлечения значительного количества сил и средств [5]. Ведущие отечественные и иностранные компании постоянно ведут исследования и разрабатывают современное оборудование, с целью обеспечения надежной и эффективной защиты причальных комплексов, судов и береговых сооружений от пожара [6].

В качестве примера удачной разработки можно указать созданный ЗАО «ПО «Спецавтоматика» (г. Бийск) специально для речной и морской инфраструктуры, ороситель дренчерный струйный «ПИРС». Ороситель создает вертикальный водяной столб высотой не менее девяти метров при давлении 0,8 Мпа, а его конструкция обеспечивает фильтрацию воды на входе и создание высокодинамичной водяной струи с помощью специально спрофилированного сопла.

Предназначено изделие для применения на объектах различного назначения, с целью создания мощных водяных завес выделенных зон открытых и закрытых объектов с большими площадями. Оросителями комплектуются автономные, автоматические, полуавтоматические и с ручным пуском установки пожаротушения, секции орошения и водяных завес для локализации очага возгорания и для предотвращения распространения пожара, в том числе, с берега на судно и наоборот.

Использование таких водяных завес в комплексе с установками пожаротушения позволяет реализовать тактику двухрубежной противопожарной защиты объектов тушения [10].

Список использованной литературы

1. Бардюг З. К., Мануйленко И. А. Инновационные средства тушения пожаров внутри замкнутых объѐмов // Наука и молодѐжь: новые идеи и решения: материалы XIX международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. Ч. 1. С.105-107.

2. Мануйленко И. А. Современные средства и методы ликвидации аварийных разливов нефти // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: Международный научно-практический форум. Волгоград, 2019. С. 304-309.

3. Князева А. А. Особенности прогнозирования техногенных чрезвычайных ситуаций разлива нефтепродуктов при различных способах транспортировки // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2025. Том II. С. 56-63.

4. Мануйленко И. А., Колобанова Н. А. Применение БАС в условиях чрезвычайных ситуаций // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. Том II. С. 82-87.

5. Михайлова М. Д., Илюшина А. Е. Ликвидация и локализация пожара пожарно-спасательными подразделениями // Наука и молодѐжь: новые идеи и решения: материалы XIX международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. Ч. 1. С. 128-130.

6. Перина А. И. Современные технологии пожаротушения // Молодой ученый. 2021. № 42 (384). С. 222-226.

7. Полякова Н.А. Пожароопасность нефтебаз в России: статистика аварий, пожаров и взрывов // «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки». 2024. № 9 (96). https://alley-science.ru/domains_data/files/Sept24/ POZHaROOPaSNOST--NEFTEBaZ-V-ROSSII-STaTISTIKa-aVaRII%2C-POZHaROV-I-VZRIVOV-.pdf?x58982

8. Прилепин М. Е., Источкина М. В. Обзор методов и способов снижения пожаровзрывоопасности процессов дегазации нефтяных резервуаров // Наука и молодѐжь: новые идеи и решения: материалы XIX международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. Ч. 1. С. 238-240.

9. Чернованов А. А., Колобанова Н. А. Влияние на экологию нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности // Наука и молодѐжь: новые идеи и решения: материалы XIX международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. Ч. 1. С. 191-192.

10. Шарапов С. В., Крутолапов А. С., Копейкин Н. Н. Анализ информации о пожарах на судах и о практике их тушения в портах // Пожаровзрывобезопасность. 2017. № 26 (1). С. 52-60.

УДК 614.841.42:630

АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ДАНИЛОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Можалин З. А., *аспирант*
Беломутенко Д. В., *канд. техн. наук, доцент*
Источкина М. В., *старший преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проведен анализ пожарной безопасности Среднеахтубинского лесничества.

Ключевые слова: *лесные пожары, пожарная безопасность лесов, пожаротушение, степные пожары, ландшафтные пожары, методы тушения пожаров.*

Волгоградская область расположена на юго-востоке европейской части России в районе Нижнего Поволжья и среднего течения реки Дон между 47°26'-51°15' северной широты и 41°11'-47°26' восточной долготы. С севера на юг и с запада на восток ее территория протянулась более чем на 400 километров. Волгоградская область граничит на севере с Саратовской областью, на юге с Астраханской областью и Республикой Калмыкия, на северо-западе с Воронежской областью, на западе и юго-западе с Ростовской областью, на востоке с Республикой Казахстан.

Уровень пожарной безопасности лесного фонда региона в значительной степени определяется засушливым климатом, наличием хвойных насаждений, примыканием к лесным участкам дорог общего пользования, сельхозугодий, близким расположением населенных пунктов и пригородных зон. Наиболее уязвимыми в пожарном отношении являются созданные на песчаных землях массивные насаждения сосны.

Леса, расположенные на землях лесного фонда занимают площадь 680,8 тыс. га или 97,7 % общей площади лесов Волгоградской области. Органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации в области лесных отношений является комитет природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Волгоградской области. На основании приказа Рослесхоза от 16.09.2008 № 262 «Об определении количества лесничеств на территории Волгоградской области и установлении их границ» леса, расположенные на землях лесного фонда, территориально объединены в двадцать два лесничества: Алексеевское, Арчединское, Быковское, Волгоградское, Даниловское, Жирновское, Иловлинское, Калачевское, Камышинское, Котовское, Лещевское, Михайловское, Нижнечирское, Новоаннинское, Ольховское, Подтелковское, Руднянское, Светлоярское, Серафимовичское, Среднеахтубинское, Старополтавское, Урюпинское.

Рассмотрим подробнее характеристику Даниловского лесничества. Даниловское лесничество расположено в центральной части Волгоградской области на территории Даниловского, Фроловского административных районов и городского округа г. Михайловка. Район расположения Даниловского лесничества характеризуется широко развитой сетью путей транспорта общего пользования.

Даниловское лесничество включает в себя территорию Штабного, Островского, Сергиевского, Заполянского, Березовского, Даниловского сельского участковых лесничеств.

Общая площадь Даниловского лесничества составляет 42925,0 га, в том числе площадь участковых лесничеств:

- Березовское участковое лесничество – 6588,0 га.
- Даниловское сельское участковое лесничество – 5424,0 га.

- Заполянское участковое лесничество – 5188,0 га.
- Островское участковое лесничество – 9454,0 га.
- Сергиевское участковое лесничество – 5356,0 га.
- Штабное участковое лесничество – 10915,0 га.

Даниловское лесничество располагается на территории Даниловского, Фроловского муниципальных районов и городского округа города Михайловка Волгоградской области.

Таблица 1 – Структура лесничества

№№ п/п	Наименование участковых лесничеств	Административный район (муниципальное образование)	Общая площадь, га
1	Березовское	Даниловский	5613,0
		Фроловский	975,0
		Итого	6588,0
2	Даниловское сельское	Даниловский	5424,0
3	Заполянское	Даниловский	5188,0
4	Островское	Даниловский	9454,0
5	Сергиевское	Даниловский	1308
		Городской округ г. Михайловка	4048
		Итого	5356,0
6	Штабное	Даниловский	10915,0
Всего по лесничеству			42925,0

Леса Даниловского лесничества отнесены к району степей европейской части Российской Федерации степной лесорастительной зоны. По целевому назначению и выполняемым функциям все леса Даниловского лесничества отнесены к защитным лесам.

Таблица 2 – Характеристика лесных и нелесных земель из состава земель лесного фонда на территории Даниловского лесничества

Показатели характеристики земель	Всего по лесничеству	
	площадь, га	%
1	2	3
Общая площадь земель	42925	100
Лесные земли – всего	36097	84,09
Земли, покрытые лесной растительностью – всего	32018	74,59
Земли, не покрытые лесной растительностью – всего	2154	5,01
в том числе:		
- несомкнувшиеся лесные культуры	1892	4,40
- лесные питомники, плантации	33	0,07
- редины естественные	-	-
- гари, погибшие насаждения	268	0,62
- вырубки	767	1,78
- прогалины, пустыри	1119	2,60
Нелесные земли – всего	6828	15,90
в том числе:		
- биополяны	-	-

Показатели характеристики земель	Всего по лесничеству	
	площадь, га	%
1	2	3
- пашни	210	0,48
- сенокосы	778	1,81
- пастбища	224	0,52
- воды	1452	3,38
- сады	4	0,01
- дороги, просеки	440	1,02
- усадьбы и пр.	10	0,02
- болота	1630	3,79
- пески	408	0,95
- прочие земли	1672	3,89

Приведенная в данной таблице характеристика земель лесного фонда лесничества показывает, что лесные земли составляют 84,09 % общей площади лесничества. При этом покрытые лесной растительностью земли составляют 74,59 %. Не покрытые лесной растительностью земли составляют 5,01 % от общей площади лесничества. Нелесные земли составляют 15,9 % общей площади лесничества и представлены в основном болотами (3,79 %) и прочими землями (3,89 %).

На территории Волгоградской области превалируют лесные массивы, относящиеся к I-III классам пожарной опасности (около 50 % всей площади), что, несомненно, оказывает свое решающее значение при определении Волгоградской области как области с высокой лесопожарной опасностью.

Основной причиной возгораний по-прежнему остается человеческий фактор (97-100 % из всех случев).

Наибольшее количество пожаров происходит в районах с наиболее развитой инфраструктурой, особенно где численность населения и площадь лесного фонда превышает средние показатели по области.

На основании вышеизложенного, при наступлении неблагоприятных погодных условий (засуха, высокая температура воздуха, небольшое количество осадков) в Даниловском лесничестве складывается пожароопасная ситуация.

Также, опираясь на статистические данные, установлено, что 75-90 % лесных пожаров, при прочих равных условиях, возникает в лесных участках, относящихся к I-III классам природной пожарной опасности. Если учесть, что в Волгоградской области леса I-III классов пожарной опасности занимают 50 % площади, то вероятность возникновения лесных пожаров сохраняется на половине лесного фонда в течение всего пожароопасного периода.

В подавляющем большинстве случаев пожары в лесу возникают по вине человека. Чаще всего лесные пожары возникают вблизи населенных пунктов, в интенсивно используемых лесопарковых зонах, а также вдоль автомобильных и железных дорог, по берегам судоходных рек. В радиусе 5 км от жилой зоны возникает от 50 до 70 % пожаров, 10 км – от 80 до 93 %, а за пределами 20 км – лишь от 3 до 10 % пожаров.

Анализ горимости лесов за 20 летний период показывает, что в среднем по вине человека возникает 87 % лесных пожаров, от сельхозпалов 5 %, от грозовых разрядов 2 % и по прочим причинам 6 %.

Самыми пожароопасными, где по вине человека происходит до 100 % загораний, являются территории, входящие в зону пойм рек, являющиеся зонами массового отдыха населения и примыкающие к крупным населенным пунктам. Загорания по вине граждан превалируют и на других территориях. Антропогенные загорания происходят от неосторожного обращения с огнем сельского населения, отдыхающих граждан, вследствие невыполнения ими правил пожарной безопасности.

В массивах зелёных зон, городских лесах и других, прилегающих к населённым пунктам, антропогенные нагрузки значительно возрастают. Здесь потенциальная частота появления антропогенных источников возгорания в пожароопасный период может составить от 1 до 10 случаев в день и более.

Основными источниками (местами возникновения) антропогенных пожаров являются:

- стоянки рыбаков (в т.ч. станы) и места посещения охотниками, туристами и браконьерами;
- места традиционного отдыха населения и окрестности поселков. В этих местах пожары возникают, как правило, в выходные и праздничные дни;
- обочины дорог общего пользования, включая железные дороги;
- места лесозаготовок, включая дороги, по которым ведется вывозка древесины.

Одним из основных источников загораний являются травяные пожары, или сельхозпалы. Кроме того, сами сельхозпалы являются бедствием для луговых и полевых экосистем, так как ведут к гибели насекомых, деградации почв. Наносится ущерб популяциям гнездящихся на земле птиц, поскольку палы наиболее интенсивны весной, в период гнездования.

Однако не все возникающие пожары перерастают в крупномасштабные. Факторами, оказывающими наибольшее влияние на распространение лесных пожаров на большие площади, являются:

- сухая жаркая погода с сильными штормовыми ветрами;

- несвоевременное обнаружение, неоперативность в привлечении сил и средств пожаротушения;

- неудовлетворительное материально-техническое оснащение противопожарных служб;

- недостаточное противопожарное обустройство территории лесного фонда и мест массового отдыха населения.

По среднемноголетним данным пожароопасный сезон в Волгоградской области наступает в III декаде марта и продолжается до конца сентября. Длительность его составляет около 7 месяцев. Наиболее опасными в пожарном отношении является весна, когда еще много сухой прошлогодней травы, а новая еще не подросла и вторая половина лета (июль, август), в связи с тем, что по статистике в это время наиболее часто наблюдается засуха и жара.

Опасные, из-за продолжительных засух, массовые загорания случаются ежегодно. При этом время, частота и продолжительность их проявления по годам существенно изменяются. Наибольшая пожарная опасность возникает при совпадении продолжительной засушливой погоды с периодами массового посещения леса людьми для заготовки сена, сбора ягод, грибов и т. д.

Список использованной литературы

1. Ежов К. В., Беломутенко С. В. Особенности тушения пожаров на территории Волгоградской области // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2016. С. 12-17.

2. Миненко О. С., Беломутенко Д. В. Особенности профилактики лесных пожаров на территории Волгоградской области // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2016. Том 4. С. 44-50.

3. Беломутенко С. В. Особенности развития и тушения степных пожаров // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2016. Т. 4. С. 7-12.

4. Беломутенко Д. В. О возможности создания огнезащитных опорных полос с использованием пропиток на основе антипиренов // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2017. Том 4. С. 406-412.

5. Лесные пожары и борьба с ними: сборник научных трудов / Е. С. Арцыбашев [и др.]. Л.: ЛенНИИЛХ, 1986. 156 с.

6. Пожарная профилактика в промышленности и сельском хозяйстве: учебное пособие для пожарно-технических училищ / В. М. Зозуля, И. К. Беспалый, Ф. Л. Логинов, Э. Б. Милеев. М.: Стройиздат, 1974. 387 с.

7. Беломутенко Д. В. Анализ влияния природных условий на горимость лесных насаждений и охрану их от пожаров на примере Волгоградской области // Наука и практика в решении стратегических и тактических задач устойчивого развития России: сборник научных статей по итогам национальной научно-практической конференции. СПб.: «КультИнформПресс», 2019. С. 109-110.

8. Ежов К. В. Особенности проведения профилактических работ с населением по предупреждению ландшафтных пожаров на территории волгоградской области // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий Материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2019. С. 347-352.

9. Голатов Д. А. Особенности использования установок пожаротушения с тонкораспыленной водой // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоградский ГАУ, 2017. С. 502-509.

10. Синичкин В. Е., Фатеев М. А. Адаптация пожарной техники для тушения природных пожаров путем установки быстросъемной мотопомпы на АЦ с забором из цистерны Актуальные проблемы пожарной и техносферной безопасности // Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиления экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий: материалы Международной научно-практической конференции. 2020. Т. 6. С. 360-364.

УДК 614.841.3:725.826

ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ КУЛЬТОВОГО НАЗНАЧЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Песков А. Е., *канд. п. наук, доцент*
Беломутенко Д. В., *канд. техн. наук, доцент*
Источкина М. В., *ст. преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены правовые аспекты обеспечения пожарной безопасности при проектировании и эксплуатации зданий религиозного назначения, обеспечения безопасности людей при пожаре. Исследованы требования действующих нормативно-правовых документов в части безопасности зданий различных религиозных конфессий. Проведён анализ проблем обеспечения безопасной эвакуации людей из православных культовых зданий.

Ключевые слова: *культовые здания, пожарные риски, эвакуация людей, пожарная безопасность зданий, причины пожаров, нормативные требования пожарной безопасности.*

В современном обществе вопросы обеспечения пожарной безопасности занимают одно из важнейших мест среди приоритетных задач государственной политики. В Российской Федерации соблюдение требований пожарной безопасности регулируется рядом нормативных актов, которые направлены на защиту жизни, здоровья и имущества граждан, а также на обеспечение безопасности общественных мест и производственных объектов [1].

В Российской Федерации вопросы пожарной безопасности регулируются рядом основных нормативных актов, которые определяют требования к обеспечению безопасности от пожаров на объектах раз-

личного назначения. Основными нормативными документами, регулирующими требования пожарной безопасности, являются Федеральный закон «О пожарной безопасности" и соответствующие правила и нормы. Федеральный закон «О пожарной безопасности» устанавливает общие принципы и требования к обеспечению пожарной безопасности на территории Российской Федерации. Он определяет права и обязанности граждан, организаций, органов государственной власти и местного самоуправления в области пожарной безопасности. Закон устанавливает порядок проведения пожарно-технической экспертизы, требования к планированию и эксплуатации объектов, а также меры по предотвращению пожаров.

Помимо Федерального закона «О пожарной безопасности», значительное значение имеют правила и нормы пожарной безопасности. Эти нормативные документы содержат конкретные требования к различным видам объектов: жилым домам, общественным зданиям, производственным предприятиям и другим сооружениям. В них устанавливаются требования к системам пожаротушения, эвакуации людей в случае пожара, оборудованию пожарной сигнализации и противопожарной защите.

Обеспечение пожарной безопасности регулируется рядом нормативных документов и стандартов. Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», СНиП 21-01-97, а также правила противопожарного режима, утвержденные постановлением Правительства РФ, служат основным фундаментом для проектирования, эксплуатации и технического обслуживания зданий. В районах с богатым историческим наследием эти нормативы предусматривают дополнительные требования, направленные на сохранение уникальных элементов и предотвращение необратимых повреждений при выполнении противопожарных мероприятий.

Нормативные документы по обеспечению пожарной безопасности с учетом специфики данных зданий отсутствовали, вплоть до выхода НПБ 108-96 «Культовые сооружения. Противопожарные требования», где были изложены конкретные требования пожарной безопасности, но в данном документе не учитывалась специфика религиозных зданий. Нормы предусматривали требования пожарной безопасности для православных храмов» [2].

Рассмотрим положение нормативной базы для культовых сооружений в настоящее время. Основным нормативным документом по обеспечению пожарной безопасности в Российской федерации является Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ (в ред. Федерального закона от 28.05.2017 № 100-ФЗ) [5]. Главным же документом в вопросах пожарной безопасности для православных приходов на территории России остается Федеральный за-

кон № 123, подписанный президентом России 22 июля 2008 года и охватывающий на данный момент все государственные противопожарные стандарты в нашей стране. Для ранее построенных церквей действуют специальные Противопожарные требования (согласованные с Московской Патриархией)».

05.07.2017 года между МЧС России и Русской Православной Церковью было подписано Соглашение о сотрудничестве. МЧС России планирует содействовать епархиям в создании и развитии подразделений добровольной пожарной охраны на территории религиозных объектов. В настоящее время добровольные пожарные дружины или команды из числа священнослужителей уже стоят на защите монастырей и храмов, а также привлекаются для тушения пожаров в отдаленных населенных пунктах. В рамках Соглашения также подписан Протокол о намерениях, который предполагает, что священнослужители на местах будут участвовать в осуществлении надзорной и профилактической деятельности в отношении объектов религиозного назначения. Протокол предполагает согласование сроков и времени проведения подобных проверок [3].

Представители церкви теперь войдут в состав территориальных комиссий, созданных при управлениях надзорной деятельности и профилактической работы Главных управлений МЧС России по субъектам РФ, для рассмотрения вопросов соблюдения требований пожарной безопасности на объектах религиозного назначения.

В настоящее время для культовых зданий разработан ВНИИПО – СП 258.1311500.2016 «Объекты религиозного назначения. Требования пожарной безопасности» [7]. Документ утвержден и введен в действие приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) от 23 ноября 2016 г. № 615.

Соблюдение требований пожарной безопасности является обязательным для всех субъектов, вне зависимости от их организационно-правовой формы.

Пожарная безопасность является одной из важнейших задач, связанных с управлением учреждениями, где проходят религиозные службы и собрания. В культовых объектах, таких как храмы, церкви, мечети и синагоги, соблюдение мер безопасности особенно актуально из-за специфики их назначения и архитектурных особенностей.

Культовые учреждения часто используются не только для религиозных обрядов, но и для культурных мероприятий, концертов, свадеб и других собраний, что приводит к скоплению людей. Этот факт значительно увеличивает требования к их пожарной безопасности. Из истории известно множество случаев, когда исторические и культурные памятники, представляющие собой важную часть наследия, под-

вергались разрушению из-за ненадлежащей организации пожарной безопасности. Основные угрозы, с которыми сталкиваются такие учреждения, включают в себя использование открытого огня, недостаточную защиту конструкций и человеческий фактор [8].

Древесина является основным строительным материалом многих культовых сооружений, что делает их особенно уязвимыми к возгоранию. Кроме того, в процессе проведения обрядов используется открытый огонь, например, свечи, которые также представляют собой потенциальный источник риска. Соответственно, использование огнеупорных материалов в строительстве и отделке, а также установка систем автоматического пожаротушения должны стать основными приоритетами на этапе проектирования и эксплуатации таких объектов

Обучение персонала и прихожан играет ключевую роль в обеспечении пожарной безопасности. Основные этапы подготовки должны включать теоретические занятия и практические тренировки по действиям в случае возникновения пожара. Регулярные тренировки помогут сократить время реакции в чрезвычайной ситуации, что, в свою очередь, может спасти жизни. Знание элементов планов эвакуации и понимание порядка действий в случае возникновения чрезвычайных ситуаций должно стать обязательной частью программы обучения. Регулярные проверки и техническое обслуживание систем противопожарной безопасности также являются важной частью стратегии обеспечения защиты [4].

Необходимо проводить аудит состояния противопожарных систем, таких как дымовые извещатели, огнетушители и системы водяного тушения, а также следить за состоянием стен и потолков на предмет наличия трещин и повреждений, которые могут ослабить конструкцию и сделать ее более уязвимой для возгорания.

Системы сигнализации также должны быть современными и интегрированными, что позволит незамедлительно реагировать на предполагаемые угрозы. Установленные датчики дыма и тепла должны быть связаны с автоматическими системами оповещения, что создаст возможность сразу же информировать людей о необходимости эвакуации и сигнализировать соответствующим службам. Стены, служащие ограждениями для решения задач противопожарной безопасности, должны быть устойчивыми к распространению огня, что также требует применения современных строительных технологий и материалов.

Одна из проблем, с которой сталкиваются менеджеры культовых учреждений, заключается в том, что безопасность часто воспринимается как вторая по важности задача после духовных обязательств. Однако именно поэтому на уровне риска для жизни и здоровья необходимо осознавать, что игнорирование принципов пожарной безопасности может привести не только к потерям, но и к серьезным последствиям для всего сообщества [5].

Важным аспектом является разработка документов, регулирующих меры пожарной безопасности на уровне государственных и местных законодательств. Культовые учреждения должны соответствовать установленным государственным нормам и стандартам, которые помогают уделять должное внимание вопросам безопасности. Например, указания на наличие эвакуационных выходов, требования к их содержанию и уровню освещенности, а также правила хранения материалов, которые могут представлять опасность.

Также необходимо учитывать, что большинство религиозных общин имеют библиотеки и архивы, хранящие бесценные манускрипты и артефакты, что еще больше подчеркивает необходимость интеграции пожарной безопасности в общую стратегию управления. В этом контексте требуется проводить мероприятия по повышению осведомленности прихожан о рисках и способах защиты пожара, чтобы все члены общины были активными участниками в обеспечении безопасности.

Пожарная безопасность в культовых учреждениях является комплексной проблемой, требующей серьезного подхода с учетом специфики зданий и особенностей их эксплуатации. Эффективные меры по предотвращению и реагированию на пожары могут существенно снизить риски и сохранить не только здоровье и жизни людей, но и культурное наследие. Развитие культуры безопасности в религиозных сообществах требует объединенных усилий государственных служб, образовательных учреждений и самих верующих, что позволит создать безопасную среду для всех.

Обеспечение пожарной безопасности в культовых учреждениях является важнейшим аспектом их эксплуатации, учитывая их архитектурную сложность, историческую ценность и социальную значимость. Эти здания, такие как церкви, соборы, мечети, синагоги и монастыри, отличаются большой посещаемостью, а также наличием материалов, способных быстро воспламениться, таких как дерево, ткани, гипс и другие горючие компоненты [6].

В условиях высокой посещаемости и возможных ритуальных использований открытого огня (например, свеч), риск возникновения пожара возрастает, что требует внедрения систем профилактики, оперативных мер реагирования и обеспечения безопасной эвакуации. Различные причины возникновения пожара в культовых сооружениях могут включать неисправность электропроводки, неправильное использование электроприборов, нарушение правил обращения с огнем, а также проведение ритуальных обрядов с открытым пламенем. Высокая сложность архитектурных элементов, такие как высокие потолки, витражное остекление и деревянные конструкции, способствует быстрому распространению огня и дымов, что усложняет проведение противопожарных мероприятий.

Кроме того, исторические памятники требуют бережного подхода при модернизации систем пожарной защиты, чтобы не нанести ущерб их внешнему и внутреннему облику. В районах с богатым историческим наследием эти нормативы предусматривают дополнительные требования, направленные на сохранение уникальных элементов и предотвращение необратимых повреждений при выполнении противопожарных мероприятий. С учетом особенностей памятников архитектуры существует необходимость разрабатывать индивидуальные системы, сочетающие современные технологии и сохранение эстетичного облика [7].

Современные технические решения включают автоматические системы пожаротушения, такие как спринклерные установки, газовые системы, системы дымоудаления и оповещения. Важнейшими элементами являются сигнализация и системы дистанционного мониторинга, способные обеспечивать раннее обнаружение возгорания и своевременное информирование об угрозе. Встроенные системы видеонаблюдения позволяют отслеживать ситуацию в режиме реального времени, а также обеспечивают оперативное реагирование служб безопасности. Несмотря на высокую эффективность, внедрение современных систем сталкивается с рядом проблем высокой стоимостью, необходимостью учета архитектурных особенностей, а также требованиями к минимальному вмешательству в исторический облик [8].

Проектирование противопожарных систем в культовых зданиях подразумевает тщательное проведение оценки риска, разработку индивидуальных решений и проведение регулярных технических осмотров. Эвакуационные пути должны быть ярко освещены, расположены согласно плану по эвакуации и содержать достаточное количество выходов, чтобы обеспечить быструю и безопасную эвакуацию при чрезвычайных ситуациях.

Важным аспектом является организация эвакуационных мероприятий для лиц с ограниченными возможностями, а также проведение регулярных тренировок и тренировочных эвакуаций для персонала и прихожан. В условиях древних памятников предпочтение обычно отдается средствам автоматизации, световым и тактильным указателям которые позволяют снизить риски при пандемиях, пожарах или других чрезвычайных ситуациях. Эвакуация в таких зданиях сопряжена с рядом принципиальных сложностей, обусловленных их архитектурой и внутренним убранством. Высокие потолки, большие объемы залов и наличие хрупких элементов требуют особого подхода к проектированию путей выхода и их оснащению. Механизмы безопасности должны быть направлены на быстрое и безопасное удаление людей, в то время как сама архитектура должна оставаться неизменной и соответствовать требованиям сохранения памятников. Регуляр-

ное проведение тренировок, обновление планов эвакуации и внедрение современных информационных технологий позволяют повысить уровень безопасности [9].

Перспективные направления развития системы пожарной безопасности в культовых учреждениях связаны с внедрением интеллектуальных систем мониторинга, использованием беспилотных систем, развитием автоматизированных систем управления и повышения квалификации персонала. В условиях ограниченного бюджета и требований к сохранению исторического облика особенно актуально применение неразрушающих методов установки противопожарных систем, таких как лазерное или акустическое обнаружение возгораний, а также интеграция систем с централизованными службами реагирования.

Таким образом, благодаря внедрению инновационных технологий и строгому соблюдению нормативных требований, возможно обеспечить высокий уровень пожарной безопасности, сохраняя при этом уникальную архитектуру и культурную ценность памятников.

В целом, забота о пожарной безопасности в культовых зданиях требует комплексного и системного подхода, включающего нормативное регулирование, использование современных технологий, постоянное обучение сотрудников и прихожан, а также регулярное проведение учений. Только при интеграции этих аспектов удастся обеспечить сохранность духовных ценностей, защитить человеческие жизни и минимизировать возможные материальные потери.

В современном обществе вопросы обеспечения пожарной безопасности приобретают все большее значение. Нарушение требований пожарной безопасности может привести к трагическим последствиям, поэтому важно принимать меры по предотвращению подобных ситуаций.

Список использованной литературы

1. Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Особенности организации программ переподготовки специалистов в сфере пожарной безопасности // Проблемы современного аграрного образования: содержание, технологии, качество: материалы научно-методической конференции. Волгоград, 2016. С. 199-201.

2. Беломутенко Д. В., Песков А. Е., Источкина М. В. Система нормативных правовых актов регулирующих деятельность в сфере пожарной безопасности // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград. 2018. С. 469-474.

3. Культовые сооружения. Противопожарные требования: НПБ 108-96.

4. Belomutenko D. V., Istochkina M. V. Legal basis for the activities of rescuers // Applied and Fundamental Studies Proceedings of the 14th International Academic Conference. 2018. Pp. 160-163.

5. Belomutenko D. V., Istochkina M. V., Peskov A. E. The legal status of an employee of federal fire service // Applied and Fundamental Studies Proceedings of the 14th International Academic Conference. 2018. Pp. 164-168.

6. Объекты религиозного назначения. Требования пожарной безопасности: СП 258.1311500.2016.

7. Belomutenko D. V., Istochkina M. V., Belomutenko S. V., Golatov D. A., Medvedev M. V., Peskov A. E., Klenina E. A. Fighting forest and landscape fires in forestry // Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021. 2022. 012053.

8. Источкина М. В., Беломутенко Д. В., Беломутенко С. В. Особенности обеспечения пожарной безопасности на объектах образования и науки // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2013. Т. 1 (4). С. 133-136.

9. Песков А. Е., Источкина М. В, Беломутенко С. В. Основные проблемы профессиональной подготовки спасателей в современных условиях // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 371-377.

УДК 614.8:656.262

АНАЛИЗ СТАТИСТИКИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ НА ТРАНСПОРТЕ В РОССИИ

[1,2]Пшеничкина Н. А., *преподаватель*
[2]Макарова А. Ю., *студент*
[2]Козлова С. А., *студент*

[1]ГКУ Аварийно-спасательная служба Волгоградской области
[2]ГБПОУ Волгоградский строительный техникум
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлен анализ статистики чрезвычайных происшествий на основных видах транспорта в России за 2019-2024 годы. Исследованы ключевые тенденции аварийности. Результаты исследования значимы для формирования превентивных мер в сфере транспортной безопасности.

Ключевые слова: *чрезвычайные ситуации, статистика аварийности, человеческий фактор, транспортная инфраструктура.*

Транспортная безопасность остается одним из приоритетных направлений государственной политики России, а анализ статистики чрезвычайных происшествий за последние годы позволяет выявить не только количественные изменения, но и структурные сдвиги в природе рисков, что необходимо для формирования адекватных превентивных мер.

Автомобильный транспорт традиционно характеризуется наиболее высокими абсолютными показателями аварийности. Долгосрочная тенденция с 2010 года свидетельствует о значительном прогрессе: общее число погибших в ДТП на 100 тыс. населения в России сократилось в 1,9 раза – с 18,72 человека в 2010 году до 9,86 в 2024 году [5].

Однако анализ последних лет внутри заданного периода 2019-2024 гг. показывает неоднородную динамику. После многолетнего снижения, в 2023 году был зафиксирован рост числа ДТП с постра-

давшими на 4,5 % (до приблизительно 132,4 тыс.), числа погибших – на 2,3 % (до 14,5 тыс.), что эксперты связывали с перенаправлением грузопотоков и возросшей нагрузкой на инфраструктуру [5].

В 2024 году ситуация стабилизировалась: число происшествий с погибшими или ранеными незначительно снизилось на 0,3 % (до 132 тыс.), а количество погибших составило 14,4 тыс. человек (- 0,7 % к 2023 году) [5]. При этом общее число зарегистрированных инцидентов (включая аварии только с материальным ущербом) достигло 1,8 млн, что указывает на рост отчетности по мелким происшествиям [5]. Детализируя структуру происшествий, можно отметить, что в 2024 году 116 190 ДТП пришлось на аварии с пострадавшими, в которых погибло 12 748 человек, включая 723 ребенка, а ранено было 144 311 человек [7].

Наиболее часто ДТП происходили с участием легковых автомобилей (96 032 случая), реже – с грузовыми автомобилями (15 517) и мотоциклами (8 727) [7]. Анализ портрета водителя, признанного виновным, показывает, что наиболее аварийной является возрастная группа от 30 до 40 лет (24 % случаев), а подавляющее большинство ДТП совершается мужчинами (83,4 %) [7]. Структура ДТП по видам остается неизменной: преобладают столкновения (58,3 тыс. в 2024 г.) и наезды на пешеходов (34,3 тыс.) [5]. Тревожной тенденцией является рост аварийности с участием средств индивидуальной мобильности (СИМ): число погибших в таких ДТП выросло в 2024 году на 25,6 %, составив 54 человека [5].

География аварийности крайне неоднородна: в 2024 году наибольшее число погибших зафиксировано в Краснодарском крае (789), Московской (649) и Ростовской (500) областях, а по общему числу ДТП лидируют Москва (8941), Краснодарский край (6155) и Нижегородская область (4619) [5]. Власти связывают общее улучшение показателей с улучшением дорожной инфраструктуры, внедрением интеллектуальных транспортных систем и усилением контроля, примером чему служит 20-процентное снижение аварийности на МКАД за три года после установки «умных» камер [5]. Прогресс в снижении аварийности с участием пешеходов также заслуживает отдельного внимания. В 2024 году число ДТП с участием пешеходов снизилось на 8 % по сравнению с 2023 годом, составив 34,3 тыс. случаев, что может свидетельствовать об успешности программ по обустройству пешеходных переходов, освещения и внедрения зон с ограничением скорости [7].

Однако в темное время суток риск гибели пешехода по-прежнему остается крайне высоким: 62 % всех наездов с летальным исходом происходит ночью, что актуализирует вопросы обеспечения видимости пешеходов и состояния уличного освещения [7].

Анализ сезонной динамики показывает, что традиционно наиболее аварийными месяцами являются летние (июнь-август) и начало осени, что коррелирует с пиком туристической и дачной активности, увеличением пробега личного транспорта и, зачастую, более рискованным стилем вождения в благоприятных погодных условиях [7]. В контексте погодных условий важно отметить, что, вопреки распространенному мнению, абсолютное большинство ДТП (более 80 %) происходит в ясную погоду на сухом покрытии, что еще раз подчеркивает превалирующую роль субъективных факторов – невнимательности, нарушения скоростного режима и несоблюдения дистанции – над объективными сложностями дорожной обстановки [7].

Железнодорожный транспорт, согласно международным оценкам, демонстрирует позитивную динамику в области безопасности. Данные Международного союза железных дорог (МСЖД), включающие показатели российских компаний, показывают, что после снижения числа серьезных происшествий в 2020 году (во многом из-за пандемийных ограничений), в последующий период наметился рост их количества в абсолютном выражении, связанный с увеличением объема поездной работы [5]. Однако обобщающий показатель – Индекс безопасности МСЖД (UIC Safety Index) – в 2023 году снизился относительно 2022 года, что отражает общее улучшение ситуации как следствие эффективности профилактических мероприятий [5]. Важной положительной тенденцией является сокращение доли происшествий, причиной которых был человеческий фактор: с 82,2 % в 2019 году до 77,7 % в 2023 году [5]. Структура происшествий имеет ярко выраженную специфику: подавляющая доля серьезных инцидентов (61,4 % в 2023 г.) связана с наездом поезда на людей, что указывает на преобладание внешних рисков, таких как несанкционированное проникновение на объекты инфраструктуры [5]. На долю столкновений с препятствиями пришлось 24,9 % инцидентов, а сходов с рельсов – 7,7 % [5].

В контексте внешних причин также отмечается рост числа серьезных происшествий, обусловленных действием внешних факторов, таких как нахождение транспортных средств и пешеходов на закрытых переездах [5]. Распределение происшествий по типам поездов показывает, что в период с 2019 по 2023 год преобладали инциденты с участием пассажирских поездов дальнего следования и грузовых маршрутных поездов, в то время как с высокоскоростными пассажирскими поездами связано значительно меньше происшествий [5].

Этот структурный анализ подчеркивает, что ключевые вызовы для безопасности на железнодорожном транспорте лежат не столько в сфере технологических сбоев, сколько в области организации взаимодействия инфраструктуры с внешней средой и соблюдения правил безопасности гражданами. Стоит подробнее рассмотреть категорию

наездов на людей, которая формирует основной массив происшествий. Данные свидетельствуют, что значительная часть таких случаев происходит в границах городских агломераций и пригородных зон, где плотность населения и количество несанкционированных переходов через пути максимальны [5]. Кроме того, сохраняется проблема «зацеперства» и проникновения подростков на объекты железнодорожной инфраструктуры, что периодически приводит к тяжелым травмам и гибели от удара током или падения с подвижного состава [5].

Борьба с этими явлениями ведется через усиление ограждений, установку систем видеонаблюдения и проведение профилактических мероприятий в образовательных учреждениях, однако их полная ликвидация представляется сложной задачей ввиду социально-поведенческого характера причин [5]. Прогресс в области технического оснащения, такой как повсеместное внедрение систем автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) и контроля бодрствования машиниста (СКБМ), позволил существенно снизить риски, связанные непосредственно с ошибками управления поездом [5]. Тем не менее, инциденты, подобные сходу грузового поезда с рельсов в Забайкалье в 2023 году, причины которого расследовались, в том числе на предмет технической исправности пути и подвижного состава, указывают на необходимость поддержания высоких стандартов обслуживания инфраструктуры, особенно на малодеятельных и удаленных участках сети [5].

Гражданская авиация России, согласно официальным отчетам, сохраняет стабильные показатели безопасности, соответствующие общемировым трендам. Межгосударственный авиационный комитет (МАК) отмечает, что в 2024 году общий уровень безопасности полетов после улучшения в предыдущие годы вернулся к среднестатистическим значениям, а абсолютные показатели находятся в диапазоне показателей пятилетнего периода 2020-2024 годов [3]. Критически важным выводом является оценка МАК, согласно которой около 75 % авиационных событий в 2024 году были связаны с человеческим фактором, что актуализирует необходимость разработки целевых комплексных программ по всем аспектам его влияния [3].

Исторический анализ, охватывающий период с 2011 года, демонстрирует, что наиболее тяжелые по последствиям происшествия, такие как катастрофа Sukhoi Superjet 100 в Шереметьево в 2019 году (41 погибший) или Ан-148 в 2018 году (71 погибший), часто были следствием комплекса факторов, включая ошибки экипажа, технические неисправности и сложные метеоусловия [1]. В 2024 году на регулярных коммерческих рейсах (самолеты массой более 5700 кг) произошло одно авиационное происшествие, классифицированное как авария без человеческих жертв [3]. При этом рост числа происше-

ствий и, что особенно важно, количества погибших в 2024 году был отмечен при выполнении нерегулярных рейсов и авиационных работ, в основном на вертолетной технике [3].

Данный факт обусловил применение строгих мер, вплоть до аннулирования сертификатов эксплуатантов, и подчеркивает приоритет профилактики в системе управления безопасностью полетов, а также указывает на необходимость дифференцированного подхода к регулированию различных сегментов авиаперевозок. Анализируя структуру авиационных происшествий по типам, можно выделить, что наиболее распространенными инцидентами, не приводящими к катастрофам, остаются повреждения воздушных судов при рулении или стоянке, отказы двигателей и бортового оборудования в полете [3].

Положительным трендом последних лет является значительное сокращение числа происшествий, связанных с попаданием птиц в двигатели (BIRD STRIKE), что является результатом программ по орнитологическому обеспечению безопасности полетов в крупных аэропортах [3]. Отдельного внимания заслуживает тема эксплуатации региональной и местной авиации, где сосредоточена значительная часть парка советских и российских самолетов (Ан-2, Л-410, Ту-134 и др.), ресурс которого подходит к концу [3]. Проблема старения парка и обеспечения его запасными частями в условиях внешних ограничений создает дополнительные вызовы для поддержания должного уровня летной годности, что требует от регулятора повышенного внимания к этому сегменту [3].

В целом, система управления безопасностью полетов в России, выстроенная по стандартам ИКАО, демонстрирует свою эффективность, о чем говорит стабильно низкий показатель авиационных происшествий на миллион вылетов, однако фокус внимания постепенно смещается с реагирования на произошедшее к прогнозированию и предотвращению рисков, в том числе через анализ данных полетной информации и внедрение методов прогнозной аналитики (Predictive Safety) [3].

Водный транспорт, хотя и не столь массовый в части пассажирских перевозок, играет критически важную роль в грузовой логистике и имеет свою специфическую статистику происшествий. В отличие от других видов транспорта, открытые данные по аварийности на внутренних водных путях и в морских акваториях России за 2019-2024 гг. носят менее систематизированный характер и часто публикуются в виде обзоров за конкретный год. Основными видами происшествий на водном транспорте являются посадка на мель, столкновения судов, пожары и взрывы на борту, а также опрокидывания [4].

По данным Росморречфлота, в 2023 году на внутренних водных путях России было зарегистрировано снижение количества происшествий по сравнению с 2022 годом, однако по-прежнему наиболее ча-

стым инцидентом оставалась посадка на мель, часто связанная с ошибками в судовождении или несоблюдением габаритов пути [4]. На морском транспорте, согласно глобальным обзорам, в 2024 году продолжал наблюдаться исторически низкий уровень полных потерь судов (total losses), однако число инцидентов (casualties), то есть аварийных случаев, повлекших повреждения, оставалось стабильно высоким, с тенденцией к росту [10]. Для России ключевыми регионами риска, согласно международной статистике, являются акватории Азово-Черноморского бассейна и Дальнего Востока, где интенсивное судоходство сочетается со сложными гидрометеорологическими условиями и, в отдельных районах, с напряженной геополитической обстановкой [10].

Характерной чертой аварийности на водном транспорте является высокая доля происшествий, связанных с «человеческим элементом» – усталостью экипажа, недостаточной подготовкой, нарушениями правил несения вахты и процедур [10]. Особую озабоченность в мировом судоходстве, актуальную и для России, вызывает рост числа пожаров на судах, особенно крупных контейнеровозах и ролкерах [6]. Так, в 2024 году количество пожаров в мировом торговом флоте выросло на 20 % и достигло максимума за десятилетие, что эксперты связывают с некорректным оформлением и упаковкой опасных грузов, а также с проблемами в системах электрооборудования судов[6]. Этот тренд указывает на необходимость усиления контроля за соблюдением Международного кодекса морской перевозки опасных грузов (IMDG Code) как на этапе погрузки в порту, так и в ходе планирования рейса [6]. Таким образом, безопасность на водном транспорте зависит от сложного комплекса факторов: профессиональной подготовки экипажей, технического состояния стареющего флота (что особенно актуально для речных судов), эффективности гидрографического обеспечения и средств навигации, а также от соблюдения международных конвенций по безопасности [4, 10].

Обобщение данных по четырем основным видам транспорта позволяет сделать ряд выводов.

Во-первых, наблюдается общая положительная долгосрочная тенденция к снижению тяжести последствий аварий, особенно на автомобильном и железнодорожном транспорте, что является результатом комплексных программ модернизации инфраструктуры и усиления контроля.

Во-вторых, несмотря на это, сохраняются и появляются новые вызовы: рост аварийности с участием СИМ, повышенные риски на региональных дорогах и доминирование внешних угроз (наезды на людей) на железнодорожных путях.

В-третьих, гражданская авиация подтверждает свой статус одного из самых безопасных видов транспорта для регулярных перевозок, но требует повышенного внимания к нерегулярным перевозкам и вертолетным работам, где сконцентрированы основные риски.

В-четвертых, водный транспорт, несмотря на свою специфику, сталкивается с классическими проблемами человеческого фактора и технической эксплуатации, усугубленными сложными внешними условиями.

В-пятых, и это наиболее значимый сквозной вывод, человеческий фактор, понимаемый как нарушение правил эксплуатантами, персоналом или третьими лицами, остается доминирующей причиной происшествий во всех отраслях, хотя его доля на железных дорогах имеет тенденцию к снижению.

Этот вывод перекликается с глобальными исследованиями, которые на протяжении десятилетий подтверждают, что человеческие ошибки являются определяющей причиной в подавляющем большинстве транспортных инцидентов [9].

Таким образом, дальнейшее повышение транспортной безопасности в России должно опираться на два основных направления: продолжение технологической модернизации инфраструктуры и внедрение цифровых систем контроля, примером чему служит активное развитие систем мониторинга автотранспорта на базе ГЛОНАСС/GPS[8], а также на реализацию целевых программ, направленных на минимизацию человеческого фактора через образование, правовое воздействие и формирование культуры безопасности на всех уровнях – от профессиональной подготовки пилотов и машинистов до воспитания грамотного поведения пешеходов и велосипедистов.

В условиях меняющейся логистической картины и появления новых видов мобильности, система обеспечения транспортной безопасности должна сохранять свою адаптивность, опираясь на данные точного и своевременного статистического учета, глубокий анализ причин происшествий и проактивное внедрение превентивных мер.

Список использованной литературы

1. Авиакатастрофы пассажирских самолетов в России в 2011-2025 годах // РИА Новости. 24.07.2025. https://ria.ru/20250724/aviakatastrofy-2031211800.html

2. ДТП в России // TAdviser. 2025. https://www.tadviser.ru/index.php/ Статья: ДТП_в_России

3. МАК подготовил Отчет о состоянии безопасности полетов в гражданской авиации за 2024 год // Межгосударственный авиационный комитет (МАК). 2025. https://mak-iac.org/press-tsentr/arkhiv-za-2025-god/118674/

4. О состоянии безопасности на внутренних водных путях в навигацию 2023 года // Федеральное агентство морского и речного транспорта (Росморречфлот). 2024. https://morflot.gov.ru

5. Отчет МСЖД 2024: статистика происшествий на железных дорогах // ZDMIRA. 2024. https://zdmira.com/articles/otchet-mszhd-2024-statistika-proisshestvij-na-zheleznykh-dorogakh

6. Пожары на судах: тревожный тренд 2024 года // Морские вести. 2024. https://morvesti.ru/novosti/1693/117022

7. Полная статистика ДТП по России по месяцам в 2024 году // RUS DTP. 2024. https://rusdtp.ru/stat-dtp

8. Системы безопасности и контроля автотранспорта // TAdviser. https://www.tadviser.ru/index.php/Системы_безопасности_и_контроля_автотранспорта

9. Человеческий фактор как главный виновник дорожных аварий. Как он появился и насколько актуален сегодня // TechInsider. https://www.techinsider.ru/vehicles/768513-chelovecheskiy-faktor-kak-glavnyy-vinovnik-dorozhnyh-avariy-kak-on-poyavilsya-i-naskolko-aktualen-segodnya/

10. Safety and Shipping Review 2024 // Allianz Commercial. 2024. https://commercial.allianz.com/news-and-insights/reports/shipping-safety.html

УДК 614.8:656

К ВОПРОСУ О ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК В РОССИИ

[1,2]Пшеничкина Н. А., *преподаватель*
Нуржанов А. А., *студент*

[1]ГКУ Аварийно-спасательная служба Волгоградской области
ГБПОУ Волгоградский строительный техникум
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Изучены проблемы пожарной безопасности при перевозке жидких углеводородов по железным дорогам России. На основе анализа статистики аварийности показано глубокое расхождение между нормативно рассчитываемым и реальным пожарным риском. Рассмотрены основные причины и сценарии развития пожаров, а также предложены направления для совершенствования систем пожарной безопасности при железнодорожных перевозках.

Ключевые слова: *пожарная безопасность железнодорожных перевозок, грузоперевозки, сценарии развития пожаров..*

Транспортировка жидких углеводородов железнодорожным транспортом была и остается одним из ключевых, но при этом наиболее рискованных элементов логистической системы топливно-энергетического комплекса России. В условиях переориентации экспортных потоков и возрастающей нагрузки на восточные направления роль железной дороги как основного перевозчика нефти и нефтепродуктов только усиливается. Однако эта востребованность сопровождается стойко высокой аварийностью, значительная часть которой связана с пожарами и взрывами, приводящими к человеческим жертвам, масштабному экономическому ущербу и долгосрочному экологическому вреду [6]. Глубокий анализ структуры и причин таких происшествий, а также критическая оценка применяемых сегодня мето-

дов управления соответствующими рисками являются насущной научной и практической задачей. Настоящая статья посвящена комплексному рассмотрению статистики пожароопасных происшествий, выявлению их системных причин и, что особенно важно, анализу фундаментального противоречия между нормативной и реальной картиной пожарного риска.

Для формирования объективной картины был проведен анализ данных об инцидентах за период с 2004 по 2024 год, обобщенных из официальных источников, включая государственные доклады по ЧС и материалы Ространснадзора [3, 5]. За два десятилетия зафиксировано 60 значительных происшествий с цистернами, перевозящими жидкие углеводороды. Первичный анализ показывает, что абсолютное большинство инцидентов инициировалось механическим повреждением котла цистерны вследствие внешнего воздействия, а не внутреннего избыточного давления.

Статистика распределения видов происшествий однозначно указывает на доминирующие сценарии: сход подвижного состава с рельсов (73,3 % случаев) и опрокидывание цистерн (56,7 %). Непосредственно разлив нефтепродуктов, создающий первичную основу для последующего пожара, сопровождал 45 % аварий. При этом в большинстве случаев при повреждении котла происходила утечка топлива, а примерно в половине из этих случаев утечка завершалась возгоранием.

Стоит отметить, что география инцидентов охватывает практически все крупные железнодорожные магистрали страны, от Калининградской области до Дальнего Востока, что подтверждает системный, а не локальный характер проблемы.

Анализ причинно-следственных связей, стоящих за этой статистикой, позволяет выделить несколько устойчивых групп факторов. Главную роль играют нарушения, связанные с эксплуатационной деятельностью и состоянием инфраструктуры.

На первом месте находятся нарушения правил безопасности при выполнении маневровых работ, которые стали причиной 25 % происшествий. Второй по значимости причиной (21,7 %) является неудовлетворительное состояние пути и путевой инфраструктуры, включая изломы рельсов, дефекты стрелочных переводов, нарушения при ремонте.

Совокупно эти две группы охватывают почти половину всех аварий, что прямо указывает на инфраструктурно-управленческий, а не чисто технический характер корня проблемы.

Существенный вклад также вносят производственный брак (8,3 %), ненадлежащая организация ремонтов (8,3 %), а также совокупность факторов, объединяемых понятием «человеческий фактор»: алкогольное опьянение персонала, потеря бдительности, несогласо-

ванность действий (5 %). Отдельно стоит выделить такие внешние причины, как диверсии и вмешательство посторонних лиц (5 %), что подчеркивает необходимость усиления режимных мер на опасных участках.

Оставшиеся проценты распределяются между такими факторами, как разгерметизация цистерны из-за коррозии, погодные условия, столкновение с автотранспортом и нарушения при погрузке. Важно отметить, что средняя площадь разлива при подобных авариях составляет порядка 75 652 м², а максимальная зафиксированная площадь достигала 1,5 км², что свидетельствует о потенциале катастрофических последствий даже единичного инцидента. Объемы разливаемых продуктов варьируются от нескольких единиц до сотен тонн, при этом возгорание происходит не всегда, но его вероятность при наличии утечки остается высокой. Типичными последствиями являются длительное загрязнение почв и водных объектов, необходимость эвакуации населения с прилегающих территорий, а также колоссальные прямые экономические потери, связанные с утратой груза, повреждением подвижного состава и инфраструктуры, и затратами на ликвидацию [10].

Когда механическое повреждение цистерны приводит к разливу легковоспламеняющихся нефтепродуктов, возникает высоковероятный сценарий последующего воспламенения. Источником зажигания паровоздушной смеси (ПВС) в условиях аварии может стать искра от соударения металлических частей, обрыв контактной сети, короткое замыкание. Однако особую, системную опасность представляет статическое электричество. В процессе налива, транспортировки и слива углеводородов из-за трения и турбулентности потока в жидкости происходит генерация и накопление объемного электростатического заряда.

Низкая удельная электропроводность чистых нефтепродуктов приводит к чрезвычайно длительному времени релаксации этого заряда [2]. В результате при попадании заряженной жидкости в резервуар или ее разливе на поверхности может возникнуть разность потенциалов, достаточная для искрового разряда. Энергия такой искры зачастую на порядки превышает минимальную энергию зажигания паров бензина. Таким образом, электростатический разряд превращается в мощный и вероятный источник воспламенения, действующий практически при любой аварийной разгерметизации, что должно учитываться при проектировании систем безопасности сливо-наливных эстакад и самих цистерн. При этом традиционные меры, такие как заземление, хотя и снижают напряженность поля, но не решают проблему кардинально, в то время как перспективным направлением выглядит электрофизическая обработка самих углеводородов для изменения их свойств в целях снижения электростатической опасности.

Существующая нормативная система количественной оценки таких угроз, к сожалению, демонстрирует свою неадекватность применительно к подвижным объектам. Действующая методика определения расчетных величин пожарного риска [9], утвержденная МЧС России, разрабатывалась в основном для стационарных производственных объектов. Ее механистическое применение к железнодорожной цистерне, перемещающейся в изменяющихся условиях, требует множества допущений, искажающих реальность.

Наиболее слабым звеном является определение исходных данных – частот инициирующих событий (ИС). Нормативные источники и типовые отраслевые базы данных оперируют вероятностями отказов на уровне 10^{-6} – 10^{-8} год$^{-1}$, что характерно для высоконадежного стационарного оборудования. Однако обработка реальной статистики аварийности для парка цистерн дает совершенно другие цифры. Так, для основного инициирующего события, связанного с повреждением котла цистерны, расчетная частота на основе данных за 20 лет составляет порядка 10^{-2} год$^{-1}$. Для событий, связанных с утечками из арматуры, частоты находятся на уровне 10^{-3} – 10^{-4} год$^{-1}$ [3]. Разрыв между нормативными и статистическими значениями достигает 4-5 порядков, что наталкивает на вывод о неприменимости существующих нормативных документов к расчету риска железнодорожных перевозок.

Проведенные нами расчеты по обеим методикам наглядно это иллюстрируют. При построении деревьев событий для каждого типа инициирующего события были рассчитаны условные вероятности развития аварии по различным сценариям (пожар пролива, огненный шар, взрыв ВПВС). Далее, при расчете абсолютных вероятностей конечных исходов и условных вероятностей поражения человека на различных расстояниях с использованием моделей теплового излучения и ударной волны, были получены итоговые значения рисков.

Индивидуальный потенциальный риск для человека, находящегося в 10 метрах от места возможной аварии с цистерной, при использовании нормативных частот составил величину порядка 10^{-7} год$^{-1}$, что соответствует пренебрежимо малому уровню. При подстановке реальных статистических частот этот же риск возрастает до значений порядка 10^{-2} год$^{-1}$, что уже представляет собой неприемлемо высокую угрозу для жизни.

Коллективный риск, оценивающий ожидаемое число жертв в год, при нормативном подходе также оказывается на несколько порядков ниже, чем при расчетах, основанных на статистике. Такое расхождение не просто указывает на неточность, а полностью девальвирует результаты расчетов по действующей методике как инструмент для принятия управленческих решений. Невозможно планировать эффективные и экономически обоснованные меры безопасности, опира-

ясь на оценки, занижающие реальный риск. Проблема усугубляется тем, что методика [9] плохо адаптирована для моделирования таких специфических для транспорта процессов, как растекание жидкости на грунте при движении состава, формирование взрывоопасного облака в условиях подвижки воздушных масс от проходящих поездов, учет вероятности одновременного поражения нескольких цистерн в составе. Кроме того, нормативные документы не учитывают в должной мере влияние линейного характера железнодорожных коммуникаций и постоянного изменения обстановки вокруг движущегося источника опасности.

Серьезным фактором, усугубляющим риски, является физическое состояние парка цистерн. Рынок железнодорожных цистерн в России страдает от хронического структурного дефицита, вызванного многолетним превышением темпов списания изношенных единиц над вводом новых [4]. Парк стареет, а его эксплуатация в условиях повышенной нагрузки приводит к накоплению усталостных и коррозионных повреждений. Анализ типичных дефектов выявляет «слабые места» конструкций. Для четырехосных цистерн, составляющих основу парка, наиболее критичны трещины в верхней зоне опоры оболочки котла (вдоль продольного сварного шва) и трещины в хребтовой балке рамы. Первые часто связаны с перегрузкой (например, перевозкой мазута в цистерне, рассчитанной на бензин) и термическими напряжениями, вторые – с многоцикловой усталостью от динамических боковых нагрузок [8].

Для восьмиосных цистерн характерны трещины в зоне сливного прибора и проблемы с креплением пятника. При этом коррозия, особенно в условиях перевозки современных, обогащенных агрессивными примесями нефтей, резко ускоряет процесс деградации металла, сокращая и без того ограниченный ресурс [1]. Современные нефти могут содержать повышенные концентрации галогенорганических соединений (хлора, брома, йода), сероводорода, пластовой воды, что интенсифицирует электрохимическую коррозию. Особенно опасно совместное присутствие различных галогенидов, вызывающее неаддитивное, резкое ускорение коррозионного процесса. Низкое качество ремонтов, когда новые трещины возникают по границам сварных швов, лишь усугубляет проблему. Отдельной проблемой являются умышленные повреждения (попытки хищения продукта), маскирующиеся под естественные дефекты, а также перевозка особо агрессивных продуктов в цистернах, не предназначенных для таких грузов, что приводит к быстрому коррозионному износу и последующим авариям.

В свете выявленных системных проблем обеспечение пожарной безопасности железнодорожных перевозок углеводородов требует незамедлительных и комплексных действий по нескольким взаимо-

связанным направлениям. Первостепенной задачей является разработка и законодательное закрепление специализированной методики оценки пожарного риска именно для опасных грузов на железнодорожном транспорте. Эта методика должна быть основана не на гипотетических нормативных частотах, а на актуальных и прозрачных статистических данных об отказах и авариях, с обязательным учетом подвижности источника опасности и специфики линейных объектов инфраструктуры. Она должна включать типовые сценарии аварий, характерные для железной дороги: сход с рельсов с последующим разливом и пожаром, утечки при маневрах, возгорание при сливоналивных операциях. Особое внимание следует уделить моделированию поражающих факторов с учетом реальной геометрии разлива на перегоне, влияния метеоусловий и рельефа местности. Необходимо также законодательно утвердить порядок сбора и ведения единой отраслевой базы данных по отказам и авариям с цистернами, которая будет служить достоверной основой для любых расчетов.

Второе направление – ускоренное технологическое обновление парка и внедрение новых технических решений. Необходимо не только наращивать выпуск новых цистерн, но и целенаправленно внедрять конструкции с повышенной ударной вязкостью и коррозионной стойкостью, применять современные методы защиты металла.

Перспективными выглядят исследования в области электрофизической обработки материалов. Экспериментально подтверждено, что воздействие импульсным магнитным полем или переменным частотно-модулированным потенциалом (ПЧМП) на расплав металла позволяет улучшить механические свойства стали: увеличить ударную вязкость, снизить долю хрупких фаз, повысить твердость и однородность структуры за счет измельчения зерна [7].

Такие технологии могли бы применяться при производстве или ремонте котлов цистерн. Кроме того, электрофизическая обработка (с помощью ПЧМП) и самих углеводородов показала эффективность в снижении их электростатической опасности, уменьшая напряженность поля при операциях, а также замедляя коррозионные процессы. Параллельно необходимо развитие систем активной безопасности, таких как автоматические системы пожаротушения, смонтированные непосредственно на цистернах или на инфраструктуре в зонах повышенного риска, системы оперативного обнаружения утечек по газовым сенсорам и тепловизионным камерам.

Третье направление охватывает организационно-управленческую и инфраструктурную сферу. Необходимо ужесточение и цифровизация контроля за состоянием путевого хозяйства, внедрение систем интеллектуального диагностирования цистерн в пути (например, с помощью бортовых датчиков вибрации, напряжения и

систем компьютерного зрения для обнаружения трещин), глубокая автоматизация сливо-наливных операций с минимизацией человеческого фактора.

Важным аспектом является совершенствование подготовки персонала, в том числе с использованием методов управления профессиональным профилем, учитывающих психофизиологические особенности для критически важных должностей. Также требуется пересмотр системы планирования перевозок с целью минимизации использования цистерн в качестве «складов на колесах» и оптимизации логистики для снижения холостого пробега. Необходимо ужесточение ответственности за нарушения при маневровых работах и содержании пути, а также разработка четких регламентов взаимодействия всех служб при ликвидации последствий аварий.

В заключение следует подчеркнуть, что сложившаяся ситуация с пожарной безопасностью при железнодорожных перевозках углеводородов является следствием системного кризиса, охватывающего методическое, техническое и организационное обеспечение. Преодоление этого кризиса невозможно без признания глубины проблемы, в первую очередь – несоответствия между нормативной и реальной оценкой риска. Только последовательная и согласованная работа по всем указанным направлениям – создание адекватной методики, модернизация парка на основе новых технологий, коренное улучшение состояния инфраструктуры и управления – может стать основой для перелома негативной тенденции и обеспечения приемлемого уровня безопасности стратегически важных железнодорожных грузоперевозок жидких углеводородов в России. Без этого сохраняется высокая вероятность повторения крупных аварий с катастрофическими социально-экономическими и экологическими последствиями, что ставит под угрозу не только стабильность отрасли, но и безопасность населения прилегающих территорий.

Список использованной литературы

1. Газизов А. Ш., Лебедев Н. А. Исследование механизма воздействия физико-химических методов повышения нефтеотдачи на нефтеводонасыщенный коллектор // Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений. 2000. № 11. С. 16-19.

2. Горовых О. Г., Оразбаев О. Р. Определение времени релаксации объемного электростатического заряда, вносимого в резервуары с поступающей диэлектрической углеводородной жидкостью // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. 2015. № 4. С. 66-70.

3. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: доклад. Москва, 2024. https:// mchs.gov.ru/dokumenty/7343

4. Журавлева Н. А., Печкуров В. А. Анализ состояния рынка вагонов-цистерн в России и оптимизация операционных моделей компаний-операторов // ИТСТ. 2023. № 2. https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sostoyaniya-rynka-vagonov-tsistern-v-rossii-i-optimizatsiya-operatsionnyh-modeley-kompaniy-operatorov

5. Информационно-аналитические материалы «Нарушение правил безопасности движения на железнодорожном транспорте Российской Федерации» Ространснадзора. 2023. https://rostransnadzor.gov.ru/storage/Госжелдорнадзор/ Аншлаг%20август%20%202023%20г2222.pdf

6. Кардаильский В. А., Беломутенко С. В. Аварии на железнодорожном транспорте - причины и последствия // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы X Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2016. С. 195-197.

7. Овечников М. Н. Решение проблемы снижения повреждаемости котлов и рам железнодорожных цистерн для перевозки нефтепродуктов с использованием современных программных средств: диссертация. М., 2001. 387 с.

8. Пояркова Е. В., Диньмухаметова Л. С., Подоляк Н. Я. Причинно-следственная связь возникновения разрушений вагонов-цистерн для перевозки нефтепродуктов // Вестник российских университетов. Математика. 2016. № 3. https://cyberleninka.ru/article/n/prichinno-sledstvennaya-svyaz-vozniknoveniya-razrusheniy-vagonov-tsistern-dlya-perevozki-nefteproduktov

9. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России от 26.06.2024 № 533. https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/409515151/

10. Степанова Т. С. Особенности ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. Ч. 2. С. 144-146.

УДК 614.8:629.735:004

БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ГУМАНИТАРНОЙ ПОМОЩИ ПОСТРАДАВШИМ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ: АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Пузикова А. А., *преподаватель*
Карачихин С. В., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Изучено использование беспилотных летательных аппаратов в задачах спасения и оказания помощи пострадавшим при чрезвычайных происшествиях. Особое внимание уделено перспективам применения дронов для оперативного предоставления первой медицинской помощи, а также для транспортировки специализированных и медицинских грузов непосредственно к месту аварии.

Ключевые слова: *БПЛА, оказание первой помощи, ликвидация последствий, дроны.*

Обеспечение быстрой и эффективной помощи людям, оказавшимся в чрезвычайных ситуациях, является одной из ключевых задач современного спасательного дела. Это особенно важно в случаях, когда речь идет о людях, заблудившихся в лесах, тонущих в водоемах,

запертых в зданиях во время пожаров или оказавшихся в зонах радиационного, химического и биологического загрязнения. Критическим моментом здесь становится не только своевременное обнаружение пострадавших, но и максимально оперативное прибытие специализированных аварийно-спасательных подразделений на место происшествия. В дополнение к этому, важную роль играет быстрая доставка необходимых средств для оказания помощи и проведения спасательных операций.

Современные технологии значительно расширили возможности спасательных служб, позволяя использовать передовые разработки в области пожаротушения, ликвидации последствий техногенных аварий и природных катастроф, а также оказания первой медицинской помощи [3]. Благодаря инновационным методам и техническим средствам, спасатели могут быстрее реагировать на чрезвычайные ситуации и эффективнее защищать жизни и здоровье пострадавших. Кроме того, интеграция систем мониторинга и прогнозирования риска позволяет заранее выявлять потенциально опасные зоны и готовиться к возможным вызовам [2].

В настоящее время беспилотные авиационные системы демонстрируют динамичный рост и совершенствование технологий. Мировая практика показывает применение БПЛА с широким спектром конструктивных решений, различными аэродинамическими компоновками и вариативными техническими параметрами для решения многочисленных задач.

Использование беспилотных летательных аппаратов открывает значительные возможности для быстрого реагирования на чрезвычайные ситуации: эти технические средства эффективны при обнаружении очагов происшествий, их устранении, срочной транспортировке специализированного оборудования для проведения спасательных мероприятий неотложного характера, включая экстренную медицинскую помощь людям, оказавшимся в зоне бедствия [1].

В настоящий момент беспилотные летательные аппараты находят широкое применение в следующих востребованных отраслях:

- сфера доставки грузов и товаров;
- агропромышленный комплекс;
- реагирование при авариях и катастрофах;
- энергетические компании;
- добыча и переработка углеводородов;
- воздушные перевозки без пилота и такси будущего;
- строительная индустрия;
- охрана и контроль территорий;
- отслеживание состояния окружающей среды.

Во всех уголках планеты беспилотные летательные аппараты активно применяются для решения задач в области реагирования на катастрофы и устранения их последствий. Они помогают экстренно транспортировать лекарственные препараты, осуществлять наблюдение за пострадавшими территориями и собирать актуальные данные в режиме реального времени.

Беспилотное воздушное судно представляет собой авиационную технику, функционирующую без присутствия пилотов. Беспилотная авиационная система включает не только сам летающий модуль, но и комплекс управляющего оборудования, установленного на борту, целевое оснащение, а также наземный пункт дистанционного контроля, который обеспечивает координацию движения одного либо целой группы беспилотных аппаратов [7].

Задачи, решаемые с помощью беспилотных летательных систем, разделяются на четыре ключевых направления:

– выявление чрезвычайных происшествий;

– содействие в устранении последствий чрезвычайных происшествий;

– разведка местности и эвакуация людей, попавших в зону бедствия;

– анализ масштабов разрушений, вызванных чрезвычайными происшествиями.

Особенности географического и демографического характера России определяют специфику применения данных технологий:

– значительная протяженность государственной территории,

– неравномерное распределение жителей: невысокая плотность в среднем по стране при одновременной скученности населения в мегаполисах,

– существование областей с систематическими стихийными бедствиями (сейсмическая активность, подтопления, циклоны и штормовые ветры, масштабные возгорания лесных массивов, смещения грунта, сходы [9].

Благодаря способности беспилотников садиться и стартовать с произвольных площадок, быстро передавать качественные фотоматериалы и видеосъемку, руководство операциями по устранению чрезвычайных ситуаций становится максимально результативным.

С учетом сложностей доступа к зонам бедствий, беспилотная транспортировка компактного специализированного оборудования [4] и медикаментов не просто сохраняет человеческие жизни – она оптимизирует финансовые и временные ресурсы, особенно при стихийных бедствиях (включая сход лавин и подобные явления). Использование дронов службами экстренного реагирования оправдано их эксплуатационными характеристиками.

Большинство устройств оснащаются датчиками, анализаторами, тепловизионным оборудованием, а также системами фото- и видеофиксации. Почти каждый из таких аппаратов включает модули спутниковой навигации GPS и ГЛОНАСС [8].

Обнаружение потенциальных угроз радиационного, химического и биологического характера возможно благодаря специальным сенсорам беспилотных летательных аппаратов, оснащенных также тепловизионным оборудованием и высококачественными камерами для поиска пострадавших. Ключевыми задачами при организации помощи находящимся в опасности являются их своевременное выявление, транспортировка в защищенную зону и предоставление неотложной медицинской помощи.

Микрофоны, размещённые на борту, обеспечивают запись звуковых сигналов. Система БПЛА или её оператор способны идентифицировать активные действия пострадавшего – крики, взмахи руками, использование сигнальных огней. Технология распознавания образов позволяет обнаруживать даже тех, кто находится без сознания.

Беспилотный летательный аппарат способен направить заблудившегося человека к нужной точке благодаря режиму автоматического сопровождения. Установленные на борту световые сигналы и акустические системы позволяют установить контакт с людьми, оказавшимися в критической ситуации. Первоочередная задача – зафиксировать местонахождение пострадавших и дать им понять о своём присутствии [9].

Беспилотный летательный аппарат, обладающий достаточной способностью переносить тяжести, способен оперативно транспортировать критически важное снаряжение к пострадавшим: дефибриллятор, жгуты для остановки кровотечения, маски для подачи кислорода, защитные термоодеяла, противопожарные покрывала и комплекты для неотложной медицинской помощи. Это особенно актуально, поскольку путь к требуемой локации нередко занимает продолжительное время – порой несколько часов из-за сложностей рельефа. Когда ситуация требует непосредственного присутствия медработников и спасательной бригады в точке инцидента, диспетчеру передаются точные географические данные обнаружения, после чего к указанному месту направляется спасательная группа вместе с автомобилем экстренной медицинской помощи или санитарным вертолётом.

Беспилотный летательный аппарат оснащен камерой и аудиосистемой, что позволяет медицинскому специалисту удаленно руководить действиями по экстренной медицинской помощи и наблюдать за ходом её предоставления. Комплектация снаряжения определяется с учетом специфики конкретного случая. Кроме того, дрон способен транспортировать пиротехнические средства сигнализации и звуковое оборудование для упрощения поисковых работ.

В городских условиях данная концепция также актуальна: традиционные бригады медиков добираются до места происшествия примерно за 14 минут при вызове по домашнему адресу и за 8 минут при автомобильной аварии. Между тем, организм человека в критическом состоянии переносит необратимые последствия уже через несколько минут после получения травмы. Развернув систему базовых станций для беспилотных летательных аппаратов медицинского назначения в разных районах населенного пункта, можно сократить время прибытия помощи до двух минут.

В ситуациях крупных аварий на оживленных магистралях, когда образовавшиеся пробки препятствуют оперативному подъезду реанимационных бригад, подобный способ транспортировки лекарственных препаратов демонстрирует высокую эффективность.

Перспективным направлением видится обеспечение специализированных медицинских бригад экстренной помощи и команд противопожарных спасательных служб беспилотными летательными аппаратами небольших размеров с ограниченной возможностью переноса грузов [10].

Беспилотный летательный аппарат выполняет целый комплекс функций при чрезвычайных происшествиях: передаёт местоположение пострадавшего спасательным службам или помогает ему самостоятельно покинуть опасную территорию, транспортирует необходимое для выживания оснащение, устанавливает контакт с потерпевшим, определяет его местонахождение, осуществляет обследование обширных площадей по определённым параметрам. Способ передачи спасательного комплекта варьируется в зависимости от обстоятельств: возможна как прямая передача непосредственно пострадавшему, так и выброс груза с высоты (к примеру, десантирование плавательного жилета на водную поверхность) [1].

Специализированное мобильное приложение находится в стадии разработки – оно позволит запрашивать беспилотный летательный аппарат. Любой человек, будь то очевидец происшествия, потерпевший или сотрудник спасательной службы, сможет отправить запрос через программу, установленную на его мобильном устройстве. Программное обеспечение предусматривает встроенные инструкции для тех, кто оказывает помощь.

Функционал дронов включает не только транспортировку лекарственных препаратов – они способны перевозить биологические образцы, включая кровь и её производные. Дополнительное техническое оснащение беспилотников предполагает установку видеооборудования с аудиосвязью, что обеспечит дистанционные консультации со специалистами экстренных медицинских служб.

Дрон способен установить координаты через сотовую сеть либо беспроводное подключение. Летающий аппарат не просто привезёт требуемое оборудование, но и оповестит экстренную медицинскую

службу об инциденте. Комплект включает средства оказания первой помощи пострадавшим в критических ситуациях: при переломах рук и ног, сердечной остановке, повреждениях шейного отдела, анафилактическом шоке, плюс инструкции по применению медикаментов и устройств для других чрезвычайных случаев.

Компактный дрон способен преодолевать заторы на дорогах и другие препятствия, которые замедляют передвижение машин скорой медицинской помощи к месту автомобильной катастрофы. Беспилотник доставляет комплект для экстренной медицинской помощи вместе с подробными рекомендациями по его применению.

После того как летательный аппарат достигает точки назначения, его дисплей демонстрирует видеоруководство. Эти материалы объясняют очевидцам происшествия правила корректного использования медицинского содержимого и методику грамотного оказания помощи пострадавшим в аварии людям [8].

Современные технологии открывают новые горизонты в области реагирования на критические ситуации и катастрофы [6]. Использование беспилотных авиационных систем становится всё более актуальным направлением развития служб экстренного реагирования по всему миру.

Развёртывание дронов и автоматизированных летательных средств разнообразных модификаций в системе противодействия чрезвычайным происшествиям открывает принципиально новые возможности. Особенную ценность представляет применение этих технологий при оперативном медицинском реагировании на места происшествий. Интеграция беспилотников в процессы спасательных операций способна кардинально повысить эффективность действий по сохранению человеческих жизней [5].

Внедрение подобных технологических решений позволяет значительно увеличить скорость доставки медикаментов и оборудования в труднодоступные районы. Качественные характеристики срочной медицинской помощи при этом существенно возрастают, расширяется диапазон возможных действий для стабилизации состояния пострадавших до прибытия основных спасательных бригад.

Однако технологический прогресс сопровождается рядом серьёзных вызовов. На сегодняшний день существует множество нерешённых вопросов, препятствующих массовому применению беспилотной авиации в чрезвычайных обстоятельствах. Эти препятствия требуют комплексного подхода и системного решения для полноценной реализации потенциала беспилотных технологий в сфере экстренной помощи населению [2].

Современное развитие беспилотных технологий требует комплексного подхода к решению множества взаимосвязанных задач, особенно в контексте оказания экстренной помощи людям, попавшим в бедственное положение.

Первостепенное значение приобретает создание всесторонней законодательной базы, которая должна охватывать весь жизненный цикл беспилотных систем для гражданского использования – начиная от этапа проектирования и заканчивая эксплуатацией в различных условиях. Данная правовая основа должна четко определять требования к конструкции, производственным стандартам и допустимым сферам применения дронов.

Параллельно с этим критически важной является задача безопасного включения автоматических воздушных судов в существующую инфраструктуру авиационного сообщения. Необходимо обеспечить такую организацию полетного пространства, при которой беспилотники смогут функционировать без риска опасного сближения или столкновения с традиционными пилотируемыми аэропланами – как принадлежащими гражданской авиации, так и находящимися на вооружении военных структур [9].

Кроме того, требуется проведение полного цикла работ по созданию разнообразных моделей беспилотных аппаратов, включая как классические самолетные конструкции с неподвижным крылом, так и винтокрылые устройства вертолетного принципа действия.

Каждый тип техники должен пройти обязательную сертификационную процедуру и быть готовым к практическому внедрению для оперативного реагирования при чрезвычайных ситуациях.

Все эти направления работы в совокупности формируют фундамент для эффективного использования беспилотных средств в целях спасения жизней.

Современное развитие беспилотных летательных аппаратов требует комплексного подхода к их интеграции в систему экстренного медицинского реагирования. Прежде всего, необходимо обеспечить качественную профессиональную подготовку специалистов, которые будут осуществлять управление беспилотными летательными аппаратами в различных сценариях их практического использования, включая разнообразные условия применения и специфические ситуации [10].

Важнейшим направлением работы становится критический анализ и последующая модернизация действующих нормативных документов, регламентирующих порядок предоставления первичной и срочной медицинской помощи пострадавшим. Эта переработка должна учитывать технологические возможности транспортировки медицинского оборудования и специализированных препаратов непосредственно к точке чрезвычайной ситуации с использованием беспилотных воздушных судов.

Параллельно ведется работа по созданию специализированных модификаций дронов с различными техническими характеристиками грузоподъемности и продолжительности автономного полета, что определяется конкретными оперативными требованиями. Особое

внимание уделяется разработке беспилотников, способных осуществлять транспортировку людей, получивших травмы, непосредственно с территории инцидента в медицинские учреждения.

Таким образом, реализация данных мероприятий позволит существенно повысить эффективность системы экстренного медицинского реагирования и сократить время доставки помощи пострадавшим [1].

Список использованной литературы

1. Воропаев Н. П. Применение беспилотных летательных аппаратов в интересах МЧС России // Вестник Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России. 2014. № 4. С. 13-17.

2. Курченко Н. Ю. Нормативно-правовая база использования беспилотных авиационных систем. Краснодар: КубГАУ, 2020. 41 с.

3. Мануйленко И. А., Колобанова Н. А. Применение БАС в условиях чрезвычайных ситуаций // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2025. Том II. С. 82-87.

4. Мануйленко И. А., Колобанова Н. А., Коновалова Г. В. Инновационные решения в применении беспилотных авиационных систем МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2025. Том II. С. 87-93.

5. Насиров А. З., Источкина М. В. Использование беспилотных летательных аппаратов для мониторинга ЧС // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. Т. 1. С. 204-205.

6. Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Использование современных технологий в системе МЧС РФ // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. С. 215-220.

7. Смирнова Л. К. Правовое регулирование использования дронов в Российской Федерации // Право и экономика. 2023. № 5. С. 42-48.

8. Петров А. В., Иванов И. С. Беспилотные авиационные системы: технологии и применение. Москва: Техносфера, 2022. 286 с.

9. Технологии беспилотных систем в чрезвычайных ситуациях: монография / под ред. В. Н. Соколова. Санкт-Петербург: Политехника, 2021. 192 с.

10. Фёдоров Д. М. Перспективы развития беспилотной авиации в России // Авиационные системы. 2024. № 2. С. 55-61.

УДК 614.84:629.735:004

АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЖАРНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БПЛА)

Резчиков П. В., *преподаватель*
Голатов Д. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. С каждым годом всё больше и больше сфер применяют «беспилотники» для улучшения качества и времени своей работы, и спасательные службы не исключение. В данной статье рассмотрим пожарные беспилотные летательные аппараты, их историю, конструкцию, состав огнетушащих средств, виды, анализ работы.

Ключевые слова: *беспилотные летательные аппараты, средства тушения, тушение с использованием авиации, БПЛА.*

Каждый год в России происходят десятки тысяч пожаров, которые приводят к большим материальным и жизненным потерям. Согласно статистике, представленной МЧС России, в 2023 году в России зарегистрировано более 160 тысяч пожаров, которые привели к 3756 случаям смерти, 1884 случаям травм и более чем 17 миллиардам рублей убытков. Числа, которые приводят в ужас и заставляют искать новые методы борьбы и контроля пожаров. Задача борьбы с возникающими пожарами подразделяется на две отдельные подзадачи: своевременное обнаружение пожара и своевременное и эффективное его тушение. БПЛА призван успешно справляться с этими задачами, так как в его арсенале имеются необходимые возможности:

- оперативный поиск очагов возгорания;
- контроль обстановки и координация действий пожарных расчетов;
- патрулирование с целью недопущения распространения огня;
- планирование безопасных маршрутов для перемещения сотрудников и эвакуации пострадавших;
- поиск и координация спасения пострадавших;
- тушение пожаров.

Первые попытки экспериментального использования БПЛА в пожарной службе были сделаны в начале 2000-х годов. В 2003 году британская компанияWest Midlands Fire Service начала эксперименты по использованию БПЛА для обнаружения пожаров и мониторинга их распространения. Однако, технология была еще слишком несовершенной и не позволяла достаточно точно и эффективно бороться с пожарами. В последующие годы технологии существенно улучшились, что позволило расширить возможности применения БПЛА в борьбе с пожарами. В 2012 году американская компания Drone America создала пожарный БПЛА [1].

«Nimbus», который мог доставлять воду и другие средства тушения пожара на труднодоступные участки, а также обеспечивать мониторинг и контроль пожаров.

Сегодня пожарные БПЛА используются для различных стран, включая США, Канаду, Австралию, Израиль, Китай, Россия и другие. Они могут использоваться для разведки, мониторинга и контроля пожаров, а также для доставки воды и других средств тушения.

Одной из особенностей конструкции пожарных БПЛА является их специальное оборудование, которое позволяет им эффективно бороться с пожарами в различных условиях. Первое, что отличает пожарные БПЛА от других типов, это их способность доставлять воду и другие средства тушения в очаги пожара. Это достигается за счет спе-

циально разработанной системы нагрузки, которая может быть установлена на «беспилотник», и позволяющая производить тушение пожара в местах, где традиционные методы борьбы неэффективны [6].

Кроме того, пожарные БПЛА обычно оснащены системой термального зрения, которая способствует обнаружению пожаров и контролю их распространения в реальном времени. Это позволяет быстро и точно реагировать на ситуацию и принимать более рациональные и эффективные меры борьбы. Одними из ключевых свойств БПЛА являются их устойчивость и маневренность.

Они должны быть способны маневрировать в ограниченном пространстве для выполнения своих задач. Также необходима устойчивость и надежность при работе в экстремальных условиях. Наконец, пожарные БПЛА должны обладать высокой степенью автономности и безопасности. Необходима работа в автономном режиме, чтобы не нанести ущерба людям или имуществу, а также система аварийного выхода из эксплуатации в случае непредвиденных обстоятельств [2].

Базовые элементы конструкции пожарного БПЛА.

1. Двигатели. Приводят в действие винты, причем на каждый винт нужен отдельный двигатель.

2. Регулятор оборотов. Определяет скорость вращения винтов исходя из команд, получаемых с пульта управления. Регуляторы крепятся снизу к двигателям.

3. Винты. Отвечают за передвижение устройства.

4. Рама. Легкий каркас, к которому крепятся все детали аппарата.

5. Контроллер. Закреплен к центру рамы. Обычно включает в себя главный процессор, акселерометр, гироскоп, ОЗУ, барометр, GPS-навигатор и прочие элементы управления.



Рисунок 1 – Фотография пожарного БПЛА в работе

Это беспилотный вертолет с четырьмя несущими винтами, средней дальности действия, со встроенной системой автопилота. Конструкция аппарата складная, выполнена из композитных материалов, что

обеспечивает удобство доставки комплекса к месту эксплуатации любым транспортным средством. Данный аппарат не требует специально подготовленной взлетно-посадочной площадки из-за вертикально-автоматического запуска и посадки, что делает его незаменимым при проведении воздушной разведки в труднодоступных районах.

Успешно применяется для выполнения операций в любое время суток: для поиска и обнаружения объектов, обеспечения безопасности периметров в радиусе до 5 км. Благодаря встроенному «Модулю АС» аппарат в автоматическом режиме ведет наблюдение за статичными и подвижными объектами.

Phantom 3 Professional представляет собой следующее поколение квадрокоптеров DJI. Он способен записывать видео 4K и передавать видеосигнал высокой четкости. Камера интегрирована в подвес, для максимальной стабильности и весовой эффективности при минимальном размере. При отсутствии GPS сигнала, технология Визуального позиционирования обеспечивает точность зависания.



Рисунок 2 – Phantom 3 Professional

Дрон от латвийской компании Aerones подключен к источнику подачи воды пожарным рукавом, который не мешает ему взлетать на высоту до 300 метров. Обычные лестницы пожарных машин могут поднять человека всего на 70 метров, в то время как дроном можно управлять с земли. У дрона 28 двигателей и 16 батарей. Время полета не превышает 30 минут, но эту проблему можно решить, подключив аппарат непосредственно во время работы к сети.

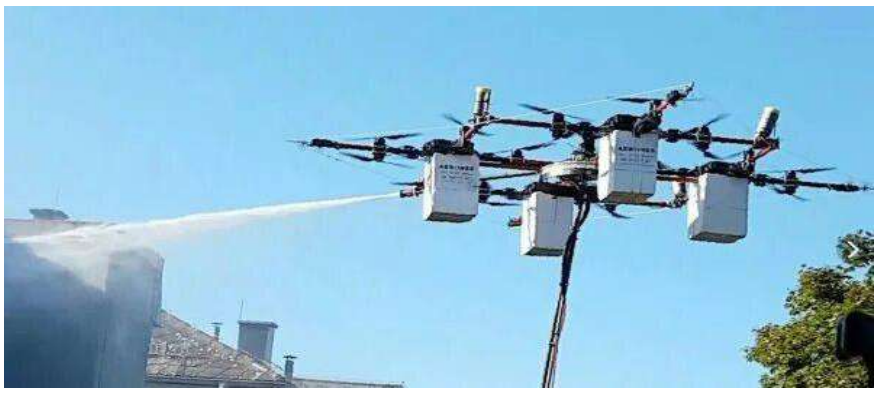


Рисунок 3 – Дрон Aerones

На борту модели EHang 216F – 50 литров пены и шесть водяных бомб. По прибытии на место происшествия дрон-пожарный использует зум-камеру для определения местоположения пожара, зависает в нужном положении и использует лазерную систему наведения для запуска бомб-огнетушителей и, наконец, тушит пламя пеной. При максимальной высоте полета 600 м дрон сможет обслуживать почти все современные высотные здания. Также может развивать максимальную скорость 130 км/ч и имеет максимальное время полета 21 минуту, учитывая полную загрузку. Благодаря своим автономным летным возможностям и современным технологиям управления, дрон может самостоятельно тушить пожары в радиусе 5 километров от своей базы [5, 6].



Рисунок 4 – EHang 216F

Противопожарный квадрокоптер с сухим порошковым огнетушителем, максимальной загрузкой 15 кг и максимальным временем полета 45 минут может использоваться для переноса стрелы средств пожаротушения, сухих порошковых огнетушителей и прочего спасательного оборудования. Противопожарный квадрокоптер с камерой HD 30X с оптическим зумом, оснащенный лазерным дальномером и системой предотвращения столкновения с препятствиями, способен точно измерять расстояние сброса, обеспечивая точный сброс и интеллектуальное предотвращение столкновения с препятствиями. Он обладает большой грузоподъемностью, высоким уровнем сопротивления ветру и высокой точностью броска. Позволяет дистанционно сбрасывать огнетушащие бомбы в сложных условиях на пожаре, и вместе с тем распылять сухой порошок с достаточно близкого расстояния.

Дрон Walkera WK-1500 Fire reconnaissance создан специально для пожаротушения и особо востребован в городах с плотной застройкой или в труднодоступных местах. Он имеет большую грузо-

подъемность, способен выдерживать сильные порывы ветра и экстремальные погодные условия, а также обладает высокой точностью при гашении открытого огня [4].



Рисунок 5 – WalkeraWK-1500

Установленная на трехосевой подвес 4K камера, имеет 30-кратный оптический зум, позволяющий издалека наблюдать за ситуацией, а также точно определять очаг возгорания и помогать при составлении плана спасения. Дрон Walkera WK-1500 также укомплектован лазерным радаром LiDAR, способным идентифицировать препятствие на удалении от 3 до 15 метров.

Список использованной литературы

1. Бубнов В. А., Беломутенко И. Д. Причины и методы тушения торфяных пожаров // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XI международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2017. С. 154-156.

2. Дворецкая Д. Н., Колобанова Н. А. Мониторинг лесных пожаров // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XIII международной научно – практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2019. С. 164-166.

3. Зоншайн С. И. Аэродинамика и конструкция летательных аппаратов. М.: Высшая школа, 2010. 364 с.

4. Методические рекомендации по применению беспилотных авиационных систем ближнего действия малого класса в интересах МЧС России от 25.01.2016 № 2-4-71-4-9. М., 2016. 97 с.

5. Симонов К. С., Колобанова Н. А. Прогнозирование природных ЧС // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы XII международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2018. С. 265-267.

6. Шагеева К. С., Беломутенко И. Д. Проблемы тушения лесных пожаров // Наука и молодежь: новые идеи и решения: материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2016. С. 229-231.

УДК 614.841.411:691.11

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНОГО СОСТАВА ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ НА ОСНОВЕ БИШОФИТА

Свиридонова Н. Н., *преподаватель*
Беломутенко Д. В., *канд. техн. наук, доцент*
Источкина М. В., *старший преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлены результаты исследования бишофита, как огнезащитного состава по таким параметрам, как: поверхностное натяжение, вязкость, смачиваемость. Описано воздействие огня на деревянные бруски, обработанные огнезащитным составом на основе бишофита. Доказано огнезащитное действие обработки древесины составом на основе бишофита.

***Ключевые слова*:** *огнезащитные составы, бишофит, ортофосфорная кислота, анализ свойств бишофита.*

Перспективным направлением в области защиты древесины является разработка экологичных антипиренов. Использование местных сырьевых ресурсов позволит расширить номенклатуру огнезащитных композиций, снизить их стоимость и исключить дефицитные и импортные материалы.

Использование огнезащитных составов в России актуально благодаря нормативным требованиям, технологиям применения и исследованиям в области огнезащиты. Эти материалы помогают:

- снизить риск пожаров – огнезащита конструкций, подверженных воздействию огня, позволяет сохранить их работоспособность в течение заданного времени;
- минимизировать ущерб от пожара – обработка снижает риск обрушения стен, перекрытий и опор, увеличивает время эвакуации;
- сохранить устойчивость сооружений при пожаре – огнезащита таких элементов (оборудование, резервуары, технологическая техника) предотвращает преждевременное разрушение металла.

Цель работы – усовершенствование огнезащитного состава на основе бишофита.

Задачи работы:

- изучить состав бишофита;
- разработать рецептуру огнезащитного состава (представить новые компоненты состава);
- провести анализ исследований созданного огнезащитного состава по переделанным параметрам: вязкость, смачиваемость и поверхностное натяжение;
- выявить определённое процентное содержание компонентов состава с наивысшими огнезащитными показателями.

Огнезащитный состав – это специальный раствор, повышающий пожаробезопасность конструкций и сводящий к минимуму вероятность возгорания [1].

Бишофит ($MgCl_2 \times 6H_2O$) – это кристаллическая соль, оставшаяся от испарения древнего моря, впервые обнаруженная в цехштейновых отложениях Германии немецким ученым Густавом Бишофом, в честь которого она и была впоследствии названа. В ископаемом состоянии бишофит встречается в виде соляной зернисто-кристаллической породы. Антипирены (от анти… и греч. руг – огонь, или замедлители горения), объединяют большую группу веществ, понижающих горючесть материалов органического происхождения (пластмасс, тканей, древесины и др.) и используемых в виде пропитывающих растворов, в составе покрытий, вводимых на стадии синтеза или переработки материалов [2].

Бишофит – является природной огнезащитой, однако известно, что он имеет способность к быстрому вымыванию из пор древесины. В этом случае было принято решение по такой добавке, как ортофосфорная кислота, которая в совокупности с бишофитом, повышает адгезивные свойства огнезащитного состава, то есть увеличивает способность сцепления состава к поверхности и дальнейшему прохождению пропитки внутрь древесины.

На основании анализа научной литературы было принято решение по добавление в огнезащитный состав такого компонента, как ортофосфорная кислота, которая в совокупности с бишофитом, повышает адгезивные свойства огнезащитного состава, то есть увеличивает способность сцепления состава к поверхности и дальнейшему прохождению пропитки внутрь древесины.

После определения основных терминов, которые закладывают фундамент в данном исследовании, необходимо провести практические действия по поиску определённого процентного содержания компонентов состава [5].

Порядок проведения исследований огнезащитного состава заключается в следующем. Для того, чтобы найти процентное содержание компонентов состава (от 5 % до 30 % содержания бишофита + 5 % ортофосфорной кислоты), при котором огнезащитные свойства будут наивысшими, необходимо провести ряд следующих исследований:

1. Определение поверхностного натяжения составов разного процентного содержания компонентов.

2. Определение вязкости огнезащитных составов разного процентного содержания компонентов.

3. Определение смачиваемости древесины, пропитанной составами разного процентного содержания компонентов.

4. Определение температуры вспышки древесины, пропитанной составами разного процентного содержания компонентов.

5. Определение группы огнезащитной эффективности состава.

Температура вспышки – наименьшая температура, при которой в условиях специальных тестирований над поверхностью вещества образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но устойчивое горение при этом не возникает.

Температура воспламенения – наименьшая температура, при которой вещество выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение и устойчивое горение не менее 5 секунд.

1. Использование специального оборудования для проведения исследования:

- Вискозиметрия: с помощью приобретенного ротационного вискозиметра была построена зависимость вязкости от концентрации загустителя и скорости сдвига. Результат: определена оптимальная концентрация загустителя, обеспечивающая тиксотропное поведение (устойчивость при нанесении на вертикальные поверхности).

- Сталагмометрия: с помощью сталагмометра СТ-2 измерено поверхностное натяжение составов. Результат: фиксация поверхностного натяжения и поиск оптимальнейшего значения, что гарантирует необходимое смачивание древесины.

- Шкаф сушильный 64 л, Ulab UT-4610: при помощи данного оборудования происходит высушивание древесины до определенного процента, для проведения контрольных измерений.

2. Тестирование на образцах древесины.

Поверхностное натяжение – является основным физико-химическим показателем растворов. Так как, известно, чем выше коэффициент поверхностного натяжения раствора жидкости в сравнении с водой, тем он больше создаёт так называемый защитный купол на поверхности обрабатываемого материала. То есть раствор обволакивает, близко друг к другу расположенными молекулами, в нашем случае, древесину (сосну) [6]. Чем меньше связь между молекулами огнезащитного состава при обработке, тем больше выражаются огнестойкие свойства того или иного раствора после обработки в процессе эксплуатации деревянной конструкции. Коэффициент поверхностного натяжения вычисляется с помощью взвешивания капель по формуле Харкинса-Брауна:

$$\sigma = \frac{(m_2 - m_1) \times g}{\pi \times d \times n} \quad (1)$$

Или:

$$\sigma = \frac{m_0 \times g}{\pi \times \mathrm{d}} \quad (2)$$

$$m_0 = \frac{m}{n}, \quad (3)$$

где: m_0 – масса одной капли, полученная путем разности массы стеклянной колбы и полученной в ней жидкости, делённой на количество капель в ней, кг; m – масса 100 капель (m_1 – масса стеклянной колбы, кг – m_2 – жидкость в стеклянной колбе); g – ускорение свободного падения, равное – 9,8 м/с^2; π – математическая постоянная, равная 3,14; d – диаметр выходного отверстия капли, м; n – количество капель, шт.

1. Плотность, полученной жидкости определяется по формуле:

$$p = \frac{\sum_i^n V_i \times p_i}{\sum_i^n V_i} \quad (4)$$

где: V_i – объёмные доли компонентов состава; p_i – плотность компонента состава, кг/м^3.

Известно, что разработанный анализируемый огнезащитный состав состоит из трёх компонентов, следовательно, для него плотность будет вычисляться по формуле:

$$p = \frac{V_1 \times p_1 + V_2 \times p_2 + V_3 \times p_3}{V_1 + V_2 + V_3}, \quad (5)$$

где: V_1– объёмная доля бишофита в растворе; p_1– плотность бишофита в растворе, кг/м^3; V_2 – объёмная доля ортофосфорной кислоты в растворе; p_2 – плотность ортофосфорной кислоты в растворе, кг/м^3; V_3 – объёмная доля воды в растворе; p_3 – плотность воды в растворе, кг/м^3.

Данные формулы помогут в расчёте коэффициента поверхностного натяжения анализируемых растворов различного процентного содержания компонентов.

Для определения коэффициента поверхностного натяжения растворов разного процентного содержания компонентов, выбираем количество капель, которое будем изучать (100 капель). Получается, что для одного и того же количества капель, будет характерно различие по массе, так как чем выше процентное содержание бишофита, тем выше поверхностное натяжение, а значит масса одной капли возрастает [9].

Приведём анализируемые данные зависимости поверхностного натяжения от процентного содержания бишофита и воды в растворе для дальнейшего выбора процентного содержания бишофита для огнезащитного состава в таблице 1. Отметим, что проводилась серия экспериментов (не менее 7 раз) и в таблице поверхностное натяжение выражено уже в среднем арифметическом значении для этих процентных содержаний. Для проведения экспериментального ряда для фиксации поверхностного натяжения использовался такой прибор как Сталагмометр СТ-1.

Однако, стоит отметить, что в комплексе с другими физико-химическими показателями для огнезащитного состава, слишком большой коэффициент поверхностного натяжения приводит к мень-

шей проницаемости в поры древесины, так как идёт рост поверхностной энергии жидкости и уменьшение её смачиваемости внутренней части пропитываемой конструкции. Снижение поверхностного натяжение приводит огнезащитный состав к большей адгезии и проникаемости внутрь образцов (необходимо проникновение состава 1-2 мм поперёк волокон и 10-15 мм вдоль волокон**)** [8]. Таким образом, остановимся на наш взгляд, на оптимальнейшем процентном содержании раствора № 3 – (15 % бишофита ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) + 5 % (H_3PO_4) ортофосфорная кислота + 80 % (H_2O); № 5 – (25 % бишофита ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) + 5 % (H_3PO_4) ортофосфорная кислота + 70 % (H_2O); № 6 – (30 % бишофита ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) + 5 % (H_3PO_4) ортофосфорная кислота + 65 % (H_2O) и продолжим тестирования смеси на другие физико-химические, физико-механические свойства важные для огнезащиты.

Определение смачиваемости поверхности, обработанной огнезащитным составом. Смачиваемость позволяет иметь представление о количестве жидкости, которое задержалось и впиталось в материал, создав на нём защитный слой, сделав древесину менее горючей. Для каждого растения смачиваемость своя, известно, что для более сухой травы потребуется большее количество для тушения, которое останется на её поверхности. Для анализа берутся бруски древесины (сосны), влажностью – 10 % (достигается путём высушивания древесины в сушильном шкафу), так как такая влажность необходима по санитарным нормам и правила для строительства конструкций из древесины. Размерность всех брусков одинакова и соответствует: 150 мм×60 мм×30 мм, следовательно, площадь обрабатываемой поверхности составляет $S = 270$ см^2 = 0,0270 м^2.

За отчётный период были достигнуты следующие количественные и качественные результаты:

1. Стабильная химическая рецептура: разработан и зафиксирован состав «ОгнеБишЗащита» – процентное содержание бишофита варьируется от 15 % до 20 %, который демонстрирует стабильность при хранении (без расслоения) в течение 12 месяцев при комнатной температуре и оптимальные значения поверхностного натяжения, показатели вязкости и смачиваемости.

2. Реологический профиль: состав «ОгнеБишЗащиты» обладает требуемой вязкостью – 8,59 (при 20 % содержании бишофита) и 8,61 с (при 15 % содержании бишофита). Поверхностным натяжением – 0,094 Н/м (при 20 % содержании бишофита) и 0,078 Н/м (при 15 % содержании бишофита), что подтверждается данными, полученными на оборудовании, закупленном во время реализации стартап проекта.

3. Подтверждённая адгезия: проведённые тестирования показали, что адгезия покрытия к древесине после сушки составляет не менее 0,5 Мпа.

Разработка огнезащитного состава успешно завершена. Создан прототип огнезащитного состава, обладающий уникальным сочетанием экологичности (минеральная основа) и технологичности (оптимизированные реологические свойства), что подтверждено измерениями физико-химических параметров с использованием приобретенного оборудования.

Список использованной литературы

1. Беломутенко Д. В., Голатов Д. А. Влияние поверхностного натяжения на эффективность огнетушащих веществ // Материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2021. С. 272-277.

2. Беломутенко Д. В., Самохвалова Е. А., Источкина М. В. Анализ влияния вязкости огнетушащих и огнезащитных составов на их способность удерживаться на поверхности лесных горючих материалов // Материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 22-27.

3. Беломутенко Д. В., Самохвалова Е. А., Источкина М. В., Медведев В. Н. Определение смачивающей способности огнетушащих веществ // Материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2023. С. 141-146.

4. Бишофиты Нижнего Поволжья / В. С. Деревягин [и др.]. Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета, 1989. С. 83-89.

5. Большая Российская Энциклопедия: В 30 т. М.: Большая Российская энциклопедия, 2005. 767 с.

6. Источкина М. В., Беломутенко Д.В. О возможности использования бишофита для биоогнезащиты древесины // Наука и практика в решении стратегических и тактических задач устойчивого развития России: сборник научных статей по итогам Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 108.

7. Милюткина М. В. Анализ и оптимизация выбора огнезащитных покрытий строительных конструкций: дис. Тольятти, 2024. 76 с.

8. Свиридонова Н. Н. Возможности совершенствования качества огнезащитных покрытий // Материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 239-240.

9. Свиридонова Н. Н. Изучение вязкости и смачиваемости огнетушащих составов и их влияние на время тушения пожара // Материалы XVII Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 267-269.

УДК 614.8:629.3.08

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОСТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЛГОГРАДСКОГО ПТЦ

Селиверстов И. В., *ст. преподаватель*
Колобанова Н. А., *канд. техн. наук, доцент*
Мануйленко И. А., *канд. с.-х. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Производственно-технический центр необходим для поддержания и обеспечения технической готовности пожарной и спасательной техники, пожарно-технического вооружения, оборудования, средств связи, оперативно-служебного и специального транспорта закрепленных подразделений федераль-

ной противопожарной службы МЧС России. В производственную программу ПТЦ по ремонту и техническому обслуживанию автотехники входят: основные, специальные пожарные и аварийно-спасательные автомобили, а также вспомогательные. К вспомогательным относятся грузовые, легковые и спецтехника.

Ключевые слова: *пожарная безопасность, производственно-технические центры, автоцистерны, ремонт автотехники, техническое обслуживание автотехники.*

Производственно-технический центр Федеральной противопожарной службы по Волгоградской области.

В 1928 г. были образованы автомастерские и гараж пожарной охраны г. Царицына, первым начальником которых был Я. Я. Гельмеров, после него руководителем автомастерских был назначен Ф. Э. Забель.

Основные задачи:

- проведение технического обслуживания, ремонта, изготовления и испытания пожарной и спасательной техники, оборудования, пожарно-технического вооружения и средств связи, в том числе находящихся на длительном хранении Главного управления МЧС России по Волгоградской области;
- подготовка предложений по повышению надежности и совершенствованию эксплуатации пожарной, спасательной и другой специальной техники;
- определение потребности закрепленных подразделений ФПС МЧС России в материально-технических средствах, запасных частях и эксплуатационных материалах;
- обеспечение закрепленных подразделений ФПС МЧС России пожарной и спасательной техникой, оборудованием, вооружением, средствами связи, вещевым имуществом, инвентарем и расходными материалами;
- разработка, изготовление и переоборудование отдельных видов пожарной, спасательной и другой специальной техники, оборудования, пожарно-технического вооружения, специального снаряжения и средств связи;
- осуществление и организация размещения заказа на поставки товаров, выполнение работ и оказание услуг;
- проведение мероприятий по материально техническому обеспечению работ по ликвидации крупных пожаров, чрезвычайных ситуаций, аварий и стихийных бедствий в установленном порядке.

Техническая служба ГПС (ТС) – вид службы, организуемой в ГПС в целях технического обеспечения боевых действий по тушению пожаров, а также хозяйственной деятельности органов управления и подразделений ГПС.

Подразделения технической службы (подразделения ТС) – подразделения ГПС, обеспечивающие техническую готовность пожарной техники и средств связи, а также материально-техническое снабжение подразделений ГПС.

В состав подразделений технической службы входят производственно-технические центры (ПТЦ), отряды, части и отдельные посты технической службы.

Производственная деятельность подразделений технической службы осуществляется в соответствии с производственной программой на месяц, разрабатываемой ЦМТО, отрядом (частью) технической службы на основании годового плана-задания с учетом нормативов трудоемкости технического обслуживания и ремонта пожарной техники.

В подразделениях технической службы для совершенствования управления, планирования и организации производства ежегодно разрабатывается план организационно-технических мероприятий.

Расчет количества постов. Определение площадей производственных зон и участков.

Исходной величиной для расчета числа универсальных постов ТО-2 служит такт поста, вычисляемый по формуле:

$$\tau_{\text{ТО}-2} = \frac{t_{\text{ТО}-2}^{\text{свр}}}{P_n} + t_n, \quad (1)$$

где τТО-2 – время простоя ПА под обслуживанием на данном посту, ч; $t^{\text{срв}}_{\text{ТО-2}}$ – скорректированная средневзвешенная трудоемкость ТО-2, ч; P_n – количество рабочих, одновременно работающих на посту (принимаем 5 чел.); t_n – время на установку ПА на пост и съезд с поста, ч (принимаем 0,16 ч).

Средневзвешенная трудоемкость равна:

$$t_{\text{ТО}-2}^{\text{свр}} = \frac{N_{TO-2}^{i}}{N_{TO-2}}, \quad (2)$$

где ПТО-2i – трудоемкость ТО-2 по маркам ПА, чел-ч; NТО-2 – общее количество технических обслуживаний.

$$t_{\text{ТО}-2}^{\text{свр}} = \frac{39029.045}{230} = 169.7$$

$$\tau_{\text{ТО}-2} = \frac{169,7}{5} + 0,16 = 34,09$$

Количество обслуживаний в сутки определяется по формуле:

$$N_c = \frac{N_{\text{ТО}-2}}{Д_р}, \quad (3)$$

где Nс – число обслуживаний в сутки; NТО-2 – количество ТО-2 за год; Др – количество рабочих дней в году.

$$N_c = \frac{230}{243} = 0,95$$

Ритм производства:

$$R = \frac{T_{\text{см}}}{N_c}, \quad (4)$$

где R – ритм производства ч-1; Тсм – продолжительность работы зоны (принимаем 8 ч); Nc – количество обслуживаний в сутки.

$$R = \frac{8}{0{,}95} = 8{,}45\text{ч}^{-1}$$

Количество универсальных постов ТО-2 определяется:

$$X_{\text{ТО}-2} = \frac{\tau_{\text{ТО}-2}}{R \cdot \eta_n}, \quad (5)$$

где ХТО-2 – число универсальных постов ТО-2; фТО-2 – время простоя ПА под обслуживанием на данном посту, ч; R – ритм производства, ч-1; η_n – коэффициент использования рабочего времени поста (принимаем 0,9).

$$X_{\text{ТО}-2} = \frac{34.09}{8.45 \cdot 0.9} = 4.5$$

Число постов всех видов ремонта рассчитывается:

$$X_i = \frac{\text{П}_i \cdot \varphi \cdot \text{К}_p}{\text{Д}_p \cdot C \cdot T_{\text{см}} \cdot P_n \cdot \eta_n}, \quad (6)$$

где Xi – количество постов каждого из ремонтов; Пi – общая годовая трудоемкость работ по каждому из видов ремонта, чел-ч; ц – коэффициент, учитывающий неравномерность поступления ПА на пост ремонта (принимаем 1,3); Кр – коэффициент, учитывающий долю объема работы, выполняемой на постах ремонта (принимаем 0,55); Др – количество рабочих дней в году; С – число смен (принимаем 1); Тсм – продолжительность работы зоны (принимаем 8 ч); Рп – количество рабочих, одновременно работающих на посту (принимаем 3 чел.); зп – коэффициент использования рабочего времени поста (принимаем 0,85).

Все полученные данные сводятся в таблицу 1.

Таблица 1 – Количество постов ТО-2, КР, СР и ТР

Вид обслуживания	Назначение ПА	Количество ПА	Расчетная трудоемкость П, чел-ч	Количество постов Хп
Техническое обслуживание ТО-2	основные	89	34870,6	6
	специальные	16	3245,335	1
	вспомогательные	34	413,11	
ИТОГО				7
Капитальный ремонт	основные	89	13298,454	2
	специальные	16	836,03	1
	вспомогательные	34	1571,18	
ИТОГО				3
Средний ремонт	основные	89	4994,89	1
	специальные	16	661,21	
	вспомогательные	34		
ИТОГО				
Текущий ремонт	основные	89	27056,4	2*
	специальные	16	1737,9	
	вспомогательные	34	1619,9	
ИТОГО				2

Площадь зон технического обслуживания и ремонта ПА рассчитывают по формуле:

$$F_{\text{ТО.Р}} = f_a \cdot X_n \cdot K_0, \quad (7)$$

где $F_{ТО.Р}$ – площадь зон технического обслуживания и ремонта ПА, м^2; fa – площадь, занимаемая ПА, м^2 (принимаем 2,5*7); Хп – число постов; К0 – коэффициент, учитывающий свободные зоны и проходы (принимаем 4,5).

Рассчитаем площадь зоны ТО-2:

$$F_{\text{ТО}-2} = 2{,}5 \cdot 7 \cdot 7 \cdot 4{,}5 = 551{,}25\text{м}^2$$

Площадь зоны КР:

$$F_{\text{ТО}-2} = 2{,}5 \cdot 7 \cdot 3 \cdot 4{,}5 = 236{,}25\text{м}^2$$

Площадь зоны СР:

$$F_{\text{ТО}-2} = 2{,}5 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 4{,}5 = 78{,}75\text{м}^2$$

Площадь зоны ТР:

$$F_{\text{ТО}-2} = 2{,}5 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 4{,}5 = 157{,}5\text{м}^2$$

Полученные результаты заносим в таблицу 2.

Таблица 2 – Площади зон технического обслуживания и ремонта

Вид обслуживания	Количество постов	Площадь зон технического обслуживания и ремонта FТО, Р, м^2
Техническое обслуживание ТО-2	7	551,25
Капитальный ремонт	3	236,25
Средний ремонт	1	78,75
Текущий ремонт	2	157,5

Окончательно площадь зон определяется по результатам общей компоновки производственных зданий.

Площадь производственного участка рассчитывается:

$$F_{\text{у}} = f_{\text{об}} \cdot K_n, \quad (8)$$

где $F_у$ – площадь производственного участка, м^2; $f_{об}$ – площадь, занимаемая оборудованием на рассчитываемом участке, м^2; $К_п$ – коэффициент плотности расстановки оборудования (принимаем 4).

Рассчитаем площадь участка на примере аккумуляторной и моечного отделения:

$$F_{\text{у.аккум}} = 0{,}9 \cdot 4 = 3{,}6\ \text{м}^2,$$

$$F_{\text{у.моечное}} = 2{,}4 \cdot 4 = 9{,}6\ \text{м}^2.$$

Если на участке предусматриваются места для автомобилей или кузовов, то к площади, занимаемой оборудованием данного участка, добавляют площадь, занимаемую автомобилем или кузовом.

Полученные результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения площадей участков

Номер позиции	Наименование участка	Площадь, занимаемая ПА FПА, м^2	Площадь, занимаемая оборудованием fоб, м^2	Значение принятого коэффициента	Расчетная площадь Fу, м^2	Площадь, принятая после планировки F, м^2
1	Моечное отделение	17,5	2,4	4	9,6	27,1
2	Зона ТО-2	17,5	0,90	4	3,6	21,1
3	Посты ремонта	17,5	3,21	4	12,84	30,34
4	Агрегатно-механический участок	17,5	33,42	4	133,68	133,68
5	Электротехнический участок	17,5	0,76	4	3,04	20,54
6	Участок кузовных работ	17,5	13,51	4	54,04	71,54
7	Испытательная	17,5	4,88	4	19,52	37,02
8	Топливно-ремонтный участок	17,5	3,63	4	14,52	32,02
9	Обойно-столярный участок	17,5	2,38	4	9,52	27,02
10	Аккумуляторная	17,5	0,90	4	3,6	3,6
11	Шиномонтажный участок	17,5	10,16	4	40,64	40,64
12	Пост окраски	17,5	0,98	4	3,92	21,42
ИТОГО						466,02

Вывод: в связи с возросшей нагрузкой на производственные мощности ЦМТО необходимо произвести реконструкцию или строительство нового ЦМТО.

Список использованной литературы

1. Наставление по технической службе Государственной противопожарной службы МВД России: приказ МВД РФ от 24 января 1996 года № 34. https://docs.cntd.ru/document/420217951

2. Об утверждении нормативов трудоемкости технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей: приказ МВД РФ от 25 сентября 1995 года № 366. М., 1995. 50 с.

3. Нормы проектирования объектов пожарной охраны: НПБ 101-95.

4. Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы: приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 23 декабря 2014 года N 1100н. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_179591

5. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: НПБ 105-2003.

6. Нормы проектирования. Предприятия по обслуживанию автомобилей: СНиП II-93-74. https://base.garant.ru/71652112

7. Теребнев В. В., Моисеев Ю. Н. Первичные средства пожаротушения // Пожарная техника. Екатеринбург: Изд. «Калан», 2013. Кн. 1. 68 с.
8. Теребнев В. В., Моисеев Ю. Н. Мобильные средства пожаротушения // Пожарная техника. Екатеринбург: Изд. «Калан», 2013. Кн. 2. 184 с.

УДК 614.841.3:631.3

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Сергеев Н. А., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Приведены примеры наиболее характерных пожаров зерноуборочных комбайнов. Указаны наиболее пожароопасные места и технологические отсеки автотракторной и другой сельхозтехники. Определены и систематизированы основные причины возникновения пожаров при работе сельскохозяйственной и другой зерноуборочной техники. Изложены общие требования для проектирования автоматических систем обнаружения и тушения пожаров для сельхозмашин, их комплектации, порядок работы систем противопожарной защиты.

***Ключевые слова*:** *причины пожаров, пожарная опасность, моторный отсек, системы пожаротушения, пожарные извещатели.*

Пожары на сельскохозяйственной технике являются результатом наличия и интенсивной эксплуатации различных технических систем, способствующих возникновению пожаров топливной и масляной систем, гидравлической системы, а также трансмиссий, зубчатых, ременных, цепных и фрикционных передач на механических агрегатах самоходных машин.

Статистика МЧС РФ о пожарной обстановке в сельской местности [4] свидетельствует о том, что основной причиной пожаров на селе – нарушение правил эксплуатации механических транспортных (сельскохозяйственных в том числе) средств. За период с 2020 по 2024 года по данной причине в России произошло почти 21 тысяча пожаров [9].

Пожары уничтожают и повреждают дорогостоящие сельскохозяйственные машины и технику, выращенный урожай и возделываемые зерновые и кормовые культуры, наносят значительный материальный ущерб в сельском хозяйстве [3, 6].

В большинстве случаях подобная техника укомплектована эффективными гидравлическими системами и двигателями внутреннего сгорания, имеющими максимально возможную производительность. Конструкция сельскохозяйственной техники включает в себя различные компрессоры, насосы, радиаторы, аккумуляторы и прочие технологические элементы.

Создание и использование сельскохозяйственных машин с заданной высокой производительностью и энергоемкостью создает повышенную опасность загорания техники. В настоящее время пожарная нагрузка сельскохозяйственной техники, например, на зерноуборочном комбайне, около $2 \cdot 10^4$МДж/м² [1]. При этом серийно изготавливаемые комбайны не комплектуются пожарными извещателями или системами автоматического пожаротушения. Обнаружение загорания, как правило, осуществляется визуально, органами чувств механизатора (оператора) сельскохозяйственной машины. Для ликвидации возникающих пожаров, в лучшем случае, применяются первичные средства пожаротушения (огнетушители порошковые и углекислотные, противопожарное полотно, вода, песок, земля) [1].

По информации, взятой из источников, находящихся в свободном доступе, причинами пожаров на зерноуборочной технике за период с 2020 по 2024 годы стали в основном:

возгорания сухих растительных материалов от перегретых металлических поверхностей механизмов – 40,8 %;

отказы и неисправности электрических систем и оборудования машин – 33,2 %;

неисправности и отказы масляной гидравлической и топливной систем – 27,1 % [2].

Исследованиями пожаров установлено, что основное количество загораний сельскохозяйственной техники происходило в дневной период до 20:00 часов, то есть в самое жаркое время на уборке зерновых культур. В большинстве случаев (47 %), пожары происходили в отсеке двигателя внутреннего сгорания в связи с неисправностями его основных гидравлических систем [1].

13.08.2023 года в 14:30 в поле около деревни Шоркасы Ибресинского района Чувашии загорелся моторный отсек комбайна ACROS 530 2011 года выпуска, принадлежащий местной агрофирме. Ущерб составил 3 миллиона рублей.

18.10.2023 г. около 13:40 при уборке льна в поле в районе 1039 км трассы М-5 в Красноярском районе Самарской области загорелся комбайн CASE II 2388. Горел моторный отсек и колеса с левой стороны по ходу движения. Благодаря своевременному тушению при помощи огнетушителей, пламя не перекинулось с зерноуборочной машины на поле. По данным ГУ МЧС РФ, в 2023 г. в Красноярском районе это второй случай пожара на зерноуборочной технике.

15.09.2024 года произошел пожар в комбайне на сельскохозяйственном поле во время уборки зерновых культур на территории Неудачинского сельского совета Татарского района Новосибирской области.

27.09.2024 года пожар в зерноуборочном комбайне произошел на территории Кушаговского сельского совета Усть-Таркского района Новосибирской области.

14.10.2024 г. в деревне Старомрясево Башкирии загорелся комбайн «Аида». Пожарные МЧС ликвидировали горение на площади десяти квадратных метров. Пламя повредило моторный отсек, обшивку и колеса комбайна. По информации ГУ МЧС Башкирии это девятый пожар на зерноуборочных комбайнах за осень 2024 года.

Эксплуатация сельхозтехники в тяжелых технологических режимах в совокупности с неблагоприятными высокотемпературными климатическими условиями как правило приводят к критическому перегреву деталей и оборудования различных агрегатов зерноуборочных машин. Для предотвращения пожаров и уничтожения огнем сельхозтехники необходимо использовать надежные и современные технологии противопожарной защиты. На промышленных предприятиях автоматические системы пожаротушения уже давно продемонстрировали свою эффективность на самых разных видах оборудования. Поэтому понятно, что на всей автотракторной и самоходной сельскохозяйственной технике необходимо обязательное внедрение автоматических систем обнаружения и пожаротушения. В первую очередь это необходимо для сельхозтехники, оснащаемой газобаллонным оборудованием и использующей в качестве моторного топлива сжиженный природный газ метан [2].

Локализация и ликвидация загораний и пожаров технических систем является основной задачей системы пожаротушения самоходных машин и механизмов. К таким системам относятся: двигатель внутреннего сгорания; топливная, масляная и гидравлическая системы; оборудование механических передач; поверхности механизмов нагретых, в процессе вращения, элементов конструкций комбайнов и других сельхозмашин [7].

Для обеспечения надежной защиты сельхозмашин важно выбрать оптимальную по форме и содержанию конфигурацию автоматической системы пожаротушения. Сложность обеспечения пожарной безопасности сельхозмашин еще и в том, что универсального решения для всей автотракторной и самоходной сельскохозяйственной технике не существует. Поэтому, для комплектации различных машин системой пожаротушения (вид и количество датчиков, извещателей, активаторов или насадок пожаротушения и т. д.) необходим индивидуальный подход.

При выборе технических решений для противопожарной защиты сельхозтехники необходимо учитывать возможность возникновений загораний и пожаров не только в моторном отсеке, но и в агрегатном, где располагаются конструкции и механизмы, испытывающие высокую нагрузку, что создает значительный риск возникновения пожара [5].

Обязательная защита от пожара необходима для отсека расположения шлангов высокого давления масляных систем, для накопительных резервуаров, куда стекают пожароопасные технологические жидкости. Форсунки для распыления огнетушащего вещества, как правило, устанавливают в зонах, подверженных максимальному перегреву [8].

Система автоматического пожаротушения сельхозтехники должна состоять из подсистем: предупреждения (сигнализации) о пожаре и ликвидации возгорания (пожара) [5].

Система автоматического предупреждения (сигнализации) о пожаре включает следующие компоненты: источники питания (основной и резервный источник; датчики (извещатели пожара) дыма и огня; датчик изменения значений (нарастания) температуры; датчик изменения значений (уменьшения) концентрации кислорода; электрический усилитель (модулятор) сигналов от датчиков; узел звуковой и световой сигнализации; узел контроля работоспособности системы.

При загорании срабатывает датчик огня (пламени), который в зависимости от конструкции реагирует на появление инфракрасного излучения. В отсек двигателя внутреннего сгорания необходимо устанавливать несколько датчиков огня и дыма.

Датчик изменения значений температуры (тепловой) реагирует на заданные (минимальные, максимальные) значения температуры или скорость повышения температуры. Датчик изменения значений концентрации кислорода предназначен для контроля концентрации кислорода в отсеках основных систем сельскохозяйственных машин.

При возникновении пожара срабатывает один или несколько датчиков. При этом включается световая и звуковая сигнализация. От системы сигнализации электрический сигнал посредством электрического усилителя (модулятора) сигналов запускает систему пожаротушения, изображенную на рисунке 1 [1].

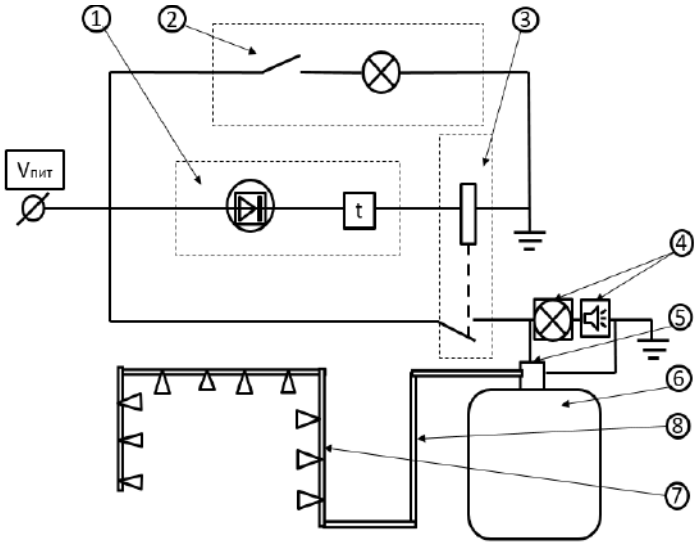


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы пожаротушения на сельскохозяйственной технике
1 – комплекс датчиков и извещателей; 2 – узел контроля работоспособности системы автоматического пожаротушения; 3 – управляющее реле; 4 – светозвуковой оповещатель о пожаре; 5 – электромагнитный клапан; 6 – ёмкость с ОВ; 7 – коллектор с распылителями; 8 – трубопровод подвода огнетушащего вещества

Данная система пожаротушения может быть применима для сельхозтехники, так как обладает высоким быстродействием, простотой и безопасностью в эксплуатации, срабатывает на любых режимах эксплуатации сельхозмашин и имеет высокую огнетушащую эффективностью.

Установка системы предупреждения и тушения возгораний и пожаров сельхозмашин позволяет автоматически локализовать и ликвидировать пожар, тем самым сохранить жизнь и здоровье оператора (механизатора), сохранить дорогостоящую технику и выращенный урожай, не допустить крупных экономических потерь.

Список использованной литературы

1. Адылин И. П., Шилин А. С. Противопожарная система защиты сельскохозяйственных машин // Безопасность производства. 2024. № 1. https://libryansk.ru/files/projectimage/agro/text/alydin_sel_meh_2024_01.pdf

2. Волгоградская область начнёт использовать технику на газомоторном топливе в сельском хозяйстве. https://lng.expert/2024/10/volgogradskaya-oblast-nachnyot-ispolzovat-tehniku-na-gazomotornom-toplive-v-selskom-hozyajstve

3. Илюшина А. Е. Пожарная безопасность объектов защиты сельской местности // Наука и молодѐжь: новые идеи и решения: материалы XVI Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград, 2023. С. 174-176.

4. Колобанова Н. А., Колобанов Н. С. Особенности тушения пожаров в сельской местности // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград, 2022. С. 162-169.

5. Костюк Е. П., Давыдчик К. А., Артемьев В. П. Основные направления повышения уровня пожарной безопасности зерноуборочной сельскохозяйственной техники // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. мат. VII Межд. науч.-практ. конф. Минск: КИИ, 2013. Ч. 1. С. 57-58. http://e.biblio.bru.by/bitstream/handle/1212121212/11703/125.pdf?sequence=1&isAllowed=y

6. Медведев В. Н., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Анализ эффективных методов тушения ландшафтных пожаров // Научное обоснование стратегии развития АПК и сельских территорий в XXI веке: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2021. Т. 4. С. 32-37.

7. Пасовец В. Н., Лахвич В. В., Антоненко М. А. Пожары на сельскохозяйственной технике и причины их возникновения // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2021. № 2. https://cyberleninka.ru/article/n/pozhary-na-selskohozyaystvennoy-tehnike-i-prichiny-ih-vozniknoveniya

8. Комбайн с системой пожарной безопасности: патент на полезную модель №190302 / М. Г. Болотин, А. П. Гудков, А. А. Гудков, С. Ю. Руссинковский, С. Б. Карякин. Опубл. БИ № 18. 2018. https://yandex.ru/patents/doc/RU190302U1_20190625

9. Пожары и пожарная безопасность. Статистический сборник. ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2023. 112 с. https://ptm01.ru/statistika-vniipo-2023-god-pozharyi-i-pozharnaya-bezopansost-statistika-pozharov-i-ix-posledstvij

УДК 614.841.345

РОЛЬ ОРГАНОВ ГПН В РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Степаненко О. Г., *заместитель начальника управления, полковник в. с.*
Кущев С. А., *заместитель начальника управления, начальник отдела, полковник в. с.*
Раков В. В., *начальник отдела, подполковник в. с.*

ГУ МЧС России по Волгоградской области
г. Волгоград, Россия

Указом Президента Российской Федерации утверждены Основы государственной политики в области пожарной безопасности до 2030 года, которыми четко определяются цель, задачи и приоритетные направления государственной политики Российской Федерации, а также механизмы ее реализации [1].

Пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров [2].

Ключевая роль в организации и координации работы всех основных элементов системы обеспечения пожарной безопасности, отведена органам федерального государственного пожарного надзора МЧС России, которые в 2027 году отметят свой 100-летний юбилей.

Основными задачами пожарной охраны являются:

- организация и осуществление профилактики пожаров;
- спасение людей и имущества при пожарах, оказание первой помощи;
- организация и осуществление тушения пожаров и проведения АСР [2].

И первая в числе трех основных задач – это безусловная прерогатива органов федерального государственного пожарного надзора, стоящих на страже пожарной безопасности общества и государства.

Кроме того, согласно Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации, органы государственного пожарного надзора федеральной противопожарной службы относятся к органам дознания и наделены полномочиями по проведению дознания по уголовным делам, по которым производство предварительного следствия необязательно, выполнению неотложных следственных действий по уголовным делам, по которым производство предварительного следствия необязательно [3].

Одним из предметов федерального государственного пожарного надзора является соблюдение организациями и гражданами требований пожарной безопасности в зданиях, помещениях, сооружениях, на

линейных объектах, территориях, земельных участках, которыми организации и граждане владеют и (или) пользуются и к которым предъявляются требования пожарной безопасности, а также оценка их соответствия требованиям пожарной безопасности [2].

Основными нормативными правовыми актами, регламентирующими деятельность органов государственного пожарного надзора, по своей сути настольными книгами, являются Федеральный закон «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» [4] и Положение о федеральном государственном пожарном надзоре [5].

Вместе с этим, в рамках оценки реализации органами местного самоуправления властных полномочий по обеспечению первичных мер пожарной безопасности в границах муниципальных образований, повышения уровня противопожарной защиты населенных пунктов и прилегающих территорий, минимизации рисков возникновения в населенных пунктах ландшафтных (природных) пожаров и распространения таковых на населенные пункты с сопредельных с ними территорий, органы государственного пожарного надзора в рамках Федерального закона «Об общих принципах организации местного самоуправления в единой системе публичной власти» [6] проводят проверки органов местного самоуправления.

Немаловажным аспектом деятельности органов государственного пожарного надзора является и осуществление в рамках Федерального закона «Об общих принципах организации публичной власти в субъектах Российской Федерации» [7] государственного контроля (надзора) за деятельностью органов государственной власти субъектов Российской Федерации, включающую в себя оценку полноты и качества реализации властных полномочий в области пожарной безопасности.

В данной статье приведены многолетние статистические показатели обстановки с пожарами и их последствиями на территории Волгоградской области, позволяющие сделать вывод о качественном подходе всех основных элементов региональной системы обеспечения пожарной безопасности к своевременной выработке и эффективной реализации мер пожарной безопасности, направленных на защиту жизни и здоровья граждан от пожаров.

Правильный, эффективный, а главное результативный вектор направления деятельности, выбранный на территории Волгоградской области органами федерального государственного пожарного надзора, качественно и своевременно планируемая на территории региона работа по минимизации рисков возникновения пожаров и их последствий, позволили снизить количество пожаров и их негативных последствий.

Работа ежегодно совершенствуется, вырабатываются новые передовые формы и методы, направленные на защиту жизни и здоровья граждан от пожаров.

К анализу представлены статистические показатели за период с 2015 по 2024 год.

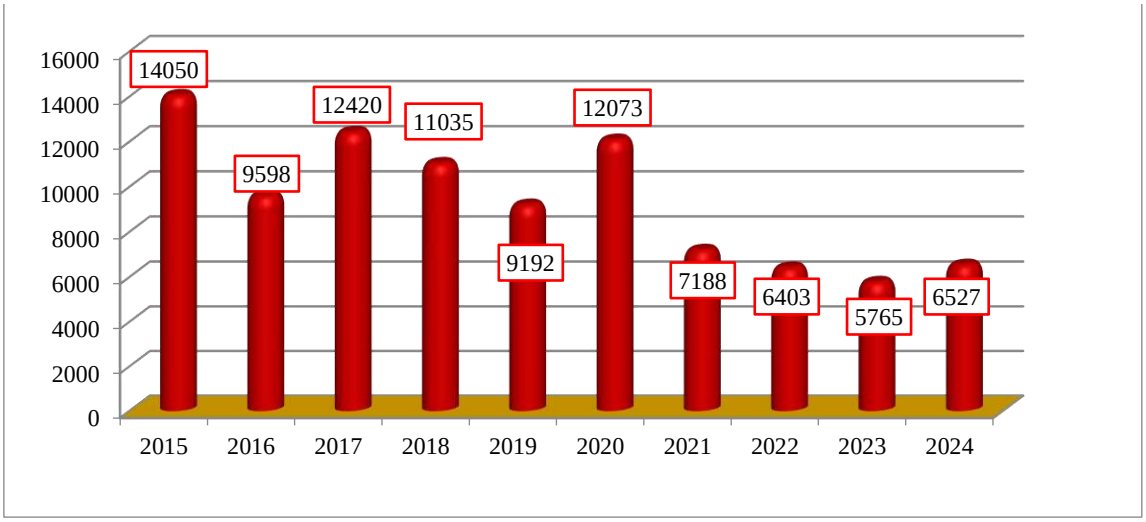


Диаграмма 1 – Общее количество пожаров, происшедших в период с 2015 по 2024 год включительно

В период с 2015 по 2024 год на территории Волгоградской области зарегистрирован 94 251 пожар.

В среднем ежегодно регистрируется 9 425 пожаров.

Из приведенной диаграммы следует, что начиная с 2021 года, на территории региона отмечается устойчивая тенденция к снижению числа пожаров.

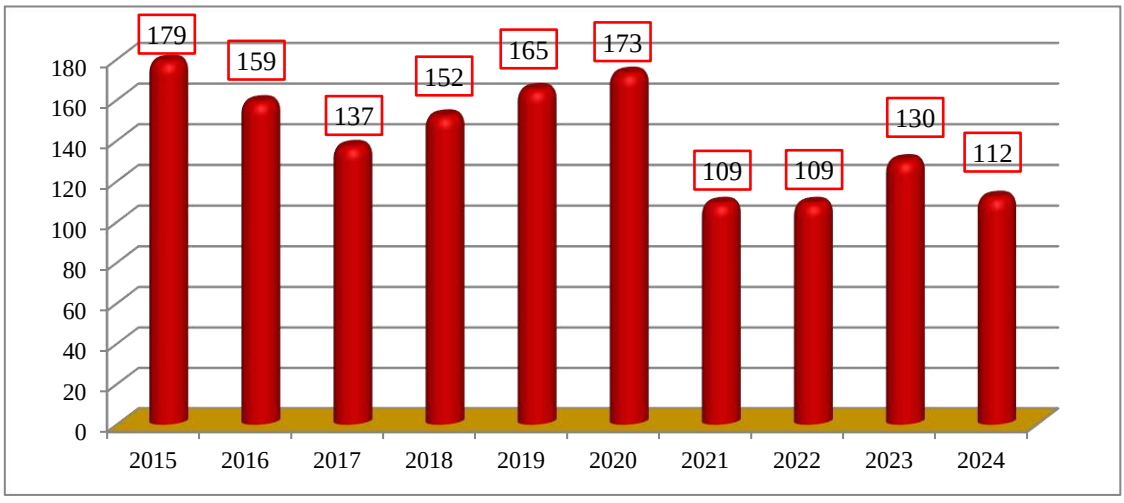


Диаграмма 2 – Общее количество погибших людей при пожарах, происшедших в период с 2015 по 2024 год включительно

В период с 2015 по 2024 год на территории Волгоградской области при пожарах погибло 1 425 человек.

В среднем ежегодно при пожарах регистрируется гибель 142 человек.

Из приведенной диаграммы следует, что начиная с 2021 года, на территории региона отмечается устойчивая тенденция к снижению числа погибших при пожарах людей.

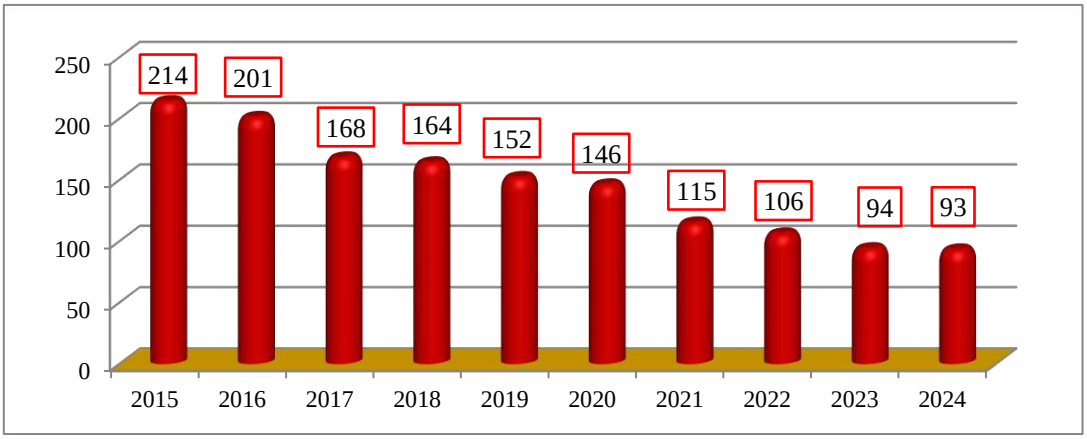


Диаграмма 3 – Общее количество травмированных людей, при пожарах, происшедших в период с 2015 по 2024 год включительно

В период с 2015 по 2024 год на территории Волгоградской области при пожарах травмы различной степени тяжести получили 1 453 человека.

В среднем ежегодно при пожарах травмируется 145 человек.

Из приведенной диаграммы следует, что начиная с 2016 года, на территории региона отмечается устойчивая тенденция к снижению числа травмированных при пожарах людей.

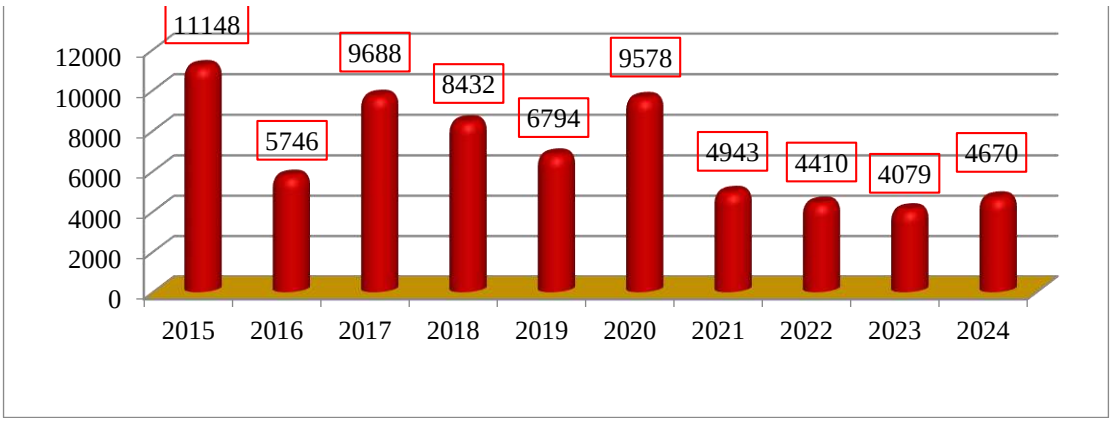


Диаграмма 4 – Общее количество ландшафтных (природных) пожаров и пожаров, связанных с горением мусора на открытых территориях, происшедших в период с 2015 по 2024 год включительно

В период с 2015 по 2024 год на территории Волгоградской области зарегистрировано 69 488 пожаров, связанных с горением сухой растительности и мусора.

В среднем ежегодно регистрируется 6 949 таких пожаров.

Из приведенной диаграммы следует, что, начиная с 2021 года, на территории региона отмечается устойчивая тенденция к снижению пожаров, связанных с горением сухой растительности и мусора.

Из вышеизложенного следует, что в большей степени 2020 год, обусловленный увеличением количества пожаров и погибших на них людей, послужил отправной точкой в пересмотре большинства вопросов, связанных с обеспечением пожарной безопасности и направленных на защиту жизни и здоровья граждан, выработку передовых форм и методов работы, максимального вовлечения в профилактическую работу уполномоченных и заинтересованных органов исполнительной власти и местного самоуправления, организаций и учреждений.

Главным управлением МЧС России по Волгоградской области с учетом складывающейся по итогам 2020 года неудовлетворительной обстановки с пожарами и их последствиями был проведен глубокий анализ причин и условий, прямо и косвенно способствовавших дестабилизации пожарной обстановки.

Были учтены проблемные вопросы, выработаны пути их решения, максимально приняты во внимание сезонные риски, другие местные условия и особенности, в том числе, характерные для региона, определены приоритетные направления в работе с социально незащищенными категориями населения, учтены другие сопутствующие факторы.

Впервые, Главным управлением МЧС России по Волгоградской области были разработаны Межведомственный план организационно-профилактических мероприятий по предупреждению пожаров и гибели на них людей, в том числе детей, в жилом секторе на территории Волгоградской области на 2021 год (далее – Межведомственный план) и Дорожная карта по реализации на территории Волгоградской области мероприятий, направленных на снижение гибели и травматизма несовершеннолетних на пожарах в 2021 году (далее – Дорожная карта).

Проекты документов были предварительно согласованы с субъектами системы профилактики и основными элементами системы пожарной безопасности Волгоградской области и вынесены для рассмотрения и последующего утверждения на заседание комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности Волгоградской области (далее – КЧС и ОПБ Волгоградской области).

24 декабря 2020 года на заседании КЧС и ОПБ Волгоградской области предложения Главного управления МЧС России по Волгоградской области были всецело поддержаны и Межведомственный план и Дорожная карта были утверждены и направлены на реализацию ответственным исполнителям и соисполнителям.

В последующие годы, с учетом вырабатываемых новых форм и методов профилактической работы, в том числе, передовых, складывающейся обстановки с пожарами и их последствиями, другими сопутствующими факторами, Межведомственный план и Дорожная карта ежегодно совершенствовались и актуализировались и уже по сложившейся традиции утверждались на предстоящий год решениями декабрьских заседаний КЧС и ОПБ Волгоградской области.

Как было отмечено выше, грамотно выстроенная на территории Волгоградской области работа позволила максимально снизить риски возникновения пожаров, прежде всего бытовых, и как следствие гибель и травматизм на них людей.

Следует отметить, что немалая работа Главным управлением МЧС России по Волгоградской области была проделана и по снижению рисков возникновения и распространения ландшафтных (природных) пожаров, как правило, стихийно возникающих и распространяющихся в природной среде и охватывающих различные компоненты природного ландшафта.

Подавляющее большинство таких пожаров сопряжены с человеческим фактором, обусловленным низкой культурой поведения отдельных граждан, не осознающих возможные негативные последствия.

В этой связи, Главным управлением МЧС России по Волгоградской области был предпринят ряд кардинальных мер, впоследствии сыгравших немаловажную роль в ежегодном снижении числа таких пожаров.

Так, по аналогии с вышеуказанными Межведомственным планом и Дорожной картой, впервые на территории региона были выработаны многочисленные организационные и практические мероприятия, прежде всего для руководителей органов местного самоуправления, которые, несмотря на порой аномально высокую температуру воздуха, длительное отсутствие осадков и нередкую высокую ветровую нагрузку, позволили максимально снизить риски возникновения и распространения ландшафтных (природных) пожаров.

С учетом многочисленных рисков пожароопасного сезона, других негативных факторов, благоприятно влияющих на возникновение и способствующих распространению ландшафтных (природных) пожаров Главным управлением МЧС России по Волгоградской области впервые заблаговременно был разработан Межведомственный план организационно-профилактических мероприятий по минимизации рисков возникновения и распространения ландшафтных (природных) пожаров, других рисков, в период подготовки и прохождения на территории Волгоградской области пожароопасного сезона 2025 года, который впоследствии совместно с вышеуказанными Межведомственным планом и Дорожной картой был утвержден решением КЧС и ОПБ от 18 декабря 2024 года № 9/1.

Вместе с этим, в рамках реализации вышеуказанных планов и Дорожной карты, немаловажное значение уделяется максимальному наполнению информационного пространства, как на муниципальном, так и на региональном уровне, всевозможными тематическими материалами, позволяющими значительно повысить уровень культуры безопасного поведения населения, уровень противопожарных знаний и умения действий в случае пожара.

Не менее важную роль играет и круглогодично проводимая адресная работа с отдельными категориями населения.

По-прежнему в приоритете у всех органов власти и местного самоуправления находится разноплановая работа по минимизации рисков гибели и травматизма несовершеннолетних при пожарах и недопустимости оставления малолетних детей без присмотра даже на непродолжительное время.

Указанный фактор, как в Волгоградской области, так и в большинстве субъектов Российской Федерации по-прежнему является ключевым и сопутствующим негативным последствиям.

В заключении стоит напомнить, что система обеспечения пожарной безопасности это совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ [2].

Основными элементами этой системы являются органы государственной власти, органы местного самоуправления, организации, граждане, принимающие участие в обеспечении пожарной безопасности в соответствии с законодательством Российской Федерации [2].

Список использованной литературы

1. Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности до 2030 года: указ Президента Российской Федерации от 1 января 2018 г. № 2.

2. О пожарной безопасности: Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ.

3. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации от 18.12.2001 № 174-ФЗ.

4. О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации: Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ.

5. О федеральном государственном пожарном надзоре: Постановление Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2012 г. № 290.

6. Об общих принципах организации местного самоуправления в единой системе публичной власти: Федеральный закон от 20 марта 2025 г. № 33-ФЗ.

7. Об общих принципах организации публичной власти в субъектах Российской Федерации: Федеральный закон от 21 декабря 2021 г. № 414-ФЗ.

УДК 614.842.83:331.108.2

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СИСТЕМЕ ПОДБОРА КАДРОВ ДЛЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС РОССИИ

Суздальцев Е. В.

Главное управление МЧС России по Волгоградской области
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Исследованы актуальные проблемы кадрового обеспечения подразделений контрольно-надзорной и профилактической деятельности Федеральной противопожарной службы МЧС России. В условиях реформирования системы РСЧС и повышения требований к эффективности государственного пожарного надзора особую значимость приобретает разработка научно обоснованной системы подбора персонала. Проанализирована нормативная база и теоретические основы кадровой политики, сформулированы ключевые принципы работы с персоналом. На основе проведенного исследования предложена комплексная система подбора кадров, базирующаяся на принципах непрерывности, комплексности, структурного и личностного подходов. Определены типовые индивидуальные требования к кандидатам, включая принципы соответствия, профессиональной компетентности, практических достижений и индивидуальности. Результаты работы направлены на качественное улучшение механизмов комплектования и повышение эффективности деятельности надзорных подразделений.

***Ключевые слова*:** *кадровая политика МЧС, подбор персонала МЧС, контрольно-надзорная деятельность, Федеральная противопожарная служба, МЧС России, управление персоналом.*

Современный этап развития системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) характеризуется глубокими преобразованиями, направленными на повышение эффективности всех ее структурных элементов. Особое место в этой системе занимают подразделения федерального государственного пожарного надзора (ФГПН), осуществляющие контрольно-надзорную и профилактическую деятельность. От их работы напрямую зависит уровень противопожарной защиты населения и территорий.

В этих условиях вопросы кадрового обеспечения и формирования высокопрофессионального кадрового потенциала приобретают стратегическое значение. Традиционные подходы к подбору и расстановке кадров зачастую не в полной мере учитывают специфические требования, предъявляемые к сотрудникам надзорных органов, такие как необходимость наличия глубоких правовых знаний, навыков риск-ориентированного подхода, коммуникативной компетентности и стрессоустойчивости. Это обусловливает необходимость разработки и внедрения научно обоснованной, целостной системы подбора кадров, адаптированной к современным вызовам и угрозам пожарной безопасности.

Целью данного исследования является анализ существующих механизмов кадрового обеспечения подразделений контрольно-надзорной деятельности и разработка на его основе концептуальных подходов к построению эффективной системы подбора персонала.

1. Теоретико-методологические основы кадровой политики в системе МЧС России

Кадровая политика представляет собой систему целей, принципов и стратегических направлений деятельности органов управления, направленных на формирование требований к работникам, их подбор, подготовку и рациональное использование. Главная цель кадровой политики в контексте МЧС России – формирование такого кадрового потенциала, который в профессиональном отношении позволял бы обеспечивать безусловную реализацию задач по защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и пожаров [1].

Кадры являются основным, постоянным, штатным составом квалифицированных работников организации. Сущность кадровой политики заключается в привлечении, закреплении и адекватном использовании высококвалифицированных специалистов, а также в создании условий для реализации ими своего профессионального потенциала.

В отечественной теории управления к числу базовых принципов работы с персоналом относятся [2, 3]:

1. Подбор кадров по деловым и личностным качествам. Данный принцип предполагает наличие четких критериев и процедур, закрепленных в нормах права, которые минимизируют субъективизм в принятии кадровых решений.

2. Сочетание преемственности и сменяемости кадров. Заключается в эффективном использовании опыта и знаний ветеранов пожарной охраны при одновременном выдвижении молодых, перспективных работников, что обеспечивает постоянное обновление кадрового состава без потери преемственности.

3. Принцип законности. Означает, что все кадровые процессы должны осуществляться в строгом соответствии с действующим законодательством Российской Федерации и ведомственными нормативными правовыми актами.

4. Плановость и научная обоснованность. Предполагает, что кадровая работа должна строиться на основе стратегического планирования и с применением научных методов анализа и прогнозирования.

5. Подконтрольность и подотчетность кадров. Обеспечивает систему контроля за деятельностью сотрудников и их ответственность за принимаемые решения.

Реализация этих принципов позволяет перейти от реактивного кадрового делопроизводства к стратегическому управлению человеческими ресурсами.

2. Специфика кадрового обеспечения контрольно-надзорной деятельности.

Подразделения контрольно-надзорной и профилактической деятельности ФПС ГПС МЧС России выполняют исключительно важные функции по предупреждению пожаров. Специфика их работы предъявляет особые требования к сотрудникам, которые должны сочетать в себе глубокие знания в области пожарной безопасности, административного и технического права, обладать развитыми коммуникативными навыками для взаимодействия с проверяемыми субъектами, а также высокой степенью стрессоустойчивости и морально-волевыми качествами.

Нормативной основой их деятельности выступает широкий массив законодательных и подзаконных актов, постоянные изменения в которых требуют от инспекторского состава способности к непрерывному обучению и самообразованию. Кроме того, внедрение риск-ориентированного подхода и современных профилактических технологий диктует необходимость наличия у сотрудников аналитического мышления и умения работать с большими массивами данных.

Все это обусловливает необходимость качественного преобразования существующей системы подбора кадров для данных подразделений. Она должна быть нацелена не просто на заполнение вакантных должностей, а на поиск и привлечение кандидатов, в наибольшей степени соответствующих указанным специфическим требованиям.

3. Принципы и организационная система подбора кадров

На основе анализа сущности управления подбором кадров для подразделений надзорной деятельности были сформулированы типовые индивидуальные требования к кандидатам [4]:

Принцип соответствия: кандидат должен соответствовать не только формальным квалификационным требованиям (образование, стаж), но и корпоративной культуре и ценностям МЧС России.

Принцип профессиональной компетентности: наличие у претендента глубоких специальных знаний, умений и навыков, подтвержденных как документально, так и на практике.

Принцип практических достижений: оценка реальных результатов предыдущей профессиональной деятельности кандидата.

Принцип индивидуальности: учет личностных особенностей, мотивации и потенциала развития сотрудника.

Для реализации этих требований необходима эффективная организационная система подбора. Ее разработка должна базироваться на следующих организационных принципах:

Непрерывность: подбор кадров – не разовая кампания, а непрерывный процесс, интегрированный в общую систему управления персоналом.

Комплексность: использование всего арсенала методов оценки кандидатов: анализ документов, структурированные интервью, тестирование (психологическое, профессиональное).

Своевременность: обеспечение закрытия вакансий в оптимальные сроки, без ущерба для оперативной деятельности подразделения.

Структурный и личностный подходы: учет как требований конкретной должности (структурный подход), так и индивидуальных характеристик кандидата (личностный подход).

Взаимодействие и координация: слаженная работа кадровых служб, непосредственных руководителей подразделений и психологов.

Централизация управления и автономность: Выработка единых стандартов и методик на уровне центрального аппарата при предоставлении определенной автономии региональным подразделениям в их применении.

Предлагаемая система подбора кадров определяется как совокупность подразделений кадрового обеспечения, решающих задачи не только комплектования штатов, но и определяющих те кадровые показатели (например, коэффициент текучести, уровень профессиональной компетентности, удовлетворенность трудом), которые напрямую влияют на качество работы самих надзорных подразделений.

Заключение. Проведенное исследование позволяет сделать вывод о том, что совершенствование системы подбора кадров для подразделений контрольно-надзорной деятельности МЧС России является важной задачей, от решения которой зависит эффективность всей системы государственного пожарного надзора.

Переход от традиционных методов закрытия вакансий к целостной, научно обоснованной системе, базирующейся на принципах непрерывности, комплексности и индивидуального подхода, позволит значительно повысить качество кадрового потенциала. Внедрение четких критериев отбора, ориентированных на принципы соответствия, компетентности и практических достижений, будет способствовать привлечению в надзорные органы высокомотивированных и профессионально подготовленных специалистов.

Дальнейшие исследования в данной области могут быть связаны с разработкой конкретных методик оценки кандидатов, адаптированных для различных должностей в системе надзорной деятельности, а также с созданием системы прогнозирования кадровых потребностей на основе анализа оперативной обстановки и стратегических задач МЧС России.

Список использованной литературы

1. Фурсов А. И., Абрамов В. А., Кузьмина О. А., Ломаева Т. А. Управление персоналом. Курс лекций. М.: Академия МЧС России, 2011.

2. Кафидов В. В. Управление персоналом: учебное пособие по специальности "Менеджмент организации". Москва: Питер, 2009.

3. Одегов Ю. Г., Никонова Т. В. Аудит и контроллинг персонала: учебник. М.: Альфа-Пресс, 2010.

4. Сотникова С. И. Управление персоналом. Деловая карьера: учебное пособие. М.: РИОР, Инфра-М, 2016.

5. Овечкин Д. В. Современные подходы при подготовке и расстановке кадров в условиях специфики работы в системе МЧС России // Молодой ученый. 2018. № 41 (227). С. 135-137.

6. О службе в федеральной противопожарной службе Государственной противопожарной службы и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 23.05.2016 № 141-ФЗ.

УДК 371.047:331.548

ПРОФОРИЕНТАЦИОННАЯ РАБОТА В КАДЕТСКИХ КЛАССАХ МЧС КАК УСЛОВИЕ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО САМООПРЕДЕЛЕНИЯ

Ненькина Е. В., *канд. ф. наук*
Чернова А. П., *советник директора*

МОУ СШ № 111 Советского района Волгограда
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Кадетские классы – это полноценная система патриотического образования и воспитания личности. Образование и воспитание слиты в нем неразрывно. Обучение в кадетских классах профиля МЧС помогает дальнейшему профессиональному самоопределению обучающихся.

Ключевые слова: *кадеты, воспитание кадетов, самоопределение.*

В связи с возросшими требованиями к качеству подготовки учащихся как средних, так и высших профессиональных образовательных учреждений появилась необходимость в преобразовании форм организации учебного процесса, методов, средств обучения и контроля уровня освоения. В настоящее время, в условиях нестабильности экономических и политических отношений в стране и мире, в условиях модернизации системы общего образования перед профессиональной школой стоит принципиально новая общепедагогическую задачу – подготовить учащихся кадетских классов МЧС не только к труду и познанию, но и к полноценному подготовительному профессиональному образованию.

Неспособность значительного числа выпускников массовых общеобразовательных школ адаптироваться к новым условиям жизни и труда в нестабильном обществе стала одной из наиболее острых социальных проблем современности. Существующая опасность потери молодого поколения российским государством, снижения уровня его образованности, усиление его оттока в криминогенную среду вызывает необходимость приоритетного решения проблем среднего общего образования, отказа от традиционных стереотипов обучения и градации образовательных учреждений.

Актуальность и значимость данной статьи определяется прежде всего тем, что в соответствии с новой социокультурной ситуацией, сложившейся в нашей стране и мире, повышаются требования к профессиональной подготовке обучающихся кадетских классов профиля МЧС как преемников будущей профессии.

Кадетское образование представляет собой четко регламентируемую систему предоставления воспитаннику необходимого объема знаний, воспитания у него умений и привития на этой основе навыков общественно-полезной деятельности. При этом, одной из задач обучения является профессиональная ориентация (начальное профессиональное образование) учащегося с целью раннего определения его способностей и склонностей и правильного их использования в деле служения государству и обществу.

В то же время кадетский класс профиля МЧС – это полноценная система патриотического образования и воспитания личности. Образование и воспитание слиты в нем неразрывно. Если, отдавая ребенка в престижную гимназию, родители могут быть уверены в качестве образования, которое он получает, то в кадетском классе обучающийся получит дополнительно воспитание, основанное на уважении к старшим и любви к родине. Кадетское воспитание представляет собой строго согласованное с общими началами российского государственного устройства систему формирования личности воспитанника. При этом целью воспитания является подготовка воспитанника к служению Отечеству на государственном уровне, в первую очередь, на поприще спасательной службы.

Таким образом, целью кадетского образования и воспитания является подготовка государственного человека – патриота, готового брать на себя ответственность за судьбу своей страны и родного края; инициативного, самостоятельного, мобильного гражданина с лидерской позицией; просвещенного культурного разумного, зрелого в суждениях и поступках человека, способного к жизнетворчеству и созиданию; благородного и благопристойного мужчины, заботливого семьянина.

Зачастую на начальном этапе обучения у воспитанников и их родителей возникают трудности, связанные с адаптацией к новым условиям, поскольку кадетский класс профиля МЧС включает ряд особенностей жизни и учебы обучающихся. Это:

- жесткая регламентация распорядка дня;
- преобладание групповых видов деятельности;
- подчинение и субординация; совмещение учебной деятельности с выполнением обязанностей, связанных с бытом, с получением дополнительного образования, со служебной деятельностью.

Кадеты учатся соблюдать дисциплину, принимать ответственность за свои поступки, ощущать себя частью коллектива.

Уникальность кадетского образования заключается в сотрудничеситве с такими социальными партнерами, как Главное Управление МЧС России по Волгоградской области, кафедра Пожарной и техносферной безопасности ВолГАУ.

Государственной противопожарный службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, заключается в совокупности реализуемых идей и специфических особенностей, среди которых:

- оптимальное сочетание образовательных программ, реализующих компонент кадетского воспитания, программ дополнительного образования, направленных на формирование практических знаний по основам подготовки к службе спасателя;

- приоритетность воспитания в кадетском образовании, создание культурно-образовательной и ценностно-смысловой среды, насыщенной общечеловеческими и национальными ценностями, нормами морали, православной культуры, символами и ритуалами МЧС России;

- постоянное пребывание в коллективе, необходимость выстраивания отношений и коммуникаций разного содержания и характера в различных ситуациях с ровесниками и со взрослыми, что требует толерантности, принятия и понимания другого человека;

- особый уклад жизни сочетающий гуманистические основы и военизированное, но не военное образовательного учреждение, с регламентированной системой жизнедеятельности, с организацией и строгим соблюдением не только воинских ритуалов, но полным выполнением всех основных требований организации внутренней службы и внутреннего порядка, определяемых воинским уставом с учетом возрастных особенностей и психологии детей;

- возможность непрерывности образования, обеспеченная профессиональной диагностикой и ориентацией, предпрофильной и профильной подготовкой, введением вариантов довузовской подготовки, а также воспитанием потребности в постоянном самообразовании; постоянное педагогическое сопровождение обучающихся.

Руководство школ предоставляет все необходимые условия для решения задач повышения качества и совершенствования содержания образования; обеспечения условий, способствующих сохранению здоровья кадетов; использования современных образовательных и информационно-коммуникационных технологий, обеспечивающих личностно-ориентированное обучение.

Таким образом, система кадетского образования в своей профессиональной части должна готовить своих воспитанников как специалистов начального профессионального уровня общего профиля, в соответствии ведомственной подчиненностью и со сложившимися

традициями, а также в соответствии с определенными федеральными и региональными заказами на подготовку работников специальностей государственной службы. Сегодня кадетские классы профиля МЧС могут стать частью социального пакета для министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. При этом одной из приоритетных задач развития кадетского образования должна стать разработка системы существенных привилегий для выпускников-кадет при продолжении ими профессионального образования в средних профессиональных и высших учебных заведениях профиля МЧС России, при их поступлении на государственную службу.

Кадетские классы МОУ СШ № 111 созданы в целях интеллектуального, общекультурного, физического, духовно-нравственного и морально-волевого развития на базе реализации общеобразовательных программ в соответствии с ФГОС, а также программ специализированных курсов в системе дополнительного образования.

В кадетских классах происходит формирование особой воспитательной среды, создающей специфический уклад жизни, включающий в себя ежедневный утренний и обеденный осмотры, широкое использование традиций и ритуалов в общении, принятых в военной среде, усиленные занятия спортом, строевые тренировки, занятия хореографией. Ношение кадетской формы дисциплинирует обучающихся кадетских классов.

Основные цели кадетского образования – интеллектуальное, культурное, физическое и нравственное развитие обучающихся, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к службе Отечеству на гражданском и военном поприще.

Воспитательный процесс в кадетских классах проводится в соответствии с планом работы на учебный год и расписанием.

Таблица 1 – План работы кадетских классов в 2025-2026 учебном году

№ п/п	Дата проведения	Мероприятие	ФИО ответственного
1	2	3	4
1.	01.09.2025 г.	Участие должностных лиц ГУ МЧС России по Волгоградской области в торжественных мероприятиях, посвященных Дню знаний	Ответственный за работу кадетских классов Е. В. Ненькина
2.	Сентябрь	Этапная игра «Служу России»	Учитель физической культуры и ОБЗР Котельников В. Р.
3.	19.09.2025 г.	Участие 5а,5б кадетских классов в торжественном мероприятии «Посвящение в кадеты»	Ответственный за работу кадетских классов Е. В. Ненькина

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
4.	Сентябрь (по плану СТУ ДОАВ)	Участие в районном этапе городского смотра-конкурса отрядов юных инспекторов движения «Светофор-2025»	Руководитель отряда ЮИД, Назарова Л. В.
5.	Октябрь	Встреча кадет с личным составом 4 ПСЧ 1 отряда МЧС. Ознакомительная экскурсия (по согласованию)	Ответственный за работу кадетских классов, Ненькина Е. В.
6.	Ноябрь	Участие в городской оборонно-спортивной игре «Боевые рубежи»	Учитель физической культуры и ОБЗР Котельников В. Р.
7.	Декабрь	Экскурсия в ПЧ «Пожарная и аварийно-спасательная техника» (по согласованию)	Классные руководители
8.	Декабрь	Единый классный час «27 декабря – День МЧС» (совместно с 4 ПСЧ 1 отряда МЧС по согласованию)	Классные руководители
9.	Декабрь	Игра «Гражданин своей Родины» (по классам)	Классные руководители
10.	Декабрь	Школьный кадетский бал	Педагог дополнительного образования, Воронина П. А., ответственный за организацию ВР, Кострова Е. Н.
11.	Январь	Участие в акциях «Сталинградские окна», «Письмо ветерану»	Ответственный за организацию ВР, Кострова Е. Н., классные руководители
12.	Февраль	«Кадетская слава». Военно-спортивная игра, посвященная Дню защитника Отечества	Учитель физической культуры и ОБЗР, Котельников В. Р.
13.	Февраль	Спортивно-игровой конкурс для пап «В армии служат только настоящие мужчины»	Учитель физической культуры и ОБЗР, Котельников В. Р.
14.	Февраль	Районный кадетский бал	Педагог дополнительного образования, Воронина П. А., ответственный за организацию ВР, Кострова Е. Н.
15.	Март-май 2026 г	Проведение организационных мероприятий, тренировок в целях участия кадет по профилю МЧС России 9 мая 2026 г. в Параде Победы	Учитель физической культуры и ОБЗР, Котельников В. Р.,
16.	Март	Единый классный час «1 марта – Всемирный день ГО» (по классам)	Классные руководители
17.	Апрель	Строевой смотр «В служении верном Отчизне клянусь»	Ответственный за организацию ВР, Кострова Е. Н., классные руководители

Окончание таблицы 1

1	2	3	4
18.	Апрель	Участие в городском строевом смотре.	Ответственный за организацию ВР, Кострова Е. Н., учитель физической культуры и ОБЗР, Котельников В. Р.
19.	Апрель	Участие в параде кадетских классов	Ответственный за организацию ВР, Кострова Е. Н., учитель физической культуры и ОБЗР, Котельников В. Р.
20.	Апрель	Соревнования «Береги здоровье!» в рамках проведения Всемирного Дня здоровья	Учитель физической культуры и ОБЗР, Котельников В. Р.
21.	Апрель	30 апреля – День пожарной охраны (совместно с 4 ПСЧ 1 отряда МЧС)	Ответственный за работу кадетских классов, Ненькина Е. В.
22.	06.05.2026	Участие во флеш-мобе кадет, посвященном 81-летию Победы в Великой Отечественной войне.	Педагог дополнительного образования, Воронина П. А., ответственный за организацию ВР, Кострова Е. Н.
23.	14.05.2026	Участие в городских соревнованиях «На знамя Победы равняем шаг!»	Ответственный за организацию ВР, Кострова Е. Н., учитель физической культуры и ОБЗР, Котельников В. Р.
24.	Май	Школьный этап районных спортивных соревнований «Готов к труду и обороне»	Учитель физической культуры и ОБЗР, Котельников В. Р.
25.	Май	Смотр строевой песни «Дорогами военных лет»	Ответственный за организацию ВР, Кострова Е. Н.
26.	В течение года	Подготовка торжественных номеров, поздравительных плакатов и стенгазет к торжестственным мероприятиям и памятным датам	Ответственный за организацию ВР, Кострова Е. Н.

Основной формой этого процесса является систематическая и целенаправленная индивидуальная работа с каждым кадетом.

Важной составной частью организации жизнедеятельности кадет являются традиции, которые тесно связаны и с воинскими ритуалами, и с повседневной жизнью. Традиции формируют коллективное сознание и придают коллективу индивидуальность. Такими традициями стали: посвящение в кадеты, парад в День Победы, военно-спортивные соревнования среди кадетских классов, кадетский бал, экскурсии в ПСЧ № 4, сотрудничество с ГУ МЧС по Волгоградской области.

Таблица 2 – Расписание кадетских классов
(на примере 5а кадетского класса)

№	Время	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница
1	07.45-08.00	Утреннее построение (развод)	Утреннее построение (развод)	Утреннее построение (развод)	Утреннее построение (развод)	Утреннее построение (развод)
2	08.00-08.40	Классный час «Разговоры о важном»	История	История	География	ИЗО
3	09.00-09.40	Русский язык	Математика	Математика	Математика	Английский язык
4	10.00-10.40	Математика	Русский язык	Английский язык	Русский язык	Русский язык
5	11.00-11.40	Литература	Физкультура	Русский язык	Биология	Математика
6	12.00-12.40	Музыка	Английски язык	Литература	Литература	История
7	13.00-13.40	«Я-кадет»	Хореография	Труд	Хореография	Физкультура
8	14.00-14.40	Обед / личное время	Обед / личное время	Обед / личное время	Обед / личное время	Обед / личное время
9	14.45-15.00	Вечернее построение (развод)	Вечернее построение (развод)	Вечернее построение (развод)	Вечернее построение (развод)	Вечернее построение (развод)

Кадетское воспитание проводится на основе следующих принципов:

1. Система воспитания основана в первую очередь на традициях взаимоотношений равных и старших, и младших, уважения и подчинения, выражения собственного мнения и учета мнений товарищей.

2. Воспитание в коллективе кадет строится в тесной взаимосвязи с регламентированной системой жизнедеятельности, с организацией и строгим соблюдением не только воинских ритуалов, но и полным выполнением всех основных требований внутреннего распорядка, с учетом возрастных особенностей и возрастной психологии детей.

3. Привитие с раннего возраста чувства ответственности за свои поступки, ответственности за товарищей, беспрекословного подчинения законам и требованиям при развитии и возвышении чувства собственного достоинства.

4. Единые программы базового образования, на которых должно основываться начало образования, в сочетании с четкой организованной системой самоподготовки и постоянного контроля уровня образо-

вания, способного незамедлительно реагировать на все недостатки и упущения, предоставляют все преимущества перехода от возраста к возрасту более усложняющимся образовательным программам.

5. Учет психологических особенностей и умственных склонностей каждого воспитанника позволяет в кадетском учебном заведении организовать целенаправленную ориентацию и профессиональную подготовку по разным направлениям и помочь воспитаннику правильно выбрать свой жизненный путь.

6. В кадетских классах целенаправленно занимаются военно-патриотическим воспитанием, создают оптимальные условия для раскрытия и развития индивидуальных особенностей каждого обучающегося, формируют основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на гражданском военном поприще.

Список использованной литературы

1. Вдовина С. А., Вдовина Е. А. Профессионально-личностное самоопределение старшеклассников в условиях профильной школы // Молодой ученый. 2014. № 6. С. 679-681.

2. Долгушина Т. Н., Юревич С. Н. Профессиональное самоопределение как компонент профессионального становления личности // Научно-теоретический журнал. 2013. Вып. 3. № 4 (16-17).

3. Зеер Э. Ф. Психология профессионального самоопределения в ранней юности. Воронеж: Изд-во НПО «МОДЭК», 2008. 254 с.

4. Петровский Д. П. Мотивационный аспект профессионального самоопределения воспитанников старших классов кадетского корпуса // Вектор науки ТГУ. 2010. № 2 (2). С. 95-98.

5. Мирошниченко О. Н. Пропаганда и распространение знаний в области пожарной безопасности среди учащихся кадетских классов «МЧС» в МОУ сш № 82 Г. Волгограда // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2023. С. 210-215.

6. Илюшина А. Е., Беломутенко С. В. Обучение школьников основам пожарной безопасности // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2022. Т. 3. С. 313-317.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АПК

УДК 332.14:621.39

ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ДЕПРЕССИВНЫХ СЕЛЬСКИХ РАЙОНОВ

Александрина Н. А., *канд. пед. наук, доцент*
Процюк М. П., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Изучена роль телекоммуникационных технологий в решении социально-экономических проблем депрессивных сельских территорий. Исследовано влияние широкополосного интернета и цифровых сервисов на экономику, занятость, здравоохранение, образование и социальные связи. Выявлены прямые и косвенные эффекты цифровизации: диверсификация экономики, снижение издержек, преодоление изоляции, рост качества человеческого капитала. Рассмотрены барьеры развития инфраструктуры – цифровое неравенство и «цифровая пропасть» – и предложены меры государственной и частно-государственной поддержки.

Ключевые слова: *сельские территории, депрессивные районы, телекоммуникационная инфраструктура, цифровое неравенство, широкополосный интернет, удаленная занятость, цифровая экономика, региональное развитие.*

Проблема социально-экономического развития депрессивных сельских районов остается одной из наиболее актуальных и сложных задач для многих стран мира, включая Россию. Для таких территорий характерен комплекс негативных явлений: устойчивая депопуляция, старение населения, низкая диверсификация экономики, высокий уровень безработицы, ограниченный доступ к качественным услугам здравоохранения, образования и культуры. Традиционные подходы к поддержке, основанные на прямых субсидиях и дотациях, зачастую оказываются малоэффективными, не устраняя коренные причины стагнации – географическую периферийность и информационную изоляцию.

В XXI веке, в эпоху Четвертой промышленной революции, телекоммуникационная инфраструктура перестала быть сервисной отраслью и превратилась в критический фактор производства и общественного блага, аналогичный транспорту или энергетике. Широкополосный доступ в интернет (ШПД) становится «цифровым шоссе», которое связывает периферию с центрами экономической и социальной активности, нивелируя негативный эффект расстояния.

Развитие телекоммуникационной инфраструктуры создает принципиально новые возможности для модернизации и диверсификации экономики депрессивных сельских районов.

1. Стимулирование малого и среднего предпринимательства (МСП). ШПД позволяет сельским предпринимателям выходить на глобальные рынки. Речь идет не только о традиционной продаже сельхозпродукции, но и о создании новых видов бизнеса:

Электронная коммерция: продажа местных товаров (продукты питания, ремесленные изделия, сувениры) через интернет-маркетплейсы.

Развитие сельского туризма: онлайн-продвижение гостевых домов, экологических маршрутов, организация трансферов и бронирования.

Предоставление удаленных услуг: веб-дизайн, программирование, консультации, переводы, которые могут оказываться из любой точки с устойчивым интернет-соединением.

2. Оптимизация агропромышленного комплекса. Внедрение технологий «Точного земледелия» и «Интернета вещей» (IoT) требует надежной связи. Дроны, датчики влажности почвы, системы GPS-навигации техники позволяют значительно повысить урожайность, снизить затраты на топливо, удобрения и воду, что напрямую повышает рентабельность сельхозпредприятий.

3. Формирование новых моделей занятости. Появление ШПД создает основу для удаленной работы (telework) и фриланса. Это позволяет решить одну из острейших проблем – «утечку мозгов» и молодежи. Выпускники вузов, специалисты в различных областях получают возможность работать на столичные или международные компании, не покидая родных мест, что способствует закреплению молодого и образованного населения на селе.

Таблица 1 – Прямые экономические эффекты развития телекоммуникационной инфраструктуры в сельской местности

Сфера воздействия	Прямые эффекты	Косвенные эффекты
Предпринимательство	Рост числа МСП; выход на новые рынки; снижение транзакционных издержек	Рост налоговых поступлений; создание новых рабочих мест; оживление местной экономики
АПК	Повышение производительности; оптимизация расходов; автоматизация процессов	Повышение продовольственной безопасности региона; приток инвестиций в смежные отрасли
Рынок труда	Создание возможностей для удаленной занятости; снижение официальной безработицы	Рост доходов населения; диверсификация доходов сельских домохозяйств; закрепление молодежи

Влияние телекоммуникаций выходит далеко за рамки экономики, затрагивая фундаментальные основы качества жизни.

1. Образование. ШПД обеспечивает доступ к качественным образовательным ресурсам, которые ранее были недоступны для сельских школ и жителей:

– Онлайн-курсы и лекции ведущих университетов мира (Coursera, EdX и др.).

– Дистанционное обучение и повышение квалификации без необходимости переезда.

– Виртуальные факультативы и кружки для школьников, компенсирующие недостаток педагогов-специалистов в сельских школах.

2. Здравоохранение. Развитие телемедицины является ключевым инструментом преодоления пространственного неравенства в доступе к медицинской помощи.

– Удаленные консультации врачей-специалистов из региональных и федеральных центров.

– Электронная запись к врачу и передача медицинских данных (ЭКГ, рентгеновские снимки).

– Мониторинг хронических больных на дому с использованием носимых устройств.

3. Социальная коммуникация и гражданское общество. Интернет снижает остроту проблемы социальной изоляции сельских жителей, особенно пожилых людей и людей с ограниченными возможностями. Он также способствует развитию местного самоуправления и гражданской активности через онлайн-обсуждение проблем, краудфандинг местных инициатив, информирование о деятельности органов власти.

Несмотря на очевидные преимущества, распространение ШПД в депрессивных сельских районах сталкивается с серьезными препятствиями.

1. Экономическая нецелесообразность. Низкая плотность населения и покупательная способность делают коммерческие инвестиции операторов связи нерентабельными. Стоимость прокладки волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) на большие расстояния к небольшим населенным пунктам крайне высока.

2. «Цифровая пропасть» (Digital Divide). Проблема имеет два уровня:

Первый уровень: неравенство в доступе к инфраструктуре (между городом и селом, между разными регионами).

Второй уровень: неравенство в навыках и возможностях использования технологий. Даже при наличии ШПД часть населения (пожилые, малообразованные) не обладает необходимой цифровой грамотностью для его эффективного использования.

3. Низкое качество соединения. Во многих случаях формальное наличие интернета не означает его достаточного для современных

нужд качества (низкая скорость, нестабильность, высокий пинг), что делает невозможным работу с видео, участие в онлайн-конференциях или использование облачных сервисов.

Таблица 2 – Барьеры развития телекоммуникационной инфраструктуры и возможные меры их преодоления

Барьер	Сущность проблемы	Возможные меры преодоления
Экономический	Высокие CAPEX и OPEX при низкой отдаче	Государственно-частное партнерство (ГЧП); целевые субсидии и гранты; универсальные услуги связи
Инфраструктурный	Отсутствие энергетической и транспортной инфраструктуры	Комплексный подход к развитию территорий; синхронизация программ развития инфраструктуры
Цифровая грамотность	Неготовность населения использовать цифровые сервисы	Реализация программ повышения цифровой грамотности на всех уровнях (от школьников до пенсионеров).
Регуляторный	Сложности с получением разрешений, высокие налоги	Создание особых экономических зон; администрирование «одного окна» для операторов связи.

Для успешной цифровой трансформации сельских территорий необходим комплексный и продуманный подход со стороны государства.

1. Стимулирование инвестиций через ГЧП. Государство должно брать на себя часть рисков и капитальных затрат по прокладке магистральных сетей и подключению социально значимых объектов (школы, ФАПы, администрации), в то время как частные операторы могут конкурировать за предоставление услуг «последней мили».

2. Использование современных технологических решений. В условиях сложного рельефа и удаленности населенных пунктов эффективной альтернативой ВОЛС могут стать беспроводные технологии (спутниковый интернет нового поколения, такие как Starlink; радиодоступ в диапазонах, предназначенных для сельской местности).

3. Реализация программ «Цифровая грамотность для всех». Обучение должно быть бесплатным, доступным и адресным, учитывающим специфику разных возрастных и социальных групп.

4. Развитие электронных госуслуг и их популяризация. Создание удобных и востребованных онлайн-сервисов (запись к врачу, подача заявлений, получение справок) является мощным стимулом для населения осваивать цифровые инструменты.

Несмотря на очевидные преимущества, процесс интеграции телекоммуникаций в АПК сталкивается с барьерами:

1. Цифровое неравенство и «цифровой разрыв»: Во многих регионах, особенно в удаленных сельских территориях, отсутствует необходимая инфраструктура (высокоскоростной интернет, стабильное покрытие сотовой связью). Это является главным сдерживающим фактором.

2. Высокая стоимость внедрения: Закупка датчиков, дронов, ПО, подписка на сервисы требует значительных первоначальных инвестиций, которые не всегда по силам малым и средним хозяйствам.

3. Дефицит кадровых компетенций: Нехватка квалифицированных специалистов (агроинформатиков, data-сайентистов, IT-инженеров), способных работать с цифровыми системами на селе.

4. Вопросы кибербезопасности и защиты данных: Растущая зависимость от цифровых систем делает АПК потенциальной мишенью для кибератак, а данные о почвах, урожайности и технологиях представляют коммерческую ценность.

Развитие телекоммуникационной инфраструктуры перестает быть вспомогательным элементом и становится стержнем современной модернизации АПК. Оно создает технологический фундамент для перехода от экстенсивных и ресурсозатратных моделей к «умному», точному и устойчивому сельскому хозяйству. Эффект носит мультипликативный характер, затрагивая все звенья цепочки создания стоимости: от семени до прилавка.

Для успешной цифровой трансформации АПК необходима скоординированная политика государства, бизнеса и научного сообщества, направленная на:

- ликвидацию цифрового разрыва через программы развития инфраструктуры в сельской местности (проекты типа «устранение цифрового неравенства», развитие спутникового интернета);
- стимулирование инвестиций в цифровые технологии для сельхозпроизводителей (субсидии, гранты, льготное кредитование);
- развитие образовательных программ и подготовку кадров, сочетающих агрономические и цифровые компетенции;
- разработку нормативной базы, обеспечивающей безопасность данных и интероперабельность цифровых платформ.

Только при условии создания единой цифровой экосистемы, связывающей поля, фермы, переработчиков и рынки, агропромышленный комплекс сможет в полной мере реализовать свой потенциал в обеспечении продовольственной безопасности и глобальной конкурентоспособности.

Развитие телекоммуникационной инфраструктуры в депрессивных сельских районах представляет собой не узкоотраслевую задачу, а стратегический императив комплексного социально-экономического развития. Оно действует как катализатор, запускающий цепь позитив-

ных изменений: от создания новых экономических возможностей и диверсификации занятости до кардинального улучшения доступа к образованию, здравоохранению и культурным благам.

Преодоление «цифрового разрыва» требует скоординированных усилий государства, бизнеса и гражданского общества. Инвестиции в цифровую инфраструктуру села – это инвестиции в человеческий капитал, в снижение регионального неравенства и, в конечном счете, в устойчивое будущее страны. Игнорирование этого фактора обрекает депрессивные сельские территории на дальнейшую стагнацию и маргинализацию в стремительно цифровизирующемся мире.

Список использованной литературы

1. Castells M. The Rise of the Network Society. Wiley-Blackwell, 2010.

2. Гурьев С. В. Экономика цифровизации. В кн.: Современные вызовы экономическому развитию. М.: Изд-во Института Гайдара, 2019.

3. Международный союз электросвязи (МСЭ). Отчет о состоянии широкополосной связи в мире. 2021.

4. Оборнева И. В., Чугунов Д. А. Цифровое неравенство в России: региональный аспект // Экономика региона. 2020. № 16 (2). С. 455-470.

5. Росстат. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2023.

6. Salant P., Waller A. Rural Connectivity: The Role of Telecommunications in Economic Development // Journal of Rural Studies. 2021. № 85. Pp. 120-129.

7. Скворцова М. В. Телемедицина как инструмент повышения доступности медицинской помощи в сельской местности // Социальная политика и социология. 2022. № 21(1). С. 89-97.

8. О связи: Федеральный закон от 02.05.2006 № 59-ФЗ.

УДК 004.8:338.43

ОЦЕНКА СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС

Александрина Н. А., *канд. пед. наук, доцент*
Процюк М. П., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проведен комплексный многоаспектный анализ социально-экономических последствий внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в агропромышленный комплекс (АПК). Исследование направлено на выявление не только прямых экономических эффектов, связанных с ростом производительности и оптимизацией ресурсов, но и структурных сдвигов на рынке труда, трансформации бизнес-моделей и долгосрочных социальных рисков. Особое внимание уделено проблеме цифрового неравенства, этико-правовым дилеммам владения данными и необходимости формирования новой системы компетенций.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, цифровая трансформация АПК, прецизионное земледелие, сельская занятость, цифровое неравенство, этика данных, политика адаптации, устойчивое развитие сельских территорий.*

Современный агропромышленный комплекс переживает период глубокой трансформации, движимой цифровыми технологиями. Среди них искусственный интеллект занимает особое место, выступая в качестве системообразующего фактора новой, «четвертой» аграрной революции. Глобальные вызовы – необходимость увеличения производства продовольствия на 60-70 % к 2050 году для растущего населения, истощение природных ресурсов, изменение климата и волатильность рынков – делают переход к данным-интенсивным и наукоемким методам управления не просто желательным, а императивным.

Искусственный интеллект, понимаемый как комплекс технологий (машинное обучение, компьютерное зрение, обработка естественного языка), позволяющих машинам решать когнитивные задачи, находит в АПК все более широкое применение. Однако его внедрение – это не только история о технологическом прогрессе и экономической выгоде. Это процесс, затрагивающий основы социально-экономического устройства сельских территорий, структуру занятости, распределение добавленной стоимости и доступ к ресурсам.

Актуальность исследования обусловлена существующим дисбалансом в научной и публичной дискуссии: значительная часть литературы сфокусирована на демонстрации технологических возможностей и прямых экономических выгод от внедрения ИИ, в то время как системные социальные последствия, долгосрочные риски и проблемы адаптации остаются менее изученными. Недостаточно проработанными являются вопросы о том, как различные модели внедрения (через крупные корпорации, государственные программы, кооперативы) влияют на распределение благ, и какая политика может обеспечить справедливый переход.

Цель статьи – провести комплексную оценку социально-экономических последствий внедрения ИИ в АПК, выявив ключевые выгоды, риски и точки бифуркации для политики регулирования. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Систематизировать ключевые направления и технологические решения на основе ИИ в цепочке создания стоимости АПК.

2. Провести детальный анализ экономических эффектов (прямых и косвенных) на микро-, мезо- и макроуровне.

3. Исследовать спектр социальных последствий, включая трансформацию рынка труда, изменения в социальной структуре села и этические вызовы.

4. На основе компаративного и сценарного подходов разработать рекомендации по формированию стратегии внедрения ИИ, направленной на достижение целей устойчивого развития.

Теоретической и методологической основой исследования послужили работы ведущих международных организаций (ФАО, ОЭСР, Всемирный банк), посвященные цифровизации сельского хозяйства, а

также труды отечественных и зарубежных ученых в области аграрной экономики, социологии труда и инноватики. В работе применялись методы системного и структурно-функционального анализа, SWOT- и PEST-анализа, а также элементы экспертного оценивания для построения сценариев развития.

1. Технологические направления внедрения ИИ в АПК и их экономическая оценка.

Внедрение ИИ пронизывает всю цепочку создания стоимости в АПК – от «поля до прилавка». Экономические эффекты носят многоуровневый характер.

1.1. Прецизионное земледелие и интеллектуальный мониторинг. Это наиболее развитое направление, где ИИ анализирует гетерогенные данные с дронов (БПЛА), спутников, метеостанций и интернета вещей (IoT). Алгоритмы машинного обучения, в частности сверточные нейронные сети, позволяют:

Точечно идентифицировать проблемы: с точностью до 95 % диагностировать болезни растений, дефицит питательных веществ, наличие сорняков или вредителей по мультиспектральным изображениям.

Прогнозировать урожайность: создавать высокоточные карты урожайности, учитывающие исторические данные, текущее состояние посевов и погодные прогнозы. Оптимизировать ресурсы: Реализовывать системы дифференцированного (переменного) внесения удобрений, пестицидов и полива (VRA).

Экономический эффект: исследования показывают снижение расхода средств защиты растений и удобрений на 15-30 %, экономию воды для орошения до 20-50 %, увеличение урожайности на 10-25 %. Прямой финансовый результат для хозяйства складывается из снижения затрат и роста выручки, с окупаемостью инвестиций в технологии за 2-4 сезона.

1.2. Автономная техника и сельскохозяйственные роботы (агроботы). Автономные тракторы, комбайны, а также специализированные роботы для прополки, сбора фруктов (клубника, яблоки), обрезки виноградной лозы и доения коров. ИИ здесь отвечает за навигацию в сложных условиях, распознавание культур и принятие решений в реальном времени (например, отличать сорняк от культуры и механически его уничтожать).

Экономический эффект: ликвидация дефицита сезонной рабочей силы – критической проблемы для многих регионов. Снижение зависимости от человеческого фактора: роботы могут работать 24/7 в оптимальные агротехнические окна (например, уборка в кратчайшие сроки при угрозе дождя). Повышение качества отбора продукции и сокращение потерь при уборке. Основным барьером остается высокая капиталоемкость.

1.3. Прогнозная аналитика для управления рисками и цепями поставок. ИИ-платформы агрегируют и анализируют большие данные (Big Data) из различных источников: рыночные цены, прогнозы погоды, логистические маршруты, состояние дорог, политические новости. На этой основе строятся модели для:

- прогнозирования цен на зерно, молоко, мясо, что позволяет фермерам выбирать оптимальное время для продажи;
- оптимизации логистики, включая маршруты транспортировки, режимы хранения (умные склады с ИИ-контролем температуры и влажности);
- оценки кредитных и страховых рисков, что удешевляет финансовые услуги для добросовестных производителей.

Экономический эффект: снижение логистических издержек и потерь продукции (которые на этапе хранения и транспортировки достигают 30 % в глобальном масштабе). Повышение финансовой устойчивости и управляемости бизнеса. Создание новых бизнес-моделей, например, страхование урожая на основе индексов, рассчитываемых ИИ по спутниковым данным.

1.4. «Умное» животноводство. Компьютерное зрение и аудиоанализ позволяют непрерывно мониторить каждое животное в стаде. Системы отслеживают поведенческие паттерны, потребление корма и воды, физическую активность, температуру тела, анализируют звуки (кашель, хрипы). Это позволяет выявлять заболевания на доклинической стадии, оптимизировать рационы и улучшать условия содержания.

Экономический эффект: сокращение падежа на 5-15 %, снижение затрат на ветеринарные услуги и антибиотики, повышение продуктивности (удоев, привесов) за счет индивидуализированного ухода. Улучшение качества продукции и благополучия животных, что становится важным конкурентным преимуществом на премиальных рынках.

Совокупный макроэкономический эффект на национальном уровне может выражаться в значительном повышении конкурентоспособности аграрного сектора, росте экспортного потенциала, укреплении продовольственной безопасности и импортозамещении. Однако для реализации этого потенциала необходимы масштабные инвестиции не только в технологии, но и в сопутствующую инфраструктуру.

2. Социальные последствия: от трансформации занятости к цифровому неравенству.

Внедрение ИИ ведет к глубинным социальным изменениям, которые необходимо тщательно оценивать и которыми нужно управлять.

2.1. Трансформация рынка труда: замещение, модернизация и появление новых профессий. Это наиболее чувствительная социальная область.

Автоматизация рутинного труда: под угрозой находятся массовые профессии, связанные с монотонным физическим трутом (сбор урожая, прополка) и простым управлением техникой. Оценки варьируются, но до 30-40 % существующих операций в растениеводстве могут быть автоматизированы в среднесрочной перспективе.

Модернизация существующих профессий: роль агронома, зоотехника, механизатора трансформируется. От них требуются навыки работы с цифровыми платформами, интерпретации данных, принятия решений на основе рекомендаций ИИ. Механизатор становится оператором автономных систем. Создание новых профессий: Возникает спрос на специалистов по анализу агроданных, инженеров по робототехнике и IoT, IT-агрономов, специалистов по кибербезопасности ферм. Однако эти профессии требуют высокого уровня образования и подготовки, что создает риск «ловушки средних навыков» для текущей рабочей силы. Региональные аспекты: в монокультурных сельскохозяйственных регионах массовая автоматизация может привести к всплеску структурной безработицы и депопуляции, если не сопровождается программами переобучения и созданием альтернативных рабочих мест.

2.2. Проблема цифрового неравенства и концентрации капитала. ИИ, как технология с высокой стоимостью входа и зависимости от данных, может стать драйвером усиления неравенства.

Разрыв между крупным и малым бизнесом: крупные агрохолдинги имеют доступ к капиталу, собственным данным и экспертизе для внедрения ИИ. Малые и средние фермы, особенно в развивающихся странах и в России, часто не могут позволить себе дорогостоящие решения, что ставит их в неконкурентные условия. Это ведет к ускорению процессов концентрации земель и производства. «Цифровой колониализм»: доминирование западных или китайских технологических платформ в агротехе ставит вопрос о суверенитете данных. Данные о почвах, урожайности, погодных условиях – это стратегический актив. Их сбор и обработка иностранными платформами создает риски экономической и продовольственной зависимости. Гендерный аспект: женщины в сельском хозяйстве, особенно в странах с традиционным укладом, часто имеют меньший доступ к образованию, земле и кредитам, что может усугубить их исключение из процесса цифровой трансформации.

2.3. Этические и правовые вызовы. Внедрение ИИ ставит сложные вопросы, не имеющие однозначных ответов:

- владение и суверенитет данных: кому принадлежат данные, собранные на поле фермера умным трактором от компании-производителя? Может ли фермер продать или передать эти данные? Как обеспечить прозрачность алгоритмов, принимающих решения, влияющие на экономическое благополучие хозяйства?;

- кибербезопасность: «Умная ферма» – это киберфизическая система, уязвимая для хакерских атак. Последствия могут быть катастрофическими: от вывода из строя техники до преднамеренного вредительства через изменение алгоритмов внесения удобрений;

- ответственность: кто несет ответственность в случае ошибки алгоритма, приведшей к гибели урожая или стада – разработчик, владелец технологии или фермер, принявший решение?

2.4. Изменение социального облика и инфраструктуры сельских территорий. С одной стороны, цифровизация может повысить привлекательность жизни на селе для молодежи, сократив разрыв в качестве жизни с городом (удаленная работа с данными, современные технологии). С другой стороны, без развитой цифровой (широкополосный интернет) и социальной (образование, здравоохранение) инфраструктуры этот потенциал не будет реализован, и отток населения усугубится.

3. Методология комплексной оценки и сценарное прогнозирование.

Для системной оценки последствий предлагается многоуровневая методологическая рамка:

1. Микроуровень (хозяйство): применение анализа «затраты-выгоды» (CBA) с расширенным учетом нематериальных активов (качество данных, человеческий капитал) и анализа жизненного цикла технологии (TCO).

2. Мезоуровень (регион, отрасль): проведение SWOT-анализа для выявления сильных и слабых сторон, возможностей и угроз для различных типов регионов (аграрно-промышленные, депрессивные сельские). Анализ социальной сети заинтересованных сторон (стейкхолдеров).

3. Макроуровень (государство): PEST-анализ (Политические, Экономические, Социальные, Технологические факторы) и построение сценарных моделей.

Оптимистичный сценарий («Инклюзивный рост»): Активная государственная политика, развитие кооперативных моделей использования ИИ, массовая переподготовка кадров. ИИ становится инструментом устойчивого развития и сокращения неравенства.

Инерционный сценарий («Растущий разрыв»): внедрение ИИ происходит стихийно, в основном крупным бизнесом. Усиливается концентрация, растет цифровое неравенство, социальные риски реализуются в полной мере.

Пессимистичный сценарий («Технологическая стагнация»): высокие барьеры, отсутствие инфраструктуры и регулирования приводят к минимальному проникновению ИИ, потере конкурентоспособности аграрного сектора на глобальном рынке.

4. Рекомендации по формированию сбалансированной государственной и отраслевой политики.

Для движения по пути инклюзивного роста необходима скоординированная политика.

4.1. Стимулирование спроса и развитие предложения технологий:

Финансовая поддержка: введение целевых субсидий, льготных кредитов и налоговых вычетов (например, инвестиционный налоговый кредит) для малых и средних хозяйств на закупку отечественных решений ИИ. Создание фондов совместного финансирования.

Инфраструктурные проекты: государственно-частное партнерство в создании «цифровых полигонов» и обеспечении сельских территорий высокоскоростным интернетом (проекты типа «Интернет для села»).

Поддержка R&D: увеличение госфинансирования исследований в области агроробототехники, алгоритмов для специфических культур и условий России. Стимулирование создания технологических консорциумов.

4.2. Политика на рынке труда и развития человеческого капитала:

Национальная программа переподготовки: создание системы непрерывного аграрного образования (цифровые академии, онлайн-курсы, стажировки на передовых предприятиях) для действующих фермеров и работников.

Реформа аграрного образования: внедрение в программы вузов и ссузов дисциплин по Data Science, основам робототехники и цифровым платформам в АПК.

Программы социальной адаптации: поддержка мобильности работников, создание центров карьеры в сельской местности, развитие несельскохозяйственной занятости (сельский туризм, переработка, сервис для технологий).

4.3. Правовое и институциональное регулирование:

Закон о сельскохозяйственных данных: четкое определение прав собственности, правил обмена, портабельности и коммерческого использования агроданных. Создание доверенных третьих сторон (data trusts) для управления данными мелких производителей.

Кибербезопасность: разработка и внедрение обязательных стандартов кибербезопасности для интеллектуальных сельскохозяйственных систем.

Этические принципы: принятие отраслевого кодекса этики ИИ в АПК, предусматривающего принципы прозрачности, подотчетности, недискриминации и обеспечения благополучия животных.

4.4. Содействие кооперации и создание экосистемы:

Развитие кооперативных моделей: стимулирование создания сервисных кооперативов, которые могли бы приобретать дорогостоящую технику и ИИ-платформы для совместного использования малыми фермерами. Платформы-агрегаторы: Поддержка создания откры-

тых национальных или региональных платформ для обмена анонимизированными данными и алгоритмами, что снизит барьеры для малого бизнеса и научного сообщества.

Заключение. Внедрение искусственного интеллекта в агропромышленный комплекс представляет собой исторический вызов и возможность. Технологии ИИ обладают беспрецедентным потенциалом для решения ключевых проблем человечества в области продовольственной безопасности, устойчивого природопользования и эффективности производства. Экономические выгоды от их применения носят убедительный и измеримый характер.

Однако, как показывает проведенный анализ, социально-экономические последствия этой трансформации глубоко амбивалентны. Технологический прогресс несет в себе риски усиления социального и экономического неравенства, маргинализации значительной части сельского населения, возникновения новых форм зависимости и этических дилемм. Узкотехнократический подход, фокусирующийся исключительно на показателях производительности, чреват усугублением этих рисков.

Таким образом, ключевой вывод исследования заключается в том, что успех цифровой трансформации АПК будет определяться не столько самими технологиями ИИ, сколько качеством институциональной среды и политики, в рамках которой они внедряются. Необходим переход от парадигмы «внедрения технологий» к парадигме «управляемой социотехнической трансформации». Это требует комплексных усилий государства, бизнеса, научного сообщества и гражданского общества по созданию инклюзивной экосистемы, где инвестиции в технологии неразрывно связаны с инвестициями в человека, его знания и социальную защищенность.

Только при таком сбалансированном подходе искусственный интеллект сможет стать не инструментом роста разрывов, а катализатором подлинно устойчивого развития аграрного сектора, обеспечивающего экономическую эффективность, социальную справедливость и экологическую устойчивость для нынешних и будущих поколений.

Список использованной литературы

1. Барциц Е. Ю., Кузнецова Т. Е. Цифровая трансформация АПК: вызовы и возможности для России // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 5. С. 2-10.

2. The State of Food and Agriculture // Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems. Rome: FAO, 2022.

3. Frey C. B., Osborne M. A. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? // Technological Forecasting and Social Change. 2017. Vol. 114. Pp. 254-280.

4. Kamilaris A., Prenafeta-Boldú F. X. Deep learning in agriculture: A survey // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. V. 147. Pp. 70-90.

5. Кузнецов А. В., Сандомирская М. Е. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве: мировые тренды и российская практика // АПК: Экономика, управление. 2021. № 12. С. 84-95.

6. Digital Opportunities for Better Agricultural Policies. Paris: OECD Publishing, 2019.

7. Попова Л. В., Семин А. Н. Социальные риски цифровизации аграрного сектора: оценка и управление // Социологические исследования. 2020. № 8. С. 70-81.

8. Sonka S. Big Data and the Agribusiness Economy // American Journal of Agricultural Economics. 2016. Vol. 98 (2). Pp. 371-377.

9. Trendov N. M., Varas S., Zeng M. Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas: Status Report. Rome: FAO, 2019.

10. World Bank. Future of Food: Harnessing Digital Technologies to Improve Food System Outcomes. Washington, DC: World Bank, 2019.

УДК 004.032.2:631

НЕЙРОСЕТЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ РАЗВИТИЯ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ ПО ОПЕРАТИВНЫМ ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

Воробьева Н. С., *д-р техн. наук, доцент*
Токарев К. Е., *канд. экон. наук, доцент*
Наумов А. Ю., *аспирант*
Токарева В. К., *студент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Работа выполнена в рамках программы "Студенческий стартап" Федерального государственного бюджетного учреждения "Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере" федерального проекта "Платформа университетского технологического предпринимательства".

Аннотация. В условиях стремительного развития цифровых технологий в отечественном сельском хозяйстве возрастает потребность в оперативном и точном выявлении аномалий развития агрофитоценозов, вызванных биотическими и абиотическими стресс-факторами. В статье предложена нейросетевая технология обнаружения дефектов развития растительных сообществ (агрофитоценозов) на основе анализа данных дистанционного зондирования. Рассмотрены архитектура свёрточной нейронной сети, подходы к предобработке данных, а также методы повышения точности классификации на основе 4К-изображений. Экспериментальная проверка технологии проведена на опытных участках УНПЦ Горная Поляна. Показано, что предложенная модель обеспечивает точность выявления дефектов развития агрофитоценозов до 89,7 %, что превосходит традиционные методы мониторинга на 12-18 %.

Ключевые слова: *агрофитоценозы, дистанционный мониторинг, нейронные сети, дефекты развития, свёрточные нейронные сети, индексы растительности.*

Современные агротехнологии прецизионного земледелия всё чаще опираются на использование данных дистанционного зондирования, как на источник объективной и оперативной информации о состоянии растительных сообществ – агрофитоценозов. Однако, традиционные подходы, базирующиеся на использовании вегетационных индексов (NDVI, EVI, NDRE и др.), зачастую не позволяют своевременно выявить локальные или ранние признаки нарушений в развитии агрофитоценозов, вызванных болезнями, засухой, дефицитом питательных веществ или механическими повреждениями. В связи с этим, особую актуальность приобретает разработка информационно-аналитических систем, базирующихся алгоритмах искусственного интеллекта (ИИ) и компьютерного зрения способных к обнаружению нелинейных и пространственно-временных паттернов в больших объёмах спутниковых данных. Целью настоящей работы является разработка нейросетевой технологии для множественной классификации 4К-изображений (включая базу данных (БД) для их хранения) посевов зерновых сельскохозяйственных культур для оперативного поиска дефектов развития агрофитоценозов на основе оперативных данных дистанционного мониторинга [1-3].

Таблица 1 – Основные характеристики проектируемой БД

Название БД	AgroVision
Цель создания	хранение и управление данными о результатах множественной классификации 4К изображений (видео) посевов полевых сельскохозяйственных культур с помощью ИИ
Тип БД	SQLite (встраиваемая, файловая, без сервера)
Файл БД	agrovision.db
Язык запросов	SQL
Уровень доступа	Локальный (для одного пользователя или веб-сервера)
Среда разработки	Python 3.12+, Flask + Tkinter GUI
Платформа	Windows / Linux / macOS

Первым этапом создания нейросетевой технологии являлось проектирование и компьютерная реализация БД для хранения графических объектов (фотовидеофайлов различных форматов), содержащих посевы однолетних полевых культур в фенологических фазах активной вегетации. БД представляет собой специализированное хранилище для агроаналитики с применением ИИ, сочетающая в своем функционале (табл. 1):

- метаданные об фото и/или видеосъёмке (сельскохозяйственная культура, сезон, фаза роста и развития растения);

- результаты ИИ-анализа (аннотации с координатами расположения на фото и/или видеофайле и распознанными классами: «оптимальное развитие», «дефектный участок», «неравномерное развитие»);

- возможность управления файлами через файловую систему;

- обеспечение воспроизводимости, отслеживаемости и удобного доступа к результатам анализа посевов сельскохозяйственных культур.

Проектируемая база данных служит централизованным хранилищем для:

1. Метаданных о загруженных изображениях и видео (имя файла, тип, дата загрузки).

2. Контекстной информации об условиях съёмки: культура, фаза вегетации, сезон.

3. Результатов анализа: обнаруженные объекты (аннотации), их классы, координаты и уровень уверенности модели ИИ.

4. Связи между файлами и их обработанными версиями (например, исходное изображение → изображение с наложенными «bounding box»).

Функционал БД позволяет:

- вести историю всех анализов;

- фильтровать и просматривать результаты по культурам, сезонам и фазам;

- удалять записи вместе со связанными файлами;

- визуализировать разметку и результаты обработки.

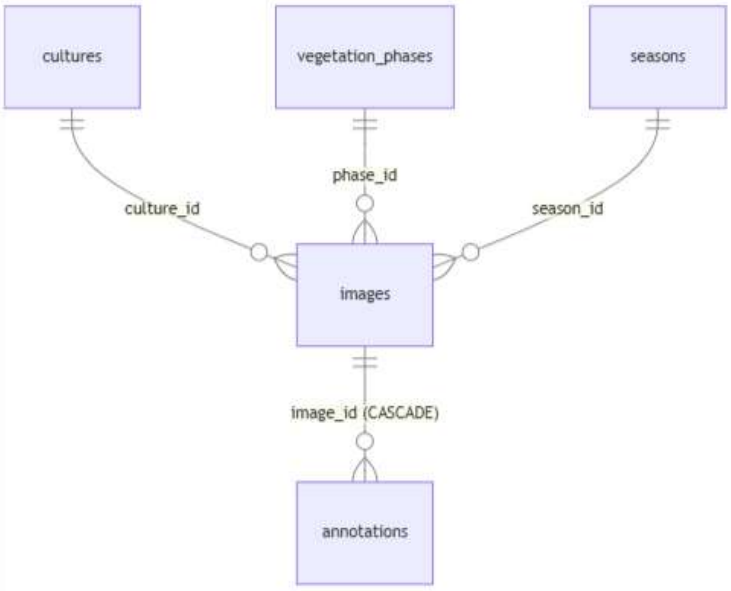


Рисунок 1 – Структурная схема связей между таблицами БД

Структурная ER-модель БД, включающая таблицы: «cultures», «vegetation_phases», «seasons» – справочники (тип связи – «один ко многим»); «images» – основная сущность; таблица «annotations» – зависимая сущность (тип связи – «многие к одному»)), представлена на рисунке 1.

Особенности проектирования и программной реализации заключаются в следующем:

- нормализация: минимизация дублирования данных (названия культур хранятся один раз);
- целостность: внешние ключи и CHECK-ограничения защищают от некорректных данных;
- масштабируемость: легко добавить новые классы, типы файлов или метаданные;
- удобство интерфейса: GUI позволяет просматривать, удалять и анализировать данные без SQL.

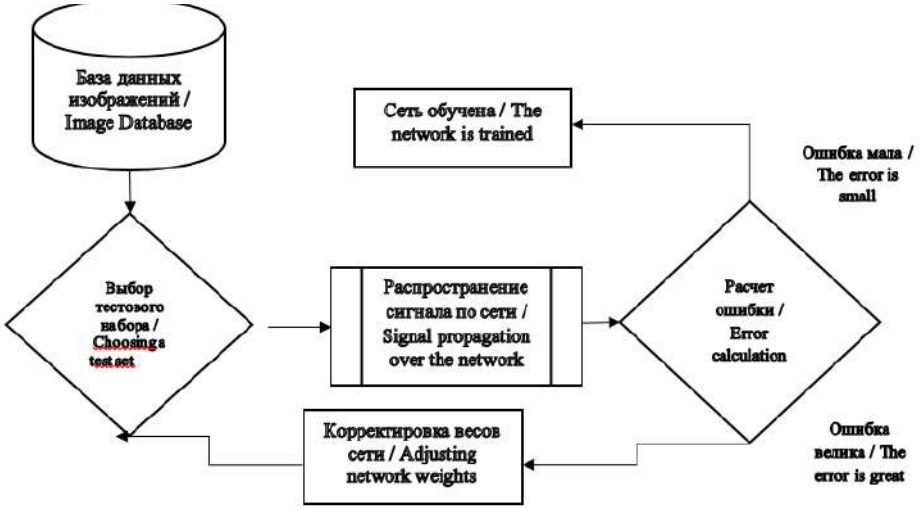


Рисунок 2 – Схема процесса обучения нейронной сети

Ключевыми особенностями архитектуры ИНС, концептуальный алгоритм обучения которой представлен на рисунке 2, являются:

- модель: ResNeXt-50 с 32 группами по 4 кардинальных (cardinality) ветви в каждом блоке;
- 4 уровня upsampling с skip-связями от соответствующих уровней encoder;
- выходной слой: 1×1 свёртка с softmax-активацией для 3 классов;
- функция потерь: взвешенная categorical focal loss, учитывающая дисбаланс классов:

$$\mathcal{L} = -\alpha_c (1 - p_c)^{\gamma} \log(p_c)$$

где α_c – вес класса, p_c – предсказанная вероятность.

Формируемый набор гиперпараметров включал: использование оптимизатора AdamW (learning rate (скорость обучения) – 1×10^{-4}, weight decay (коэффициент-L2-регуляризации – 1×10^{-5}), batch size (размер батча – 16 (32 и др.)), на 100 эпохах с ранней остановкой по валидационной потере.

Таблица 1 – Метрики обученной модели (размер батча – 32)

Класс	Precision	Recall	F1-score
Оптимальное развитие	0.951	0.963	0.957
Неравномерное развитие	0.902	0.887	0.894
Дефектный участок	0.924	0.931	0.927
В среднем (macro)	0.926	0.927	0.926

Комбинация модифицированного оптимизатора AdamW, умеренной скорости обучения (learning rate), невысокого значения L2-регуляризации, умеренного размера батча (batch size) и ранней остановки позволило достичь оптимального баланса между скоростью сходимости, стабильностью и обобщающей способностью реализованной модели [4-6].

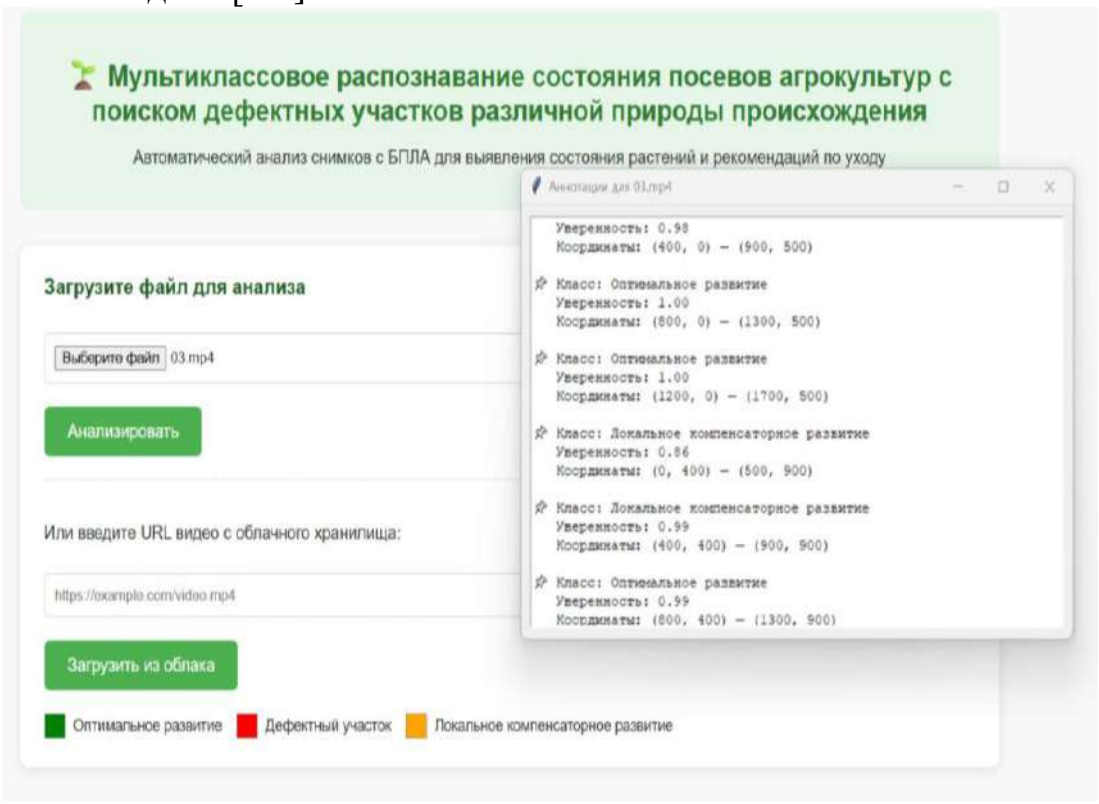


Рисунок 3 – Диалоговое окно ИИ-системы Agrivizion AI

Сравнение с традиционными методами показало, что нейросетевой подход превосходит их по F1-мере на 10-12 %. Особенно заметно улучшение в условиях:

- раннего выявления стресса (по цветографическим признакам);
- сложной топографии;
- наличия мелкомасштабных дефектов (менее 0.1 га).

Кроме того, реализованная нейросетевая модель высокую степень адаптивности к различным агрокультурам и природно-климатическим условиям в условиях дообучения предобученной (pre-trained) модели на новых, более узкоспециализированных данных [7-10].

Предложенная нейросетевая технология поиска дефектов развития агрофитоценозов демонстрирует высокую эффективность и оперативность при анализе графических данных, получаемых с БПЛА. Её внедрение в агропромышленный сектор способствует переходу к адаптивному, устойчивому и ресурсосберегающему земледелию. В перспективе планируется расширение модели за счёт формирования набора мультимодальных данных (включая SAR-изображения и IoT-датчики) и разработка облачной платформы для массового применения.

Список использованной литературы

1. Якушев В. В. Структуризация агротехнологических знаний для построения онтологий в растениеводстве // Земледелие. 2022. № 7. С. 3-7.
2. Токарев К. Е., Рогачев А. Ф. Системный анализ и нейросетевые методы оперативного мониторинга всходов озимой пшеницы после перезимовки в условиях континентального климата // Известия НВ АУК. 2025. № 4 (82). С. 474-482.
3. Набор размеченных RGB-изображений посевов однолетних полевых культур в системе орошаемого земледелия для обучения и тестирования классифицирующих искусственных нейронных сетей: свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624029 РФ / К. Е. Токарев, А. Ф. Рогачев, А. Ю. Наумов; заявл. 17.11.2025: опубл. 01.12.2025; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет».
4. Якушев В. В. Интеллектуальные системы поддержки технологических решений в точном земледелии // Земледелие. 2020. № 1. С. 33-37.
5. Рогачев А. Ф. Исследование развития и продуктивности сельскохозяйственных культур с применением беспилотных летательных аппаратов // Известия НВ АУК. 2020. № 3 (59). С. 397-406.
6. Токарев К. Е. Онтология классов цветных изображений посевов зерновых культур в процессе вегетации для обучения и тестирования нейросетевых моделей // Journal of Agriculture and Environment. 2025. № 10 (62).
7. Иванов Д. А. Прогнозирование размещения посевов льна на основе данных мониторинга и ГИС-технологий // Земледелие. 2023. № 7. С. 3-6.
8. Евстифорова А. В., Денисова А. Ю. Анализ влияния почвенных характеристик на результаты регрессионного моделирования урожайности озимой пшеницы по данным вегетационного индекса NDVI // 4-я Международ. конф. и молодеж. шк. «Информац. технологии и нанотехнологии» (ИТНТ-2018): сб. тр. Самара: Новая техника, 2018. С. 664-673.
9. Митрофанова О. А., Митрофанов Е. П., Блеканов И. С., Молин А. Е. Специализированный датасет мультиспектральных аэрофотоснимков для решения задач точного земледелия с применением методов искусственного интеллекта // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 6. С. 67-79.
10. Петрушин А. Ф., Якушев В. П., Якушев В. П., Блохина С. Ю., Матвеенко Д. А., Блохин Ю. И., Митрофанов Е. П., Митрофанова О. А. Программа обнаружения и выделения границ внутриполевой изменчивости по аэрокосмическим снимкам и оптическим критериям. // Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2023611147. Рег. 17.01.2023.

УДК 004.83+632.9

МУЛЬТИМОДАЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Габдерахманов В. М., *аспирант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлена мультимодальная архитектура нейронной сети для диагностики заболеваний огурца, интегрирующая визуальные данные с агрономическими метаданными. Разработан метод промежуточного слияния разнородных данных и методика синтеза контекстных метаданных на основе фитопатологических моделей. Экспериментально достигнута точность 99,6 %, что на 4-5 % превышает результаты унимодальных моделей. Решение создает основу для разработки систем диагностики в точном земледелии.

Ключевые слова: *мультимодальные нейронные сети, диагностика заболеваний растений, агрономические метаданные, классификация заболеваний огурца, компьютерное зрение, фитопатология, глубокое обучение, EfficientNet, MobileNetV2.*

Автоматизированная диагностика заболеваний сельскохозяйственных культур представляет собой актуальную научно-практическую задачу в контексте обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития агропромышленного комплекса. Традиционные методы визуальной оценки фитопатологий характеризуются субъективностью и высокой трудоемкостью, что обуславливает необходимость разработки интеллектуальных систем анализа на основе компьютерного зрения. Современные исследования в данной области преимущественно ориентированы на использование сверточных нейронных сетей для обработки исключительно визуальной информации [1-3], однако такие подходы демонстрируют ограниченную эффективность при наличии схожих визуальных симптомов у различных заболеваний.

Существенным недостатком унимодальных систем является игнорирование контекстных факторов развития фитопатологий, таких как температурные режимы, влажность и возраст растений, которые играют определяющую роль в патогенезе. Мультимодальный подход, интегрирующий разнородные источники информации, позволяет преодолеть указанные ограничения за счет совместного анализа визуальных симптомов и агрономических параметров. Несмотря на перспективность данного направления, методические аспекты построения мультимодальных архитектур для задач сельскохозяйственной диагностики остаются недостаточно изученными.

В рамках исследования предложена и экспериментально валидирована мультимодальная архитектура нейронной сети, объединяющая визуальные признаки изображений растений с агрономическими метаданными. Научная новизна работы заключается в разработке метода промежуточного слияния разнородных данных и методики синтеза контекстных метаданных на основе фитопатологических моделей. Практическая значимость подтверждается созданием высокоточных моделей классификации, превосходящих по эффективности традиционные унимодальные подходы.

Целью исследования является разработка мультимодального подхода к диагностике заболеваний огурца, обеспечивающего повышение точности классификации за счет интеграции визуальных и контекстных признаков. Для достижения поставленной цели решен комплекс задач, включающий формирование мультимодального датасета, проектирование архитектуры нейронной сети, сравнительный анализ эффективности различных конфигураций моделей и оценку практической применимости предложенных решений.

Для проведения экспериментальной работы был сформирован специализированный мультимодальный датасет (фрагмент представлен на рис. 1), содержащий два типа признаков: визуальные данные (путь к изображениям) и агрономические метаданные.

	image_id	filename	label	temperature	humidity	fruit_age
0	1	C:\Users\gabde\Downloads\archive\Cucumber Dise...	Anthracnose	23.3	95.3	51
1	2	C:\Users\gabde\Downloads\archive\Cucumber Dise...	Anthracnose	26.6	97.1	51
2	3	C:\Users\gabde\Downloads\archive\Cucumber Dise...	Anthracnose	25.4	95.3	52
3	4	C:\Users\gabde\Downloads\archive\Cucumber Dise...	Anthracnose	26.6	100.0	35
4	5	C:\Users\gabde\Downloads\archive\Cucumber Dise...	Anthracnose	26.3	98.3	42
...	...	...	...	...	...	...
6395	6396	C:\Users\gabde\Downloads\archive\Cucumber Dise...	Fresh cucumber	24.6	60.9	9
6396	6397	C:\Users\gabde\Downloads\archive\Cucumber Dise...	Fresh cucumber	26.7	71.5	7
6397	6398	C:\Users\gabde\Downloads\archive\Cucumber Dise...	Fresh cucumber	23.5	73.1	5
6398	6399	C:\Users\gabde\Downloads\archive\Cucumber Dise...	Fresh cucumber	26.0	74.6	2
6399	6400	C:\Users\gabde\Downloads\archive\Cucumber Dise...	Fresh cucumber	23.3	70.9	10

Рисунок 1 – Фрагмент мультимодального датасета в формате Keras

Визуальная компонента представлена изображениями из публичного датасета Cucumber Disease Recognition Dataset [4], включающего 6400 изображений высокого разрешения (2296×1724 пикселей) огурцов с реальных полей, равномерно распределенных между восемью классами: Anthracnose, Bacterial Wilt, Belly Rot, Downy Mildew, Fresh Cucumber, Fresh Leaf, Gummy Stem Blight и Pythium Fruit Rot. Разметка заболеваний проводилась экспертами-фитопатологами, что гарантирует высокую достоверность меток. Каждый класс содержит репрезентативную выборку из 800 изображений, что обеспечивает сбалансированность данных и статистическую значимость результатов.

Агрономические метаданные, приведенные в таблице 1, были синтезированы для каждого изображения на основе установленных фитопатологических моделей развития соответствующих заболеваний [5-7]. Для синтеза использовались референтные диапазоны температурных режимов, показателей влажности и возрастных характеристик растений, характерные для оптимальных условий развития каждого патогена. Конкретное значение для каждого экземпляра генерировалось как случайная величина, равномерно распределенная внутри соответствующего диапазона. Например, для антракноза (Anthracnose) устанавливались температурные параметры 23-27°C и влажность 90-100 %, что соответствует известным агрономическим закономерностям развития данного заболевания.

Таблица 1 – Агрономические метаданные

Заболевание	Температура (°C)	Влажность (%)	Возраст плода (дни)
Anthracnose (Антракноз)	23-27	90-100	35-55
Bacterial Wilt (Бактериальное увядание)	25-30	70-90	20-40
Belly Rot (Гниль донца плода)	28-32	85-95	5-15
Downy Mildew (Ложная мучнистая роса)	15-22	90-100	25-50
Pythium Fruit Rot (Питиозная гниль)	10-18	95-100	5-25
Gummy Stem Blight (Гоммоз стебля)	20-25C	85-100	30-60
Fresh leaves (Здоровые листья)	22-26	60-75	20-60
Fresh cucumber (Здоровый огурец)	22-26	60-75	2-10

Визуальные данные подвергались последовательной предобработке, включающей изменение пространственного разрешения до 224×224 пикселей с сохранением пропорций исходных изображений. Нормализация значений пикселей выполнялась с применением специализированных функций предобработки, соответствующих используемым архитектурам нейронных сетей: tf.keras.applications.efficientnet.preprocess_input для EfficientNetB0[8] и tf.keras.applications.mobilenet_v2.preprocess_input для MobileNetV2[9]. Для увеличения диверсификации тренировочной выборки применялись методы аугментации данных, включающие случайные изменения яркости, контрастности и пространственные преобразования.

Агрономические метаданные предварительно нормализованы с использованием StandardScaler, что обеспечило приведение признаков к единому масштабу и улучшило сходимость процесса обучения. Исходная выборка была разделена на тренировочную (4482 образца, 70 %), валидационную (958 образцов, 15 %) и тестовую (960 образцов, 15 %) подвыборки с сохранением стратификации по классам.

Для обработки мультимодальных данных был реализован специализированный генератор MultimodalDataGenerator, обеспечивающий синхронную загрузку изображений и соответствующих метаданных. Генератор решает ключевые задачи: эффективное управление памятью за счет поточной загрузки батчей, гарантия соответствия между визуальными данными и контекстной информацией, а также выполнение предобработки в реальном времени. Это позволило работать с данными, превышающими объем доступной оперативной памяти, и обеспечить воспроизводимость эксперимента.

В исследовании использовались две мультимодальные архитектуры, основанные на предобученных моделях EfficientNetB0 и MobileNetV2. Обе архитектуры реализуют гибридный подход к слиянию признаков (feature fusion), объединяя высокоуровневые представления, извлеченные из визуальных данных, с вектором агрономических метаданных.

Визуальный поток обработки данных строился на основе предобученных на наборе ImageNet моделей-энкодеров, дополненных слоями GlobalAveragePooling2D и Dense с функциями активации ReLU. Поток обработки метаданных включал последовательность полносвязных слоев с постепенным уменьшением размерности признакового пространства. Объединение мультимодальных признаков осуществлялось операцией конкатенации на промежуточном уровне представлений с последующей обработкой через каскад полносвязных слоев с регуляризацией Dropout для предотвращения переобучения.

Оптимизация параметров моделей проводилась с использованием алгоритма Adam с начальной скоростью обучения 0,001 для EfficientNetB0 и 0,0001 для MobileNetV2. В качестве функции потерь использовалась категориальная перекрестная энтропия (categorical crossentropy). Для управления процессом обучения применялись методы адаптивного снижения скорости обучения (ReduceLROnPlateau) и ранней остановки (EarlyStopping), что позволило достичь оптимального баланса между скоростью сходимости и качеством моделей.

Эксперименты проводились на рабочей станции с процессором Intel Core i7-1165G7 и 16 ГБ оперативной памяти. Программная реализация алгоритмов выполнена на языке Python с использованием фреймворков TensorFlow и Keras. Исходный код исследований доступен в открытом репозитории для обеспечения воспроизводимости результатов: https://github.com/vadhub/nn_multimodal_classification_disease_vegetables.

Мультимодальная нейросетевая архитектура продемонстрировала исключительно высокую эффективность в задаче классификации заболеваний огурца. Модель достигла точности 99,53 % на валидационной выборке после 25 эпох обучения, при этом разрыв между точностью на тренировочных (99,99 %) и валидационных данных составил менее 0,5 %, что свидетельствует об отсутствии переобучения. Быстрая сходимость – достижение точности свыше 99 % на 10-й эпохе – подтверждает корректность интеграции визуальных и контекстных признаков. Автоматическая регулировка learning rate способствовала стабильному улучшению метрик на поздних этапах обучения.

Сравнительный анализ с унимодальной архитектурой MobileNetV2 выявил принципиальное преимущество мультимодального подхода. Модель, использующая исключительно визуальные данные, достигла максимальной точности 95,30 %, что на 4-5 процентных пунктов ниже результатов мультимодальных конфигураций. Наблюдались существенные различия в динамике обучения: мультимодальные архитектуры демонстрировали более быструю сходимость и стабильность метрик, в то время как унимодальная модель проявляла значительные колебания точности на валидационной выборке.

Таблица 2 – Сравнение точности моделей

Тип модели	Точность, %	Потери
Мультимодальная с MobileNetV2	99,2	0,0303
Мультимодальная с EffitientNetB0	99,6	0,0104
Унимодальная MobileNetV2	94,8	0,9489
Полносвязная нейросеть	91,8	0,3262

Заключение. Разработана мультимодальная архитектура нейронной сети для классификации заболеваний сельскохозяйственных культур, интегрирующая визуальные данные и агрономические метаданные. Экспериментально доказана высокая эффективность подхода, достигнута точность классификации свыше 99 % на валидационной выборке. Установлено преимущество мультимодальных моделей над унимодальными, с приростом точности 4-5 процентных пунктов. Разработана методика синтеза контекстных метаданных на основе фитопатологических моделей развития заболеваний. Полученные результаты создают основу для практической реализации систем диагностики в точном земледелии.

Список использованной литературы

1. Рогачев А. Ф. Мультиклассовое распознавание аэрофотоснимков участков сельскохозяйственных полей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 142-152.

2. Брагинский, М. Я. Оценка состояния растений с использованием сверточных нейронных сетей // Вестник кибернетики. 2021. № 1 (41). С. 41-50.
3. Ариничева И. В. Детекция и классификация грибных вредоносных болезней пшеницы на различных стадиях вегетации растения // Передовые исследования Кубани: сборник материалов Ежегодной отчетной конференции грантодержателей Кубанского научного фонда. Краснодар: Унитарная некоммерческая организация "Кубанский научный фонд", 2022. С. 104-111.
4. Cucumber Disease Recognition Dataset // Kaggle. https://www.kaggle.com/datasets/sujaykapadnis/cucumber-disease-recognition-dataset
5. Etchells J. L., Bell T. A., Costilow R. N., Hood C. E., Anderson T. E. Influence of Temperature and Humidity on Microbial, Enzymatic, and Physical Changes of Stored, Pickling Cucumbers // Appl Microbiol. 1973.
6. Ziedan E. H. Distribution of epidemic diseases of cucumber under protective plastic houses in Egypt // Analele Universităţii din Oradea, Fascicula Biologie. 2024. Vol. XXXI, Issue 1. Pp. 15-23.
7. Cucumber // Postharvest Research and Extension Center A Research and Information Center. https://postharvest.ucdavis.edu/produce-facts-sheets/cucumber
8. Multi-head attention-based two-stream EfficientNet for action recognition / A. Zhou, Y. Ma, W. Ji, M. Zong, P. Yang, M. Wu, M. Liu // Multimedia Systems. 2022. Vol. 29. Pp. 1-12.
9. Sandler M., Howard A., Zhu M., Zhmoginov A., Chen L. MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks. 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2018. Pp. 4510-4520.

УДК 004.891.3+632.9

МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Габдерахманов В. М., *аспирант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлена мобильная система мультимодальной классификации заболеваний сельскохозяйственных растений. Разработана архитектура нейронной сети на основе MobileNetV2, интегрирующая визуальные данные с агрономическими метаданными. Создано Android-приложение с использованием TensorFlow Lite для инференса в реальном времени. Валидация на датасете заболеваний огурца показала точность 99,4 %, что на 4-5 % превышает унимодальные аналоги. Система обеспечивает оперативную диагностику в полевых условиях без подключения к интернету.

Ключевые слова: *мультимодальная классификация, мобильное приложение, нейронные сети, глубокое обучение, компьютерное зрение, TensorFlow Lite, MobileNetV2, Android-приложение.*

Современное сельское хозяйство сталкивается с серьезными вызовами, связанными с обеспечением продовольственной безопасности в условиях роста населения и изменения климата. Одной из ключевых

проблем является своевременная диагностика заболеваний сельскохозяйственных культур, которая позволяет предотвратить значительные экономические потери. Ежегодно болезни растений приводят к потере до 35 % мирового урожая, что особенно критично для таких культур как огурец (Cucumis sativus), подверженных различным заболеваниям [1].

Традиционные методы диагностики заболеваний растений основаны на визуальном осмотре опытными агрономами, что является субъективным, трудоемким и требующим высокой квалификации процессом. В последние годы машинное обучение и компьютерное зрение предложили альтернативные подходы к автоматической классификации заболеваний по изображениям листьев и плодов [2, 3]. Однако большинство существующих решений ограничиваются анализом только визуальных данных, игнорируя критически важные контекстные факторы, такие как метеорологические условия и фенологическая стадия развития растения.

Мультимодальный подход, объединяющий анализ изображений с соответствующими метаданными, представляется перспективным направлением для повышения точности и надежности диагностики. Известно, что развитие многих заболеваний растений сильно коррелирует с температурой, влажностью и возрастом растения. Например, ложная мучнистая роса активно развивается при повышенной влажности, а питиозная гниль зависит от температурных условий [4]. Интеграция этих факторов в модель классификации может значительно улучшить ее диагностические возможности.

Не менее важной задачей является разработка практических инструментов, доступных для использования непосредственно в полевых условиях. Мобильные приложения, способные работать без постоянного подключения к интернету и обеспечивающие быстрое время отклика, представляют особую ценность для сельскохозяйственных работников.

В данной работе представлена мобильная система мультимодальной классификации заболеваний сельскохозяйственных растений, которая объединяет анализ визуальных данных с обработкой контекстных метаданных. Основные результаты исследования включают:

1. Разработку мультимодальной архитектуры нейронной сети на основе MobileNetV2, способной интегрировать изображения растений с метеорологическими и фенологическими данными.

2. Создание мобильного приложения для Android с использованием TensorFlow Lite, обеспечивающего работу модели в реальном времени непосредственно на устройстве.

3. Экспериментальную проверку системы на датасете заболеваний огурца, демонстрирующую высокую точность классификации (99,4 %) и практическую применимость подхода.

4. Предложенное решение направлено на преодоление ограничений существующих мономодальных систем и предоставляет сельскохозяйственным работникам эффективный инструмент для оперативной диагностики заболеваний в полевых условиях.

Ключевым вызовом при работе с мультимодальными данными (текст, изображения, аудио, видео) является эффективное слияние разнородных источников информации. В таких критически важных областях, как медицина, объединение данных рентгенографии, томографии и лабораторных анализов необходимо для повышения надежности диагностики и прогноза лечения. Существующие методы интеграции можно классифицировать по уровню, на котором происходит объединение:

1. Раннее слияние (Early Fusion): Конкатенация исходных или низкоуровневых признаков до их обработки моделью. Подход прост в реализации, но не всегда эффективен для неоднородных модальностей.

2. Позднее слияние (Late Fusion): Агрегация решений независимых моделей, обученных на отдельных модальностях. Данная стратегия более робастна к разнородности данных.

3. Промежуточное слияние (Intermediate Fusion): Комбинирование скрытых представлений (эмбеддингов) на промежуточных слоях нейронных сетей. Этот подход требует тщательного проектирования архитектуры, но позволяет учитывать сложные кросс-модальные зависимости, что делает его наиболее мощным для задач с сильно разнородными данными [5].

Для обучения и валидации модели использовался публичный датасет "Cucumber Disease Recognition Dataset" [6]. Датасет содержит 6400 изображений листьев и плодов огурца (Cucumis sativus), равномерно распределенных между 8 классами (по 800 изображений на класс): 6 заболеваний и 2 класс здоровых растений.

Перечень классов:

1. Антракноз (Anthracnose).
2. Бактериальное увядание (Bacterial Wilt).
3. Гниль плодов (Belly Rot).
4. Ложная мучнистая роса (Downy Mildew).
5. Свежий огурец (Fresh Cucumber).
6. Здоровый лист (Fresh Leaf).
7. Гоммоз стебля (Gummy Stem Blight).
8. Питиозная гниль (Pythium Fruit Rot).

Изображения были сняты в условиях естественного освещения на разнородном фоне. Разметка проводилась экспертами-агрономами с последующей валидацией. Исходное разрешение изображений варьировалось от 256×256 до 1024×1024 пикселей. Для приведения к еди-

ному формату все изображения были масштабированы до 224×224 пикселей с сохранением пропорций и билинейной интерполяцией. Метаданные синтезированы на основе фитопатологических моделей. Для каждого изображения значения генерировались случайной выборкой из установленных диапазонов: температура (10-32°C), влажность (60-100 %), возраст (2-60 дней). Нормализация метаданных выполнялась с помощью класса StandartScaler из библиотеки sklearn со следующими параметрами: temperature (mean=23.19, std=4.95), humidity (mean=85.62, std=12.19), age (mean=28.16, std=16.56).

Разработана мультимодальная архитектура, объединяющая данные двух типов: визуальные (изображения) и метеорологические/фенологические (метаданные). В качестве основы для извлечения визуальных признаков использовалась предобученная на датасете ImageNet сверточная нейронная сеть MobileNetV2 [7]. Выходные признаки из базовой модели подвергались глобальному усредняющему пулингу (Global Average Pooling 2D), затем пропускались через полносвязный слой из 128 нейронов с функцией активации ReLU и слоем Dropout (0.5) для предотвращения переобучения.

Нормализованный вектор размерности 3 обрабатывался последовательностью полносвязных слоев (64 и 32 нейрона с ReLU), между которыми применялись слои Batch Normalization и Dropout (0.4).

Векторы визуальных признаков (128-мерный) и метаданных (32-мерный) объединялись методом конкатенации. Объединенный вектор пропускался через классификационную голову, состоящую из двух полносвязных слоев (64 и 32 нейрона с ReLU) и выходного слоя с 8 нейронами и функцией активации softmax для многоклассовой классификации.

Таблица 1 – Детальное сравнение метрик

Класс	Keras F1	TFLite F1	ΔF1
Anthracnose	0,98	0,98	0,00
Bacterial Wilt	1,00	1,00	0,00
Belly Rot	1,00	1,00	0,00
Downy Mildew	1,00	0,99	-0,01
Fresh Leaf	1,00	1,00	0,00
Fresh cucumber	1,00	1,00	0,00
Gummy Stem Blight	0,98	0,96	-0,02
Pythium Fruit Rot	1,00	1,00	0,00

В рамках разработки мобильных и встраиваемых систем машинного обучения был применен метод конвертации предварительно обученной нейросетевой модели из формата H5 в оптимизированный формат TensorFlow Lite (TFLite). При этом была применена техника посттренировочного квантования (Post-Training Quantization). Использовано квантование уровня OPTIMIZE_FOR_SIZE (эквивалент

Optimize.DEFAULT), которое обеспечивает квантование весов (преобразование из FP32 в INT8), активации остаются в формате FP32. Данный подход позволяет существенно сократить размер файла модели ~90 % (с 33,3 до 3,26 МБ) и ускорить ее выполнение на ресурсоограниченных устройствах. При этом модель практически не потеряла в точности предсказания: 99,06 % на валидационной выборке.

Процесс классификации болезни растения выглядит следующим образом:

1. Пользователь загружает изображение (через камеру или галерею) и вводит агрономические параметры.

2. После ввода всех данных происходит предобработка: изображение масштабируется до 224×224 пикселей и нормализуется в диапазон [-1, 1] в соответствии с требованиями MobileNetV2. Метаданные нормализуются по заданным коэффициентам.

3. После этого происходит инференс модели: нормализованные данные передаются в модель TensorFlow Lite. Результатом является вектор вероятностей принадлежности к каждому из 8 классов.

4. Далее приложение отображает диагноз с указанием вероятности и детальной статистикой по всем классам.

Для верификации работоспособности системы в реальных условиях было разработано приложение для операционной системы Android 8.0+ (API 26) со следующим техническим стеком:

1. Язык программирования Kotlin.

2. ML-фреймворк TensorFlow Lite [8] для выполнения модели.

3. Библиотека Android Image Cropper для предобработки изображений

Мобильное приложение включает несколько ключевых классов. Основной класс DiseaseClassificationMultimodal реализует логику мультимодальной классификации, интегрируя обработку визуальных данных с агрономическими метаданными и выполняя инференс модели TensorFlow Lite. Класс MetadataNormalizer обеспечивает стандартизацию входных параметров температуры, влажности и возраста растений методом Z-score нормализации, MainActivity координирует пользовательский интерфейс, управляет вводом данных и визуализацией результатов. Пользовательский интерфейс приложения реализован с использованием XML-компонентов Android, которые обеспечивают адаптивный и интуитивно понятный интерфейс для ввода данных и визуализации результатов, примерный процесс генерации из XML в визуальные компоненты приведен в источнике [9]. Вспомогательные классы ClassificationResult и Metadata инкапсулируют диагностические результаты и агрономические параметры, а интерфейс Predict обеспечивает асинхронную обработку данных через callback-механизм, гарантируя отзывчивость интерфейса при выполнении ре-

сурсоемких вычислений. Был проведен тестовый запуск приложения с использованием эталонных данных. В таблице 2 представлены данные по параметрам и результаты предсказания модели.

Таблица 2 – Входные параметры и результаты модели

Параметр	Значение	Комментарий
Входное изображение	Изображение плода с оранжевыми пятнами	Характерно для нескольких заболеваний
Температура	26°C	Оптимальна для развития грибных заболеваний
Влажность	90 %	Критический параметр для ложной мучнистой росы
Возраст растения	35 дней	Период максимальной восприимчивости
Результат	Belly Rot	Верный диагноз
Уверенность	99 %	Высокая достоверность

Заключение. Проведена конвертация модели Keras формата H5 в формат TensorFlow Lite с существенным сокращением веса файла около 90 % с незначительной потерей в точности предсказания. Мультимодальная нейросетевая архитектура продемонстрировала точность 99,6 % в диагностике заболеваний огурца, превзойдя унимодальные подходы на 4-5 %. Разработанное мобильное приложение на TensorFlow Lite подтвердило практическую применимость системы в полевых условиях сельскохозяйственного производства.

Список использованной литературы

1. Павловская Н. Е. Испытание влияния новых биопестицидов на возбудителей болезней овощей с применением ДНК-маркеров // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10. № 3 (34). С. 401-411.

2. Терещенко С. Н., Перов А. А., Осипов А. Л. Классификация внекорневых заболеваний яблоневых культур методами компьютерного зрения // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13. № 3. С. 103-118.

3. Брагинский М. Я. Оценка состояния растений с использованием сверточных нейронных сетей // Вестник кибернетики. 2021. № 1(41). С. 41-50.

4. Голощапова Н. Н., Гончаров С. В., Самелик Е. Г. Ложная мучнистая роса: заражение, симптомы и устойчивость подсолнечника к возбудителю болезни // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 175. С. 56-68.

5. Классификация мультимодальных данных о заболеваниях легких на основе позднего слияния модальностей / О. Н. Иванова, С. Кумар, М. Л. Цымблер, Е. В. Иванова // Вычислительная математика и информатика. 2024. № 1. С. 74-86.

6. Cucumber Disease Recognition Dataset // Kaggle. https://www.kaggle.com/datasets/sujaykapadnis/cucumber-disease-recognition-dataset

7. Sandler M. et al. Mobilenetv2: Inverted residuals and linear bottlenecks // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2018. Pp. 4510-4520.

8. Module: tf.lite // TensorFlow. https://www.tensorflow.org/api_docs/ python/tf/lite

9. Рогачев А. Ф. Анализ проблем и инструментария для генерации кода визуального интерфейса на основе XML // Научное обоснование стратегии цифрового развития АПК и сельских территорий: материалы Национальной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2025. С. 157-164.

УДК 004.81+519.87

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ПОВЕДЕНИЕМ КЛИЕНТОВ

[1]Дадикян Д. Д., *магистрант*
[2]Мильченко Н. Ю., *канд. техн. наук, преподаватель*

[1]ФГБОУ ВО ВолгГТУ
[2]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрено применение технологий искусственного интеллекта и математического моделирования в целях автоматизации коммуникации с клиентами. Описан практический опыт разработки Telegram бота для креативной студии «Нейромедиа», которая занимается созданием рекламных видеороликов с помощью генеративных технологий. Бот предназначен для сбора информации, последовательного управления диалога с клиентом и подготовки сценария для нейрокреатора.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, автоматизация коммуникаций, управление поведением клиентов, генеративные модели, Telegram-боты.*

На сегодняшний день мировая цифровая экономика уверенно движется в сторону активного внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ), который помогает автоматизировать работу во многих отраслях, и особенно в процессе общения с клиентами [2]. Нельзя недооценивать важность автоматизации клиентских коммуникаций, ведь ее можно отчетливо отследить на примере больших международных компаний, которые уже внедрили передовые технологии в свою работу. Самым известным примером на сегодня является компания «Bank of America», которая еще в 2018 году внедрила виртуального ассистента «Erica». Данный ассистент основан на передовых технологиях ИИ и совершенствуется до сих пор, однако положительные результаты его работы были видны сразу [6]. Только за первый год своей работы система «Erica» обработала более 100 милн запросов клиентов фирмы и значительно снизила нагрузку на операторов, повысив скорость обслуживания. Еще одна фирма – гигант электронной коммерции «Amazon» активно развивает ботов, которые с помощью мощностей ИИ поддерживают общение с клиентом, помогают службе поддержки и даже предоставляют покупателям консультацию при

оформлении заказов [4]. Отчеты компании показывают, что использование моделей машинного обучения положительно повлияло на скорость обработки большинства типовых запросов, а также улучшило показатели удовлетворенности покупателей, повысив скорость реакции на обращения клиентов. Аналогичные технологии были внедрены и компанией «H&M», где виртуальный консультант помогает людям подбирать одежду, представленную в фирменных магазинах, на основе предпочтений и стиля каждого отдельного клиента.

Опыт внедрения мировыми гигантами технологий ИИ в свою работу задает явный тренд на автоматизацию бизнес-процессов с помощью нейросетей, что позволяет компаниям не только экономить, но и улучшать качество обслуживания. Также на основании повсеместной заинтересованности людей технологиями ИИ, подобные решения повышают вовлеченность пользователей, помогая создавать новые обученные на большем количестве людей модели.

На фоне подобных изменений особенно актуальным направлением становится внедрение нейросетей в творческие студии, где ИИ поможет не только улучшить показатели скорости работы, но и будет креативным помощником человека в процессе оказания услуги [3]. В контексте всего вышеперечисленного я занимаюсь разработкой Telegram бота для студии «Нейромедиа», которая занимается созданием рекламных видеороликов с помощью генеративных технологий «Google Veo», «Runway», «Kling», «Nanobanana», «Seedream» и дополнительных систем пост-продакшена. Данный бот автоматизирует первичное общение с заинтересованным клиентом, задает ему уточняющие вопросы, помогает в разработке концепций видеоролика и написании сценария для него, который в дальнейшем передается в работу нейрокреатору. Данная работа демонстрирует, как современные технологии применяются не только в крупных международных фирмах, но и помогают в креативном производстве, где ИИ станет эффективным инструментом управления поведением пользователей и оптимизации диалоговых процессов.

Деятельность студии «Нейромедиа» напрямую связана с необходимостью точного понимания пожеланий и потребностей клиента, которые преобразуются в готовый сценарий для рекламного видеоролика, а также с оперативной обратной связью. Традиционная схема коммуникации «менеджер – заказчик», на которой и была основана вся работа компании, ограничена человеческим фактором и требует обучения новых сотрудников необходимым навыкам общения, потребуется потратить время на изучение скриптов и привычных для фирмы паттернов. Все это может привести к неточностям в работе, задержкам, различного рода ошибкам и снижению скорости обработки заявок. В таких условиях разработка системы автоматизированной коммуникации на основе ИИ ста-

новится не только актуальной с точки зрения бизнес-эффективности, но и интересным объектом научного исследования применения нейросетей для управления поведением клиентов.

Созданный Telegram бот представляет из себя сложную гибридную систему, которая содержит передовую языковую модель нового поколения «gpt-4o-mini». Она используется для анализа сообщений, построения логики коммуникации и формирования текстовых ответов [5]. Непосредственная логика работы бота реализована с помощью языка программирования Python, а архитектура программы построена на базе фреймворка Aiogram и включает в себя модуль глобального состояния, который отвечает за память бота в рамках одного диалога, систему дебаунса сообщений, которая отвечает за то, что бот воспринимает несколько коротких сообщений клиента, отправленных подряд, как одно, интеллектуальный модуль обработки сообщений, который является непосредственно «мозгом» бота, а также набор системных промтов, которые задают стиль общения (рис. 1).

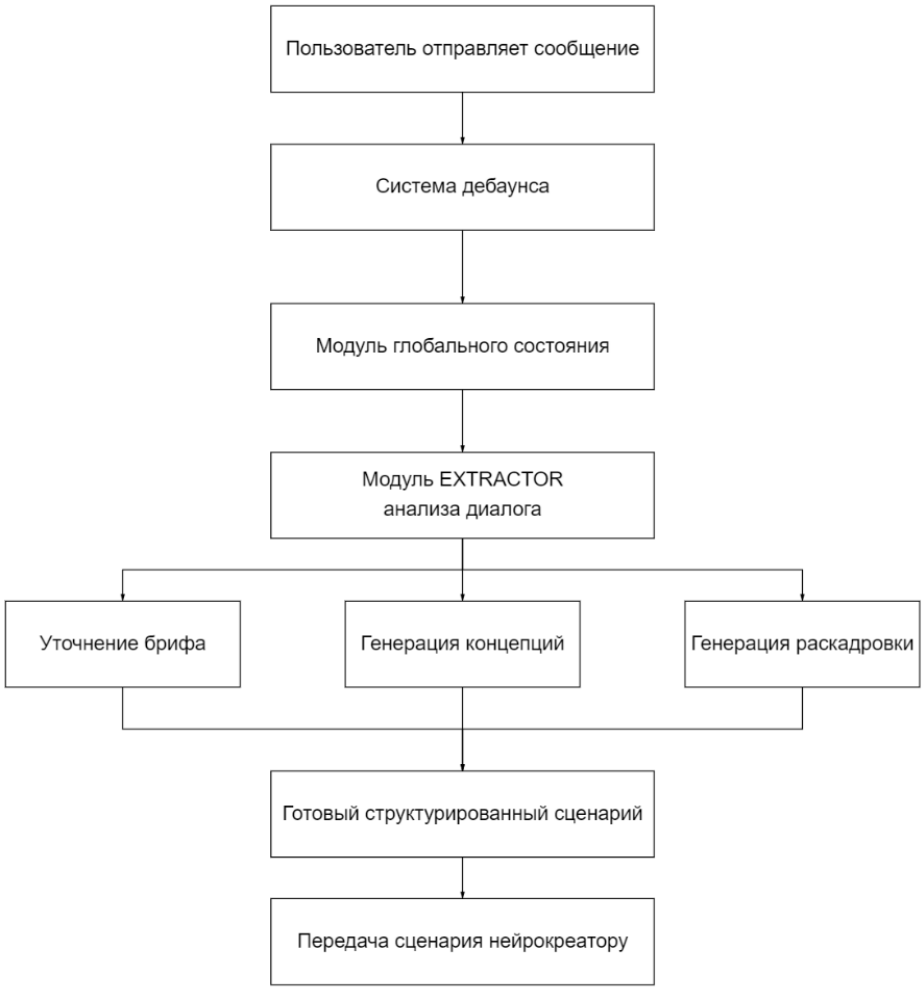


Рисунок 1 – Логическая схема работы Telegram бота

Первый этап в работе бота начинается с приветствия и первичной диагностики пожеланий клиента, здесь языковая модель получает всю необходимую для построения сценария информацию, задает уточняющие вопросы, направленные на постепенное формирование ключевых моментов, которые необходимо будет вставить в видеоролик. На этом этапе бот узнает у заказчика количество роликов, их длительность, ориентацию видео, необходимость озвучки текста нейродиктором, который также является неотъемлемой частью автоматизации рабочих процессов над видео, кроме того анализируется целевая аудитория и референсы. Подобное построение брифа по этапам в свою очередь соответствует методам математческого моделирования, в частности концепциям последовательного принятия решений и моделям управления с неполной информацией.

Система построения диалога с заказчиком не работала бы без системы хранения памяти, так что она играет ключевую роль в проекте [1]. Данная система позволяет сохранять последние реплики пользователя и обеспечивает непрерывность диалога, позволяя Telegram боту учитывать весь контекст общения с человеком. Этот аспект является очень важным с точки зрения когнитивных моделей поведения, так как клиент никогда не формулирует свои запросы в одном сообщении. Здесь же и работает система дебаунса, объединяющая несколько реплик, она позволяет уменьшить вероятность неверной интерпретации ботом сообщений пользователя, что отражается на всем процессе анализа и делает его более точным. Такой подход к анализу сообщений соответствует моделям агрегации событий в теории вероятностей и применения фильтрации данных, которая позволяет исключать шумовые сообщения и выделять только смысловую часть коммуникации.

Основным элементом интеллектуальной логики программы является модуль EXTRACTOR, который непосредственно анализирует текст из сообщений пользователя и всю историю диалога. Он не только определяет, является ли сообщение важным в контексте общения, но и принимает решения о дальнейшем взаимодействии с человеком. Если клиент отошел от темы диалога, то бот самостоятельно мягко вернет его в нужное русло, задаст уточняющий вопрос или предложит перейти на следующий шаг брифа. Подобная архитектура моделирует поведение обучаемого агента, который принимает каждое свое решение, основываясь на ряде переменных. Это значит, что бот изменяет свое поведение и оптимизирует его даже под влиянием случайных факторов.

После того как бот узнал все ключевые параметры для создания видеоролика, он предоставляет клиенту три сгенерированные альтернативные концепции рекламы. Концепции представляют собой три четко структурированные идеи, которые отличаются своим стилем, визуальными решениями, динамикой и рядом художественных особенностей.

Каждая из представленных концепций содержит в себе короткое и лаконичное название, описание идеи, а также все ключевые пожелания пользователя. Соответственно Telegram бот преобразует входные данные, полученные от заказчика, и предоставляет результат своей работы, что соответствует функционалу вероятностных генеративных моделей.

Затем клиент выбирает одну из концепций, на основе которой будет строиться детальная раскадровка, запускается следующий этап, на котором бот самостоятельно генерирует список сцен, описывает визуальное содержание каждой из них, длительность, добавляет текст диктора на каждый из кадров, ритм всего видеоряда, а также включает элементы, повышающие вовлеченность потенциального зрителя. До недавнего времени весь этот процесс требовал непосредственного участия опытного сценариста, однако участие ИИ значительно уменьшает затраты человеческих сил и помогает намного быстрее проводить весь процесс общения с клиентом.

В будущем такая система может быть расширена методами кластеризации, которые позволят выделить различные типы клиентов в зависимости от стиля их общения, скорости ответа на сообщения и предпочтениям. Такое разделение позволит адаптировать весь ход диалога под конкретный сегмент аудитории, значительно повышая вероятность успешной конверсии потенциальных покупателей в тех, кто на самом деле купил продукт.

Внедрение подобной системы имеет большое прикладное значение с точки зрения управления поведением клиентов, ведь Telegram бот не просто задает вопросы, но и направляет пользователя, подталкивая его к заполнению всех необходимых для создания видеороликов параметров, заранее формируя у клиента понимание конечного результата, подчеркивая по ходу диалога ценность нейровидеорекламы, помогая преодолеть сомнения.

Перспективы дальнейшего развития данного проекта включают в себя внедрение моделей поведенческого прогнозирования, которые смогут повысить уровень удовлетворенности клиентов, а также построение систем оценки эмоционального состояния пользователя на основе анализа лингвистических паттернов в его сообщениях [7]. Также на основе накопленных за время общения с заказчиками могут быть разработаны персонализированные схемы взаимодействия с пользователями, которые будут учитывать их индивидуальные предпочтения.

Таким образом, применение ИИ и методов математического моделирования в управлении поведением клиентов открывает новые возможности для фирм всех масштабов. Создание Telegram бота для студии «Нейромедиа» демонстрирует реальную практическую пользу от интеграции подобных технологий в процесс общения с клиентами.

Список использованной литературы

1. Бурков А. Искусственный интеллект. Простое объяснение. М.: Альпина Паблишер, 2021. 174 с.
2. Бриньолфссон Э., Макафи Э. Business of Artificial Intelligence // Harvard Business Review. 2017. 12 с.
3. Гудфеллоу И., Бенджио Й., Курвилль А. Глубокое обучение. М.: ДМК Пресс, 2019. 736 с.
4. Джейн А., Шарма Т., Каушик С. Predictive Modeling Using Machine Learning in Customer Analytics // International Journal of Advanced Computer Science. 2020. Vol. 11(5). 350 p.
5. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. М.: Вильямс, 2022. 1136 с.
6. Фёлстад А., Брандтцег П. Chatbots and the New World of HCI // Interactions. 2017. V. 24 (4). 42 p.
7. Фисун В. В. Искусственный интеллект управления информационной безопасностью объектов критической информационной структуры: монография. Москва: РУСАЙНС, 2023. 360 с.
8. Sustainable development of enterprises in conditions of smart ecology: analysis of the main problems and development of ways to solve them, based on artificial intelligence methods and innovative technologies / N. N Skiter, A. F. Rogachev, N. V. Ketko, A. B. Simonov, I. A. Tarasova // Frontiers in Environmental Science. 2022. V. 10. 892222.
9. Fuzzy algorithmic modeling of economics and innovation process dynamics based on preliminary component allocation by singular spectrum analysis method / A. F. Rogachev, A. B. Simonov, N. V. Ketko, N. N Skiter // Algorithms. 2023. V. 16. № 1. С. 39.

УДК 338.2+004.9

ОСОБЕННОСТИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МАЛЫХ ФОРМ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

[1]Деврисашвили М. Г., *аспирант*
[1]Макарова И. В., *магистрант*
[1,2]Скитер Н. Н., *д-р экон. наук, профессор*

[1]ФГБОУ ВО ВолгГТУ
[2]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Изучены особенности цифровой трансформации малых форм хозяйствования (МФХ) в современной России с учетом влияния на данный процесс целого комплекса внутренних и внешних факторов. Исследованы актуальные проблемы аграрного комплекса России и влияние внедрения искусственного интеллекта и иных цифровых технологий на управленческую и производственную деятельность малых агропредприятий.

Ключевые слова: *цифровая трансформация АПК, малые формы хозяйствования, агропроизводители, искусственный интеллект.*

Актуальность исследования. На сегодняшний день аграрный сектор экономики России является важным, но трудозатратным комплексом по осуществлению хозяйственной деятельности малыми,

средними и крупными агропредприятиями, на эффективность которых влияет множество факторов, а именно природные условия, качество используемых для посевов удобрений и материалов, модернизация рабочего оборудования, степень цифровизации агропромышленных процессов и т. д. В связи с этим сегодня на повестку дня встает вопрос совершенствования деятельности МФХ посредством цифровой трансформации в производстве, что позволит увеличить объем производства и соответственно улучшить финансовое состояние малых агропредприятий.

Государство заинтересовано в оказании помощи агропроизводителям, так как это способствует укреплению и развитию национальной экономики, обеспечению продовольственной безопасности и в целом непрерывному и всестороннему развитию важной для страны отрасли.

Необходимо отметить, что в эпоху информационного общества процессы цифровизации затрагивают все отрасли, включая агропромышленный комплекс страны. Таким образом, можно констатировать факт, что актуальность данной темы исследования обусловлена следующими факторами [2]:

1) Возникшая в 2020 году пандемия Covid-19 и все вытекающие из нее последствия побудили малые агропредприятия к стремительному внедрению цифровизации в управленческую и производственную деятельность ввиду невозможности ее полноценного осуществления во время данного кризиса.

2) В условиях научно-технического прогресса происходит разработка и непосредственно реализация различных государственных программ, связанных с цифровизацией всех отраслей страны, в частности, в аграрном секторе, что обусловлено реализацией государственной программы «Цифровая экономика», в рамках которой происходит цифровизация сельскохозяйственного производства, а именно внедрение искусственного интеллекта для прогнозирования урожайности и дальнейшего планирования полевных работ, а также автопилотирования сельскохозяйственной техники.

Таким образом, **цель данной статьи** заключается в исследовании особенностей цифровой трансформации МФХ в современной России.

Результаты и их обсуждение. На современном этапе развития аграрного комплекса страны осуществление производственной деятельности МФХ имеет ряд особенностей, а именно [1]:

1. МФХ придерживаются стратегии диверсификации в осуществлении своей деятельности ввиду стремления к минимизации рисков и увеличения возможностей для роста бизнеса, вследствие чего наблюдается развитие сразу нескольких видов продуктов, а не одного.

2. Неэффективность взаимодействия МФХ с крупными и средними агропредприятиями ввиду высокого уровня бюрократии, неуверенности более крупных агропредприятий в надёжности малых форм хозяйствования и т. д.

3. Профессионально-квалификационный дисбаланс в кадровом составе МФХ, вызванный высоким профессионализмом рабочих кадров (оператор сельскохозяйственной техники, специалист по переработке) и низким у лиц, занимающих управленческие должности.

4. Недостаточный уровень поддержки МФХ и одновременно с этим недостаточный уровень развитости их инфраструктуры, что обусловлено высокой конкуренцией в аграрном бизнесе и отсутствием достаточного количества финансовых средств для покупки инновационной сельскохозяйственной техники малыми агропредприятиями, недостаточной стабильностью налогового законодательства, бюрократическими издержками и т. д.

5. Низкий уровень качества и количества оказываемых МФХ информационных и консалтинговых услуг, что обусловлено ограниченным перечнем услуг, сезонностью их работы, отсутствием финансовых средств на оплату данных услуг, отсутствием единых стандартов к оказанию консалтинговых услуг в аграрном секторе и т. д.

6. Сложность привлечения аутсорсинга в МФХ ввиду невозможности привлечения необходимого количества человек на выполнение полевых работ в условиях ограниченности времени и сезонности работ, а также высокой стоимости оплаты их деятельности и при этом низкой финансовой составляющей самого малого агропредприятия.



Рисунок 1 – Индекс производства продукции сельского хозяйства за 2022-2024 гг. [5]

Значение аграрного сектора экономики для страны невозможно переоценить, так как благодаря ему население всегда имеет доступ к необходимым продуктам питания, что обеспечивает стабильную со-

циально-экономическую ситуацию в стране. На рисунке 1 изображена статистика объемов производства продукции сельского хозяйства за 2022-2024 гг.

Анализ статистических данных об объеме производства продукции сельского хозяйства за последние несколько лет позволяет говорить о положительной тенденции производства, однако в январе-октябре 2024 года объем производимой продукции составлял 7 762,2 млрд рублей, что по сравнению с прошлым годом отстает на 3,8 %, в том числе выпуск продукции растениеводства уменьшился на 6,5 %, в частности урожай зерна в сравнении с предыдущим годом показал снижении в динамике на 13 %; одновременно с этим в животноводстве производство скота и птицы на убой за последний год составило 16,9 млн тонн, что в сравнении с прошлым годом показало положительную тенденцию, увеличив объемы производства на 2,1 % больше, рисунок 2 [6].



Рисунок 2 – Производство продуктов животноводства в хозяйствах всех категорий [5]

На рисунке 3 выделены актуальные на сегодняшний день проблемы агропромышленного комплекса России, оказывающие непосредственное влияние на экономическую безопасность малых форм хозяйствования и иных форм агропредприятий.

Решение данных проблем представляется возможным благодаря внедрению инновационных цифровых технологий в аграрный сектор, что позволит модернизировать имеющиеся ресурсы материально-технического характера в агропромышленном комплексе страны.

За счет автоматизации бизнес-процессов, использования различных цифровых платформ в агробизнесе, использования искусственного интеллекта с целью планирования и прогнозирования различных сельскохозяйственных процессов представляется возможным повышение эффективности производственной и управленческой дея-

тельности, а также устойчивости и инновационности аграрного сектора, что благоприятно скажется на развитии всего сектора экономики России в целом.

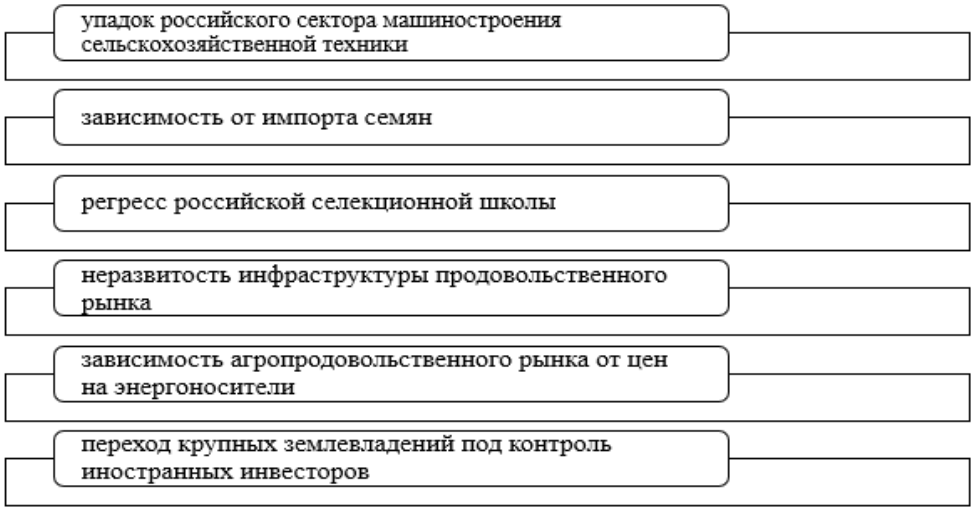


Рисунок 3 – Актуальные проблемы агропромышленного комплекса России [7]

В современных условиях развитие деятельности МФХ следует рассматривать в единой связи с цифровой трансформацией, в рамках которой происходит внедрение инновационных цифровых инструментов и механизмов в деятельность малых агропредприятий с целью оптимизации их деятельности, позволяя производить больше продукции при меньших трудозатратах.

Использование искусственного интеллекта в различных бизнес-процессах МФХ в аграрном секторе позволяет добиться следующих результатов [7, 8, 9]:

1) снижение расходов на оплату труда сотрудникам аграрного сектора за счет их сокращения в количестве и при этом увеличении их производительности труда ввиду оптимизации многих процессов и операций и сокращения времени на их выполнение самими работниками;

2) ускорение получения наиболее точных и четких данных, что позволяет наиболее оперативно и грамотно принимать управленческие решения;

3) формирование обширно информационно-аналитической базы, состоящей из множества статистических сведений и подсчетов, позволяющих свести к минимуму возможные риски в агропромышленном комплексе и спрогнозировать дальнейшее развитие событий на долгосрочную перспективу;

4) улучшение финансового состояния МФХ за счет оптимизации всех бизнес-процессов и повышения объема производства сельскохозяйственной продукции.

На сегодняшний день особую популярность во всех сферах и бизнес-процессах в АПК на разных уровнях, набирает использование искусственного интеллекта, применяемого в оптимизации процессов торговли и логистики в малых агропредприятиях. Чтобы добиться успеха необходимо идти в ногу со временем и подстраиваться под новые тренды современности, побуждающие применять цифровые технологии повсеместно [3, 4].

Помимо этого, в качестве инновационной цифровой технологии выступает использование BigData в аграрном секторе экономике, что помогает совершенствовать и оптимизировать управленческую деятельность МФХ за счет следующих факторов: проведение качественного анализа в максимально краткие сроки, повышение эффективности бизнес-деятельности малых агропредприятий; выявление определенных тенденций развития, повторяющихся через определенный промежуток времени и пр.

В рамках цифровой трансформации МФХ в современной России наблюдается оптимизация внешнеэкономической деятельности, вследствие чего отечественные агропредприятия наделяются совершенно новыми конкурентными преимуществами при экспорте производимой продукции за пределы страны. На сегодняшний день в качестве одного из таких продуктов цифровой трансформации внешнеэкономической деятельности в сельскохозяйственном производстве выступает активное использование технологии электронного таможенного декларирования груза и сельскохозяйственных товаров, позволяющего повысить эффективность сбора таможенных платежей, оптимизировать временные затраты на проведение таможенной процедуры, сделать более прозрачной процедуру таможенного оформления груза, получить наиболее актуальные и достоверные сведения с целью снижения рисков таможенного контроля.

Выводы. В современных условиях развития государства важно уделить особое внимание цифровой трансформации МФХ с целью поддержания отечественных агропроизводителей и повышения объема производства сельскохозяйственной продукции. Необходимо отметить, что благодаря комплексному подходу в решении существующих на сегодняшний день проблем в аграрном секторе представляется возможным вывести агропромышленный комплекс России на новый уровень развития посредством применения различных цифровых технологий.

Список использованной литературы

1. Волобуева Т. А. К вопросу о цифровой трансформации малых форм хозяйствования в России // Актуальные вопросы устойчивого развития современного общества и экономики. Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. С. 117-120.

2. Зубарева Ю. В. Цифровая трансформация АПК – как элемент устойчивого развития региона // International Agricultural Journal. 2021. Т. 64. № 5.

3. Инструменты оптимизации обеспечивающих бизнес-процессов малого предпринимательства в АПК региона / В. А. Кабанов, Н. Н. Скитер, Н. В. Кетько, Е. М. Солнышкина // Бизнес. Образование. Право. 2020. № 1 (50). С. 77-82.

4. Костикова А. В. Моделирование информационной системы управления персоналом в условиях цифровой трансформации // Фундаментальные исследования. 2019. № 4. С. 48-52.

5. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. http://ssl.rosstat.gov.ru/

6. Павличенк, А. А. Особенности цифровой трансформации малых предприятий агропромышленного комплекса России в современных условиях // Московский экономический журнал. 2022. Т. 7. № 1.

7. Попова Л. В. Инновационное развитие агроформирований // Инновации: от теории к практике. Брест: Брестский ГТУ, 2021. С. 25-29.

8. Попова Л. В. Особенности цифрового преобразования российского малого агробизнеса // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2021. № 2 (280). С. 83-91.

9. Проблемы цифровой трансформации малого бизнеса в России / Н. Н. Скитер, Н. В. Кетько, Д. В. Очеретяная, А. В. Редогощенко, П. Ю. Нестеров // Финансовый бизнес. 2024. № 9 (255). С. 97-99.

10. Солнышкина Е. М. Современные инструменты цифровизации в АПК региона // Экономика и предпринимательство. 2021. № 1 (126). С. 462-466.

УДК 004.81:332.1

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ АНАЛИЗЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНОВ РФ

[1]Карманов М. С., *бакалавр*
[2]Руденко А. Ю., *канд. экон. наук, преподаватель*

[1]ФГБОУ ВО ВолгГТУ
[2]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрен комплексный подход к анализу и прогнозированию устойчивого развития регионов РФ на основе методов математического моделирования и искусственного интеллекта. Актуальность статьи обусловлена растущей дифференциацией российских регионов по уровню социально-экономического развития и состоянию окружающей среды, что требует более эффективных методов и инструментов для принятия управленческих решений.

Ключевые слова: *устойчивое развитие регионов, математическое моделирование, искусственный интеллект, машинное обучение.*

Российская Федерация, обладает огромной территорией и значительной межрегиональной дифференциацией, достижение целей устойчивого развития на региональном уровне является особенно актуальной и сложной задачей [1].

Традиционные методы анализа, основанные на статистике сравнения и регрессионном анализе, как правило, не способны уловить сложные, нелинейные взаимосвязи между факторов, определяющих путь развития региона.

В таких условиях, на первый план выходят технологии математического моделирования, анализа данных, машинного обучения, а также искусственного интеллекта, которые позволяют перейти от констатации фактов к прогнозированию, сценарному анализу и выработке оптимальных управленческих решений. Цель статьи – систематизировать и раскрыть потенциал современных методов моделирования и анализа данных для определения оптимальных путей устойчивого развития регионов РФ.

Устойчивое развитие региона состоит из многокритериальной и динамической системы, которая включает в себя: экономическую, социальную и экологическую составляющую.

Каждая из составляющих, также, состоит из подпунктов.

Экономическая составляющая включает: ВРП, инвестиции, инновационную активность, диверсификацию экономики.

Социальная составляющая состоит из уровня доходов населения, качества здравоохранения и образования, демографической ситуации, а также доступа к инфраструктуре.

Экологическая составляющая включает: качество воды, воздуха, объем отходов, эффективность использования ресурсов и сохранение биоразнообразия.

Для регионов РФ характерен ряд системных проблем: сырьевая зависимость многих экономических подразделений, концентрация населения и производства в европейской части страны, деградация инфраструктуры в моногородах, высокий уровень загрязнения в промышленных центрах [3]. Текущие системы мониторинга, такие как система показателей ЦУР (целей устойчивого развития), генерируют большой, необработанный, объем данных. Для их обработки требуется более совершенный аналитический инструмент: математическое моделирование, ИИ.

Математическое моделирование позволяет формализовать процессы, протекающие в региональной социально-экономической системе и исследовать их в контролируемых условиях.

Эконометрические и регрессионные модели используются для выявления статических зависимостей между показателями УР. Например, можно построить модель, оценивающую влияние объема инвестиций в экологические технологии (X1) и уровня развития человеческого капитала (X2) на темпы роста ВРП (Y) с учетом региональных особенностей [2, 8]. Такая модель чаще всего будет линейной и не учитывать множество факторов.

Динамические модели и модели системной динамики идеально подходят для анализа устойчивого развития, так как позволяют учесть обратные связи и задержки в системе. К примеру, создается имитационная модель, где потоком являются: инвестиции, загрязнения, миграция. Потоки влияют на уровни: накопленный капитал, качество окружающей среды, численность населения. С помощью системной

динамики можно моделировать долгосрочные последствия принятия тех или иных управленческих решений, например, эффект от введения углеродного налога для промышленного региона Сибири [6].

Оптимизационные модели позволяют найти наилучшее распределение ограниченных ресурсов, таких как: бюджетные средства или природные ресурсы. В качестве целевой функции может выступать максимизация индекса человеческого развития при ограничениях на объем выбросов парниковых газов и бюджетные расходы. В таком случае, для определения оптимальных траекторий развития, необходимо использовать методы линейного и нелинейного программирования [5].

В случае если математические модели часто требуют априорных предложений о структуре системы, то алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта способны самостоятельно выявлять сложные паттерны и зависимости.

Таблица 1 – Сравнение методов математического моделирования и ИИ для задач УР

Метод	Задачи	Плюсы	Минусы
Системная динамика	Моделирование долгосрочных последствий, анализ обратных связей	Учитывает нелинейность и цикличность процессов	Сложность верификации
Оптимизационные модели	Поиск оптимального распределения ресурсов	Конкретное количественное решение	Зависимость от качества целевой функции
Методы кластеризации	Создание рейтингов регионов, по уровню и профилю устойчивости	Объективность, выявление скрытых паттернов без учителя	Сложность интерпретации кластеров, зависимость от выбора метрики и числа кластеров
Прогнозные модели	Прогнозирование ключевых показателей	Высокая точность, умение улавливать сложные нелинейные зависимости	Риск переобучения, «Черный ящик», требует больших объемов данных
Обработка естественного языка	Анализ публичной повестки	Работа с неструктурированными данными	Зависимость от качества лингвистических моделей, сложность верификации

Кластеризация и классификация регионов с помощью алгоритмов, таких как k-means или иерархическая кластеризация, позволяют объективно сгруппировать регионы РФ по схожести устойчивости. Такой подход, помогает составить рейтинг регионов, а также типизировать региональную политику.

Для прогнозирования ключевых показателей устойчивого развития можно использовать методы прогнозирование временных рядов. Наиболее эффективны алгоритмы рекуррентные нейронные сети (RNN), в частности, архитектуры LSTM (Long Short-Term Memory) и GRU (Gated Recurrent Unit). Эти модели способны улавливать сложные временные зависимости факт сезонности, что превосходит традиционные методы ARIMA (модель авторегрессии) [7].

Ансамбли моделей и градиентный бустинг. Такие алгоритмы, как XGBoost, CatBoost и LightGBM, показывают высокую точность в задачах регрессии и классификации на табличных данных. Такие данные, могут использоваться для построения интегральных индексов устойчивости, оценки значимости факторов и прогнозирования точек бифуркации и развитии регионов.

Обработка естественного языка (NLP). Технологии NLP позволяют анализировать неструктурированные данные: тексты региональных стратегий развития, новостные ленты, сообщения в социальных сетях. Такой подход позволяет оценить общественное настроение и выявить скрытые проблемы [4, 9].

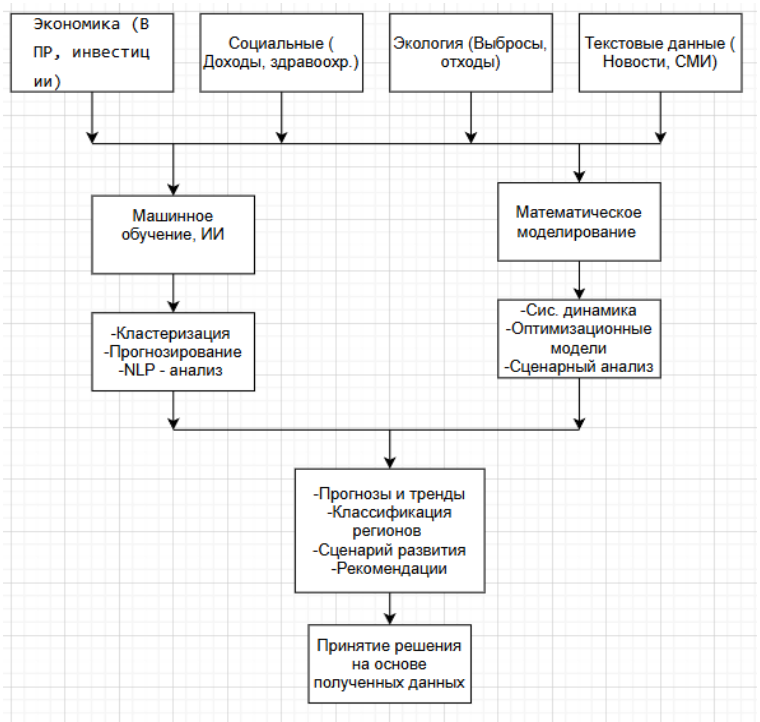


Рисунок 1 – Интеграционный подход к анализу устойчивого развития регионов РФ

Таким образом, применение математического моделирования и искусственного интеллекта способствует появлению более четких управленческих решений с предсказуемыми последствиями. Эти технологии позволяют перейти от реактивного к проактивному управлению, которое будет основано на прогнозе и глубоком понимании си-

стемных взаимосвязей. Комплексный подход, объединяющий имитационное моделирование, машинное обучение и оптимизацию, способен стать ядром интеллектуальных систем поддержки принятия решений для федеральных и региональных органов власти.

Список использованной литературы

1. Бобылев С. Н., Зубаревич Н. В., Соловьева С. В. Устойчивое развитие: методология и методики измерения. М.: Экономика, 2019. 235 с.

2. Малкин М. Ю. Исследование влияния факторов на устойчивое развитие регионов Приволжского федерального округа с помощью панельных регрессионных моделей // Экономика региона. 2020. Т. 16. № 2. С. 455.

3. Зубаревич Н. В. Социальное развитие регионов России: проблемы и тенденции переходного периода. М.: Либроком, 2018. 264 с.

4. Иванов А. А., Петрова Е. С. Анализ региональных стратегий устойчивого развития с использованием методов обработки естественного языка // Big Data и Advanced Analytics. 2021. С. 45.

5. Пахомова Н. В., Рихтер К. К. Многокритериальная оптимизация в задачах экологически устойчивого регионального развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2019. Т. 35. Вып. 3. С. 378.

6. Стерлигова А. Н. Модели системной динамики для управления устойчивым развитием промышленного региона // прикладная информатика. 2021. Т. 16. № 3 (93). С. 70.

7. Янковский К. В., Лебедев И. С. Прогнозирование социально-экономических показателей регионов РФ на основе глубокого обучения // Искусственный интеллект и принятие решений. 2022. № 1. С. 55.

8. Sustainable development of enterprises in conditions of smart ecology: analysis of the main problems and development of ways to solve them, based on artificial intelligence methods and innovative technologies / N. N Skiter, A. F. Rogachev, N. V. Ketko, A. B. Simonov, I. A. Tarasova // Frontiers in Environmental Science.2022. V. 10. 892222.

9. Fuzzy algorithmic modeling of economics and innovation process dynamics based on preliminary component allocation by singular spectrum analysis method / A. F. Rogachev, A. B. Simonov, N. V. Ketko, N. N Skiter // Algorithms. 2023. V. 16. № 1. P. 39.

УДК 658.7:631.14:004.8

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПОЧЕК В АПК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

[1]Карпов А. В., *магистрант*
[1,2]Скитер Н. Н., *д-р экон. наук, профессор*

[1]ФГБОУ ВО ВолгГТУ
[2]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Исследовано изменение логистических процессов в сфере агропромышленного комплекса под влиянием технологий, связанных с искусственным интеллектом. Проанализированы ключевые направления оптимизации, суще-

ствующие вызовы и препятствия на пути развития ИИ в отрасли и его перспективы. Особое внимание уделено мониторингу "холодовой цепи" с помощью IoT-сенсоров и алгоритмов обнаружения аномалий.

Ключевые слова: *оптимизация процесса перевозок, машинное обучение, логистическая цепочка, предиктивная аналитика, цифровая платформа, искусственный интеллект.*

Современный агропромышленный комплекс (АПК) представляет собой сложную, распределенную и сопряженную с высоким уровнем риска отрасль, в которой эффективность логистики напрямую определяет продовольственную безопасность и экономическую стабильность. «Цифровая трансформация логистических процессов становится ключевым фактором конкурентоспособности агропредприятий» [1]. Цепочка логистики в АПК – от первичного производства до конечного потребителя – характеризуется такими вызовами, как сезонность, скоропортящимся характером продукции, нестабильностью качества, длинными плечами перевозок и необходимостью соблюдения строгих температурных режимов. Традиционные подходы к управлению цепочками поставок, основанные на статическом планировании и эмпирическом опыте, уже не справляются с растущей волатильностью рынков и климатическими аномалиями.

В подобных условиях методы искусственного интеллекта становятся основным инструментом для создания гибких, устойчивых и эффективных логистических систем. «Интеграция искусственного интеллекта в управление цепями поставок позволяет перейти от реактивной к проактивной парадигме управления» [2]. Способность искусственного интеллекта обрабатывать большие объемы гетерогенных данных, выявлять сложные нелинейные зависимости и строить точные прогнозы позволяет перейти от реактивного к проактивному и предикативному управлению цепочками поставок. Актуальность темы обусловлена острой необходимостью снижения потерь сельхозпродукции (которые в России достигают 30 % по отдельным категориям), минимизации логистических издержек и повышения прозрачности всего жизненного цикла продукта.

1. Особенности и вызовы логистики в агропромышленном комплексе.

Цепочка логистики в агропромышленном комплексе обладает рядом уникальных характеристик, которые затрудняют ее управление. Пиковые нагрузки во время уборочной кампании требуют активизации значительной части транспортных и складских мощностей за короткий период. Планирование усложняется неопределенностью точных сроков созревания урожая. Более того, значительная часть сельхозпродукции относится к скоропортящейся (молочная, мясная, овощная, фруктовая). Это накладывает жесткие ограничения на сроки

и условия транспортировки и хранения, требуя управления «холодовой цепью». Натуральная продукция имеет неоднородные характеристики (состав, спелость, размер), что затрудняет стандартизацию процессов и прогнозирование конечного выхода товарной продукции, а производственные активы зачастую удалены от центров переработки и потребления, что в свою очередь приводит к длительным маршрутам и росту транспортных расходов. Отдельно стоит отметить, что цены на сельскохозяйственное сырье и готовую продукцию подвержены резким колебаниям из-за изменений погоды, макроэкономических факторов и геополитической ситуации.

Все эти вызовы обуславливают необходимость применения интеллектуальных систем, способных адаптироваться к стремительно меняющимся условиям в близком к реальному времени режиме.

2. Основные направления оптимизации логистики с применением искусственного интеллекта.

Методы искусственного интеллекта, в первую очередь машинное обучение и оптимизационные алгоритмы, находят применение во всех ключевых звеньях логистической цепочки, в таких как:

- Прогнозирование урожайности и планирование ресурсов.

Точный прогноз объема и сроков сбора урожая является основным препятствием для планирования всей последующей логистики ввиду сложностей с его предсказанием эмпирическими методами.

В прогнозировании урожайности и планирования ресурсов применяются алгоритмы регрессионного анализа, ансамбли моделей, такие как Random Forest и Gradient Boosting. Также применяется глубокое обучение (рекуррентные нейронные сети RNN, LSTM).

Модели обучаются на мультиспектральных спутниковых снимках, данных метеостанций, почвенных сенсоров, исторических данных об урожайности и агрономических практиках. «Прогнозные модели на основе машинного обучения демонстрируют точность до 92 % при прогнозировании валового сбора зерновых» [3].

В результате, заблаговременный прогноз позволяет оптимально заказывать тару, подготавливать складские мощности, заключать предварительные договоры на транспортировку и планировать графики работы перерабатывающих предприятий, избегая простоев и перегрузок.

- Динамическая маршрутизация и управление автопарком.

Задача построения оптимальных маршрутов для сбора урожая с полей и доставки до пунктов назначения является классической, но в агропромышленном комплексе она осложняется фактором времени и состояния продукции.

Для оптимизации этой области используются генетические алгоритмы, методы имитационного отжига и муравьиного алгоритма (метаэвристический алгоритм, основанный на поведении муравьиной колонии при поиске кратчайшего пути от муравейника к источнику пищи), доработанные с учетом сельскохозяйственных особенностей. Эти алгоритмы интегрируются в системы динамической маршрутизации. «Алгоритмы AI-driven маршрутизации позволяют снизить холостой пробег транспорта» [8].

При формировании маршрутов в расчет берётся текущая загруженность дорог, прогнозы погоды, состояние транспортных средств и приоритетность доставки.

В результате ожидается снижение пробега транспорта, уменьшение расхода топлива, соблюдение «окон» поставок и увеличение количества рейсов за тот же период времени. Искусственный интеллект может автоматически перенаправлять машины в случае непредвиденных обстоятельств (дорожные пробки, поломка).

- Предиктивное управление складскими запасами и цепочками поставок.

Задача поддержания достаточного уровня запасов на элеваторах, складах готовой продукции и в торговых сетях критически важна для предотвращения как дефицита, так и затоваривания. Для решения этой задачи применяются модели прогнозирования спроса (временные ряды, LSTM), а также алгоритмы обучения с подкреплением для принятия решений о восполнении запасов в условиях неопределенности. Анализируются исторические продажи, акции, макроэкономические индикаторы, данные о передвижениях товаров на складах в реальном времени.

Использование ИИ в данной сфере позволяет снизить затраты на хранение, минимизировать потери от истечения срока годности и повысить оборачиваемость запасов без ущерба для уровня сервиса.

- Мониторинг и управление «холодовой цепью».

Мониторинг и управление «холодовой цепью» связаны с сохранением качества скоропортящейся продукции на всем пути следования.

Для оптимизации управления «холодовой цепью» используют алгоритмы машинного обучения (в частности, аномалий детекшн) анализируют поток данных с IoT-датчиков, установленных в рефрижераторах и контейнерах. Датчики в режиме реального времени передают информацию о температуре, влажности, концентрации этилена, вибрации, местоположении и других показателя. Система позволяет заблаговременно узнать о риске отклонения температурного режима, предотвращая порчу партии. На основе накопленных данных ИИ может рекомендовать оптимальные настройки рефрижераторного оборудования для конкретного типа продукции, экономя энергию.

«Интеллектуальные системы мониторинга температуры позволяют снизить потери скоропортящейся продукции» [6].

3. Синергетический эффект. Интеллектуальные платформы для управления цепочками поставок.

Наибольшую ценность представляют не разрозненные решения, а интегрированные платформы, которые объединяют все перечисленные модули.

- Цифровая платформа «от поля до прилавка».

Такие платформы выступают в роли объединенной системы для всех участников цепочки: фермеров, транспортировщиков, переработчиков, дистрибьюторов и продавцов. Алгоритмы искусственного интеллекта на основе консолидированных данных автоматически подбирают наиболее подходящие производственные и логистические планы. В режиме реального времени перераспределяют ресурсы в ответ на сбои (такие как, поломка комбайна или транспортного средства). Обеспечивают сквозную прослеживаемость, что оказывает положительное влияние на доверие потребителей и облегчает процедуру сертификации. «Цифровые платформы создают синергетический эффект, повышая прозрачность и эффективность всей агропродовольственной цепочки» [7].

- Использование технологий распределенного реестра (Blockchain) в связке с искусственным интеллектом.

Blockchain обеспечивает неизменяемость и прозрачность данных о движении продукции. ИИ, имея доступ к этой достоверной информации, может:

- автоматически верифицировать выполнение смарт-контрактов (например, выплачивать бонусы за поставку продукции определенного качества);

- точно идентифицировать источник брака или заражения при возникновении чрезвычайной ситуации, уменьшая время на отзыв партии.

4. Проблемы и трудности внедрения.

Широкому распространению ИИ в логистике АПК России препятствуют несколько серьезных барьеров:

Крупные агрохолдинги активно внедряют инновации, в то время как малые и средние фермерские хозяйства часто не имеют средств, компетенций и даже стабильного доступа в интернет для использования таких решений, что в результате приводить к значительному цифровому разрыву и неравенству между участниками сельскохозяйственной промышленности. «Внедрение технологий "умного сельского хозяйства" требует преодоления значительного цифрового неравенства» [4, 5].

Для обучения эффективных моделей необходимы большие массивы размеченных данных. Во многих хозяйствах данные фрагментированы, хранятся в неструктурированном виде или отсутствуют вовсе.

Отсутствие нормативно правовой базы и стандартов, регулирующих деятельность и использование искусственного интеллекта в логистике агропромышленного комплекса может значительно замедлить широкое распространение в России.

Еще одним серьезным барьером является высокая стоимость внедрения и эксплуатации. Разработка или приобретение ПО, закупка датчиков, оплата услуг облачных платформ и содержание штата аналитиков данных требуют значительных затрат. Кроме того, ситуация усугубляется недостатком квалифицированных кадров. Отрасль испытывает острый дефицит специалистов, которые понимают одновременно специфику АПК, логистику и методы Data- Science. На данный момент большая доля участников сельскохозяйственного рынка не располагает достаточными ресурсами и не готова к внедрению ИИ в деятельность своих предприятий ввиду устаревшей материально технической базы.

Многие компании в РФ являются консервативными в плане внедрения ИИ. Оно часто сопровождается изменением бизнес-процессов и страхом сотрудников перед автоматизацией и возможным сокращением. Также использование искусственного интеллекта требует серьезных доработок в сфере информационной безопасности и защиты конфиденциальной информации (персональные данные и коммерческая тайна).

5. Перспективы развития.

Будущее оптимизации логистики в АПК связано с развитием многих направлений таких как, автономные логистические системы, прескриптивная аналитика, гиперперсонализированные цепочки поставок и Моделирование устойчивости к сбоям.

В рамках развития автономных логистических систем уже тестируются беспилотные грузовики на базе КамАЗ. Перспективным направлением являются дроны для доставки продукции в труднодоступные районы, управляемые ИИ.

Прескриптивная аналитика – это следующий этап после предиктивной: системы ИИ будут не только прогнозировать события, но и автоматически генерировать и реализовывать оптимальные решения.

Моделирование устойчивости к сбоям (resilience) подразумевает то, что алгоритмы будут оценивать уязвимость цепочек поставок к различным рискам (климатическим, геополитическим, эпидемиологическим) и предлагать стратегии для их укрепления.

Положительное влияние на развитие технологий в отрасли оказывает государственная поддержка. Различные субсидии и привилегированные условия, такие как сельская ипотека и другие меры поддержки бизнеса стимулируют темпы роста.

Заключение. Применение методов искусственного интеллекта для оптимизации логистических цепочек в агропромышленном комплексе является не просто технологическим трендом, а стратегической необходимостью для повышения конкурентоспособности и стабильности отрасли. От прогнозирования урожая и интеллектуальной маршрутизации до управления запасами и холодовой цепью – искусственный интеллект демонстрирует потенциал для значительного понижения издержек, минимизации потерь и повышения прозрачности деятельности.

Несмотря на существующие барьеры, связанные с стоимостью, кадрами и данными, предполагаемый экономический эффект от интеграции является значимым стимулирующим фактором в пользу цифровой трансформации отрасли. Успешное внедрение этих технологий требует комплексного подхода, включающего государственную поддержку, развитие цифровой инфраструктуры на селе и подготовку нового поколения аграриев, овладевших цифровыми компетенциями. «Цифровая трансформация логистики в АПК является основой для обеспечения продовольственной безопасности страны» [1]. В перспективе это приведет к формированию принципиально новой, «умной» и высокоэффективной логистической экосистемы агропромышленного комплекса. На данный момент наблюдаются шаги в этом направлении и есть примеры успешного внедрения подобных технологий в отрасли, но до полной цифровой трансформации отрасли еще далеко. При условии, что государство продолжит задавать вектор развития и создавать благоприятные условия для развития информационных технологий в логистике сельского хозяйства отрасль станет более конкурентоспособной и эффективной.

Список использованной литературы

1. Агропромышленный комплекс России: цифровая трансформация логистики: монография / А. И. Петров [и др.]. Москва: ИНФРА-М, 2022. 245 с.

2. Искусственный интеллект в управлении цепями поставок: сборник статей международной научно-практической конференции / сост. А. В. Козлов. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 187 с.

3. Смирнов К. А. Применение методов машинного обучения для прогнозирования урожайности и оптимизации логистики в АПК // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2023. № 5. С. 45-53.

4. Солнышкина Е. М., Скитер Н. Н. Современные инструменты цифровизации в АПК региона // Экономика и предпринимательство. 2021. № 1 (126). С. 462-466.

5. Умное сельское хозяйство: технологии и перспективы / отв. ред. М. В. Орлова. Москва: КолосС, 2020. 312 с.

6. Balan R. Intelligent Cold Chain Management Using IoT and AI for Perishable Goods // Food Logistics. 2022. V. 15. No 3. Pp. 112-125.

7. Digital platforms in agri-food supply chains: A systematic review / G. Ivanov [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. 2023. Vol. 204. Article 107561.

8. Chen, L. AI-driven routing optimization in agricultural logistics: models and applications // Transportation Research. 2021. V. 89. Pp. 78-94.

УДК 631.152:004.6

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АГРАРНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ: МИКРОСЕРВИСЫ, API И ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ

[1]Кашуба А. Д., *студент*
[1]Рябова В. В., *студент*
[1]Нестеров П. Ю., *преподаватель*
[2]Конченкова Е. И., *канд. экон. наук, преподаватель*

[1]ФГБОУ ВО ВолгГТУ
[2]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Статья носит прикладной характер и посвящена вопросам цифровизации управления аграрным предприятием. В ней рассматривается архитектура цифровой платформы с использованием микросервисов и API как формы построения гибкой, масштабируемой системы. Содержание охватывает как теоретические основы, так и практические аспекты реализации таких платформ, включая примеры их внедрения. Работа относится к междисциплинарным исследованиям на стыке информационных технологий и агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: *цифровые платформы, микросервисная архитектура, API, интеграция данных, IoT, управление сельским хозяйством.*

Цифровая трансформация считается одним из ключевых драйверов развития современного сельского хозяйства. Традиционные методы повышения продуктивности аграрного производства во многом исчерпали себя, поэтому для дальнейшего роста требуется внедрение новых технологий – в частности, цифровых платформ. В условиях глобализации рынков и усиления конкуренции аграрному бизнесу необходимы инструменты, обеспечивающие высокую адаптивность и скорость принятия решений. Таким инструментом выступает цифровая платформа управления предприятием, которая позволяет аграриям ускорить обработку данных, сократить издержки и оптимизировать все процессы – от поля до рынка, что в итоге повышает общую эффективность работы организации [1, 5, 7].

Настоящая статья посвящена цифровой платформе, которая в контексте агропромышленного комплекса представляет собой комплекс программных сервисов, объединяющий данные о производстве (поля, посевы, урожай), технике и оборудовании, персонале, финансах и внешней среде (погодные условия, рынки сбыта и пр.). Главная цель такой платформы – предоставить руководству и специалистам хозяйства целостную картину в реальном времени для поддержки управленческих решений. Например, современные платформы агрегируют показания многочисленных датчиков на полях и сельхозтехнике, данные спутникового мониторинга, метеосводки, а также информацию из бизнес-

систем (складской учет, затраты и пр.). В результате руководитель хозяйства получает сводные показатели и аналитику, позволяющие планировать и контролировать процессы, своевременно реагировать на отклонения и снижать влияние человеческого фактора. Это особенно важно, поскольку в сельском хозяйстве любая ошибка или задержка может привести к серьёзным потерям и финансовому ущербу.

Однако создание эффективной цифровой платформы для АПК сопряжено с рядом технологических вызовов. Необходимо обработать большие объёмы разнородных данных, обеспечить надёжную работу системы в сезон пиковых нагрузок, интегрировать множество внешних сервисов и устройств, а также предоставить удобные инструменты для разных категорий пользователей (агрономов, инженеров, экономистов). Для решения этих задач перспективным подходом является использование микросервисной архитектуры и открытых API (интерфейсов прикладного программирования) при разработке платформы. Рассмотрим эти технические аспекты подробнее.

Микросервисная архитектура (Microservices Architecture) представляет собой современный подход к созданию программных систем, при котором функциональность разбивается на ряд небольших, независимых сервисов. Каждый микросервис выполняет строго определённую задачу и взаимодействует с другими компонентами через чётко описанные интерфейсы. Такой подход особенно актуален в сфере цифровизации сельскохозяйственного производства, где информационные потоки сложны и разнообразны. Вместо громоздкого монолитного решения, охватывающего все бизнес-функции от телеметрии до аналитики, создаётся распределённая система специализированных сервисов. Например, один модуль отвечает за сбор данных с датчиков техники, другой контролирует состояние посевов, третий занимается планированием работ, а четвёртый – учётом ресурсов.

Преимуществом микросервисной архитектуры является её масштабируемость: каждый сервис можно разворачивать и масштабировать независимо, что особенно важно в периоды повышенной нагрузки, например, во время посевной кампании. Это повышает производительность системы и её способность обрабатывать большие объёмы данных. Кроме того, архитектура устойчива к сбоям: выход из строя одного сервиса не влияет на работу остальных, что снижает риск полной остановки цифровой платформы. Локальные ошибки могут быть быстро устранены, а нужные модули-перезапущены без ущерба для всей системы.

Дополнительным достоинством является гибкость и адаптивность: добавление нового функционала, например, модуля прогнозирования заболеваний растений с применением искусственного интеллекта, не требует пересмотра всей архитектуры. Такой модуль может

быть реализован как отдельный сервис и подключён к платформе через API. Это позволяет ускорить внедрение инноваций, а также поддерживать быструю эволюцию системы в условиях меняющихся требований агробизнеса.

Микросервисная архитектура также хорошо приспособлена к работе с разнородными источниками данных, характерными для аграрной сферы. Специализированные сервисы обрабатывают телеметрию, спутниковые изображения, данные с БПЛА, экономические параметры и т. д., каждый используя оптимальные алгоритмы и форматы. Благодаря этому обеспечивается эффективная интеграция информации, поступающей из разных систем, в единую аналитическую среду.

Наконец, важным преимуществом является улучшение информационной безопасности. Каждый микросервис имеет ограниченный доступ к данным и функционалу, что позволяет более точно настраивать права пользователей и предотвращать несанкционированное распространение информации. Примером может служить платформа IRRISENS, реализованная на основе микросервисной архитектуры, где каждый фермер получает доступ только к своим данным [3], а техническая изоляция исключает их смешивание между пользователями.

Таким образом, микросервисная архитектура формирует надёжную, масштабируемую и безопасную основу для построения цифровых платформ в АПК. Однако для полноценного функционирования таких систем необходимо обеспечить согласованность и стандартизацию взаимодействия между отдельными компонентами, что достигается с помощью API–интерфейсов прикладного программирования.

API (Application Programming Interface), или интерфейс прикладного программирования, представляет собой совокупность методов и протоколов, обеспечивающих взаимодействие между программными компонентами. В контексте цифровых платформ для аграрного сектора открытые API играют ключевую роль в обеспечении интеграции данных. Они предоставляют унифицированные точки доступа к внутренним и внешним источникам информации, включая сенсоры, производственное оборудование, программные решения сторонних разработчиков и различные онлайн-сервисы.

Большинство современных API реализованы на основе REST-протокола с применением форматов данных JSON или XML, что обеспечивает их совместимость, лёгкость в использовании и независимость от конкретного программного стека. Это особенно важно при подключении IoT-устройств – аграрных датчиков и контроллеров, таких как метеостанции, датчики влажности почвы и GPS-трекеры. Благодаря RESTful API такие устройства могут оперативно передавать данные в облачную платформу, где они обрабатываются или сохраняются для последующего анализа. Простота интерфейса и его легко-

весность делают возможным работу даже на устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами.

Существенную роль API играют в организации взаимодействия с внешними сервисами. Так, через погодные API можно получать актуальные метеосводки, что критически важно при планировании полевых работ. Кроме того, обеспечивается интеграция с картографическими и спутниковыми платформами, финансовыми учреждениями и сервисами дистанционного зондирования Земли. Унификация протоколов обмена позволяет легко добавлять новые источники данных по мере развития цифровой системы.

Внутри предприятия API обеспечивают связность между цифровой платформой и существующими корпоративными системами, такими как 1С или государственные информационные ресурсы. Это позволяет автоматизировать передачу данных, например, по площадям посевов или расходу топлива, и исключить дублирование операций. Подобные интеграции высоко ценятся аграриями, так как упрощают документооборот и обеспечивают оперативность управленческих решений.

Кроме того, API делают цифровую платформу расширяемой и открытой для взаимодействия с внешними разработчиками. На примере компании John Deere видно, как открытие API к платформе MyJohnDeere [4] позволило сторонним разработчикам создавать приложения, совместимые с системой. Это дало пользователям возможность подключать дополнительные модули и делиться данными с консультантами или сервисными компаниями, получая более точные рекомендации. Такая открытость также позволила интегрировать инновационные решения, например, с платформами аэрофотосъёмки типа DroneDeploy, благодаря чему данные с беспилотников автоматически поступают в систему агроменеджмента.

Наконец, использование API даёт возможности для централизованного управления интеграциями. Системы API-менеджмента позволяют контролировать доступ к данным через ключи и токены, мониторить обращения к интерфейсам, устанавливать ограничения по нагрузке и обеспечивать безопасность каналов связи. Такие средства особенно актуальны в условиях масштабного внедрения IoT-устройств и подключения множества внешних компонентов. Повышенная наблюдаемость и управляемость процессов делает архитектуру платформы устойчивой и доверенной.

Таким образом, API являются неотъемлемой частью цифровой платформы в аграрном секторе, обеспечивая её гибкость, совместимость и масштабируемость [6]. В сочетании с микросервисной архитектурой они позволяют интегрировать различные функциональные блоки и внешние источники данных в единую управляемую информационную систему.

В последние годы появилось множество примеров успешного применения цифровых платформ для управления агробизнесом, как за рубежом, так и в России. Отметим некоторые из них и проиллюстрируем достигаемые результаты.

Одной из известных отечественных разработок является платформа «АгроСигнал» [1, 2], предназначенная для комплексного управления сельскохозяйственным производством. «АгроСигнал» представляет собой облачную систему, которая в режиме реального времени собирает и обрабатывает данные с множества датчиков и устройств (GPS-трекеры на технике, датчики топлива и работы двигателей, датчики влажности почвы и др.), а также позволяет пользователям вводить оперативную информацию через мобильные приложения. Платформа предоставляет руководителям сводные панели мониторинга: отображает текущие работы на полях, показатели состояния посевов, перемещения и загрузку техники, расход ГСМ, выполнение заданий и т. д. На основе этих данных можно планировать сельхозработы, оптимизировать севообороты и контролировать исполнение технологических операций.

Внедрение такой цифровой системы даёт измеримые экономические эффекты. По данным компании-разработчика, хозяйства, использующие «АгроСигнал», добиваются значительного повышения ключевых показателей. В частности, отмечено увеличение рентабельности бизнеса до 25 % за счёт сокращения издержек (благодаря более рациональному использованию техники, топлива, удобрений и снижению потерь). Производительность работ возрастает до 50 %, что связано с лучшей организацией труда и своевременным выполнением операций. На 15 % увеличивается урожайность культур за счёт оперативного реагирования на риски (вредители, болезни, погодные аномалии) и оптимизации агротехнологий. Кроме того, фиксируется экономия материальных ресурсов и ГСМ до 50 % благодаря прозрачному учёту и контролю норм расхода. Эти впечатляющие результаты подтверждают, что цифровая платформа способна существенно повысить эффективность сельхозпроизводства на практике.

Важно отметить, что эффекты достигаются за счёт комплексного улучшения управляемости: платформа обеспечивает прозрачность процессов, предотвращает многие ошибки и простои, уменьшает влияние человеческого фактора. Например, система «АгроСигнал» автоматически формирует путевые листы для техники и контролирует их выполнение, помогает соблюдать технологические регламенты, предоставляет агрономам инструменты агроскаутинга (оценки состояния полей через мобильное приложение). Аналитические модули в реальном времени сравнивают плановые и фактические показатели и

сигнализируют о отклонениях, что позволяет руководству мгновенно принимать меры. В результате снижаются незапланированные потери урожая и ресурсов.

На мировом уровне известны и другие примеры цифровых агроплатформ. Компания Corteva (международный агрохимический гигант) запустила платформу цифрового земледелия, интегрирующую ИИ-аналитику для индивидуальных рекомендаций фермерам по управлению урожаем. Компания Cropwise предлагает облачную систему, объединяющую данные с полей, погодных сервисов и техники для поддержки решений в режиме реального времени [6]. Многие из этих решений также строятся по микросервисному принципу и поддерживают открытые API, что позволяет аграриям комбинировать лучшие инструменты из разных источников в своей практике.

Отдельного упоминания заслуживает развитие цифровых платформенных экосистем в агробизнесе. Помимо управленческих функций внутри хозяйства, платформы начинают связывать между собой различных участников рынка – фермеров, поставщиков, переработчиков, трейдеров. Примером служит международная платформа GrainChain [7], ориентированная на рынок зерновых: она позволяет производителям, элеваторам и покупателям напрямую взаимодействовать, заключать сделки, отслеживать движение продукции и получать финансовые услуги на основе смарт-контрактов. Хотя GrainChain больше фокусируется на цепочке поставок, технически она также реализована как облачная платформа с модульной архитектурой и множеством интеграций. Её успех демонстрирует, что цифровые платформы перспективны не только на уровне отдельного предприятия, но и для межорганизационного взаимодействия в отрасли. В конечном счёте, объединение внутренних управленческих платформ с внешними отраслевыми экосистемами – это путь к полной цифровизации агропромышленного комплекса.

Цифровая трансформация АПК невозможна без внедрения современных информационных систем управления. Цифровые платформы для аграрных предприятий, основанные на микросервисной архитектуре и интеграции данных через открытые API, зарекомендовали себя как эффективный инструмент повышения конкурентоспособности сельского хозяйства. Разделение системы на микросервисы обеспечивает масштабируемость, отказоустойчивость и гибкость при доработке функций, что особенно важно в условиях динамичных изменений агротехнологий и климатических вызовов. Использование API стандартизует обмен данными, позволяя объединить в единую систему устройства Интернета вещей, внешние сервисы и корпоративные приложения, тем самым создавая единое информационное пространство хозяйства.

Практический опыт внедрения подобных платформ (как отечественных, так и зарубежных) свидетельствует о существенных экономических выгодах: снижение издержек, рост продуктивности и урожайности, улучшение качества управления на основе данных. Цифровая платформа выступает своеобразным «нервным центром» агропредприятия, где в режиме реального времени консолидируются и анализируются данные, обеспечивая поддержку принятия решений на всех уровнях.

Можно ожидать, что в ближайшие годы развитие микросервисных облачных платформ с богатой API-экосистемой продолжится. Будут появляться новые модули, в том числе с элементами искусственного интеллекта для предиктивной аналитики, а также расширяться интеграция со смежными отраслями (логистика, финансирование, сбыт). Для российского АПК подобные решения открывают путь к повышению конкурентоспособности на внутреннем и мировом рынках, позволяя более эффективно использовать ресурсы и быстро внедрять инновации.

В заключение, создание цифровой платформы управления аграрным предприятием на базе микросервисов и API – это не дань моде, а объективная необходимость для аграрного сектора будущего, где данные и технологии становятся столь же ценным ресурсом, как земля и вода [8]. Предприятия, успешно освоившие этот инструмент, получают ощутимые преимущества в виде устойчивого роста и адаптивности к новым условиям ведения сельского хозяйства.

Список использованной литературы

1. Практика применения цифровых сервисов в агробизнесе и концепция развития СИС. 2023. Agrosignal.com

2. Сельское хозяйство: АгроСигнал // Программные разработки российских корпораций. 2025. ComNews.ru

3. Filev M. R., Ballester Lurbe C., Agrahari Baniya A., Hornbuckle J. IRRISENS: IoT Platform Based on Microservices Applied in Commercial-Scale Crops Working in a Multi-Cloud Environment // Sensors. 2020. Vol. 20. № 20. P. 7163.

4. John Deere Developer Portal – John Deere предоставляет API для интеграции приложений с платформой MyJohnDeere // Sensedia Blog. 2025.

5. Latenkova A. V. Цифровая трансформация сельского хозяйства в Республике Беларусь // Вестник БИП. 2021. № 8 (1). С. 15-19.

6. Sensedia (Blog). Mastering Industry 4.0: Navigating Digital Transformation with Microservices and APIs – Sensedia. 2025.

7. Стамова Д. В., Дубовицкий А. А. Внедрение цифровых платформ на агропродовольственном рынке // Сборник научных трудов. 2024. № 4. С. 15-23.

8. Шерешева М. Ю., Беляев А. А. Цифровые платформы в агробизнесе: технологическая основа взаимовыгодного взаимодействия игроков рынка // Крестьяноведение. 2024. Т. 9. № 4. С. 257-279.

УДК 330.45+004.8

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СЛАБОФОРМАЛИЗОВАННЫХ ОБЛАСТЯХ ЭКОНОМИКИ

Конченкова Е. И., *канд. экон. наук, преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены перспективы применения методов искусственного интеллекта в слабоформализованных областях экономики. Актуальность исследования обусловлена быстро растущей ролью новых цифровых технологий в современном экономическом развитии, а также необходимостью поиска новых подходов к решению многофакторных задач. Раскрыты основные направления применения ИИ, включая анализ рынка, управление персоналом, инновационное развитие и прогнозирование.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, слабоформализованные области экономики, большие данные, перспективы применения ИИ.*

В настоящее время существует достаточно большое количество уже достаточно хорошо формализованных и структурированных областей экономики. К таким областям можно отнести бухгалтерский и налоговый учет, оптимизацию производства и другие. Но все же есть проблемы, которые малоизучены и слабо структурированы или не структурированы еще совсем. Так, малоизученными или наименее исследованными областями экономики можно считать те направления, в которых данные могут быть ограничены, слабо развиты теории, либо же быстро меняется влияние политики и технологий.

Несмотря на все вышесказанное, многие на настоящий момент еще не получившие свою популярность области экономики являются интересными и востребованными в будущем. Так, например, очень перспективным направлением является изучение экономики цифровой инфраструктуры и платформенных сервисов. Все чаще и чаще в малом бизнесе внедряются различные платформы, что может влиять на трудовую занятость (минимизируется необходимость в рабочей силе в силу автоматизации процессов, что влечет снижение уровня затрат на оплату труда и различные отчисления). Так же интересно изучать работу моделей ценообразования в условиях ограниченного доступа к капиталу, а также роль норм и правил поведения пользователей и данных.

Так же очень интересными являются эволюционная экономика и динамика неравенства во времени. Методы искусственного интеллекта могли бы способствовать изучению изменений неравенства в разных фазах экономических циклов, а также в прогнозировании того, какие микроосновы адаптации и инноваций могут привести к долгострочным траекториям.

Искусственный интеллект также может найти свое применение в формализации экономики неопределенности и принятия решений в условиях быстрого технологического прогресса. В условиях неопределенности и риска достаточно сложно спрогнозировать процесс оценивания субъектами оценку будущего и принятия риска, а также процесс влияния неопределенности на инвестирование и инновации без ясной теории риска.

Также искусственный интеллект достаточно применяется в медицине. Так, часто применяется классификация изображений с помощью искусственного интеллекта в анализе рентгенографических снимков. Но интересным может быть попытка использования искусственного интеллекта в здравоохранения в условиях недообеспечения, например – оптимизации распределения ограниченных медицинских услуг (например, в малочисленных или удаленных населенных пунктах), стоимости профилактики.

Один из интересных вопросов применения искусственного интеллекта – применение математического аппарата в неформальной экономике в переходных и периферийных регионах. Неформальными рынками являются нерегистрируемые сделки с различными экономическими ресурсами. Практически в 100 % случаев условия подобного рода сделок будут отличаться от тех, которые существуют в рыночной экономике в целом. Такими рынками можно считать семейные рынки труда. На предпринимателя в свое свободное от работы время на таких рынках работают члены его семьи. Так же примером подобных неформальных рынков являются ссуды денег друзьям в долг, торговля на стихийных рынках, бартерные обмены. Неформальные рынки относятся к неформальному сектору экономики, не учитываемому официальной статистикой, а также не включаются в регулярно рассчитываемый ВВП. Именно по вышеуказанным причинам применение методов искусственного интеллекта было бы очень интересным.

Немногие также задумывались о способах создания, защиты и монетизации компаниями знаний своих сотрудников в условиях ограниченного доступа к лицензиям. Данная экономика знаний, а также интеллектуальная собственность в компаниях малого и среднего бизнеса еще достаточно слабо формализована. Но может представлять высокий интерес для исследователей, занимающихся вопросами использования искусственного интеллекта.

Помимо экономики знаний, еще одной слабо формализованной и очень интересной для изучения областью экономики можно назвать экономику доверия и социальных сетей на уровне сообществ. Искусственный интеллект в данном случае можно было бы использовать для определения уровня влияния различных социокультурных факторов на поведение потребителей и мобилизацию различных ресурсов в сообществах.

Все вышеуказанные отрасли экономики весьма обширны, слабо формализованы и трудно поддаются на первый взгляд какому-либо математическому описанию. Тем не менее, можно было бы использовать для описания слабоструктурированных областей экономики именно технологии искусственного интеллекта, такие, как:

- методы машинного обучения – для автоматического обучения различных экономических моделей на основе данных для прогнозирования и классификации объектов;
- методы обработки естественного языка – для анализа больших текстов, речи, генерации различного контента;
- методы роботизированной автоматизации – для выполнения структурированных цифровых задач;
- методы глубокого обучения – для прогнозирования и классификации объектов исследования с использованием сложных алгоритмов;
- методы эволюционного моделирования – для использования различных генетических алгоритмов и мультиагентных систем.

Все вышеуказанные методы искусственного интеллекта могут быть применены, например, для управления взаимоотношениями с поставщиком (автоматизация оценки благонадежности новых поставщиков на основании анализа big data), сбора и анализа информации из различных источников, обработки документов в различных форматах с помощью различных методов и алгоритмов распознавания.

Внедрение методов искусственного интеллекта в слабо формализуемые и малоизученные области экономики может открывать достаточно большое количество возможностей:

- снижение влияния различных субъективных факторов на результаты анализа информации;
- создание новых бизнес-моделей на основании анализа big data;
- возможность автоматизации различных рутинных процессов, а также освобождение значительного количества времени специалистов для их творческой работы;
- снижение возможных издержек, связанных с процессом принятия решений;
- ускорение обработки потока информации.

При этом использование методов искусственного интеллекта в слабо формализованных областях экономики могут создавать новые возможности для открытия новых экономических рынков, формирования цифровых экосистем (что достаточно актуально в современном мире), а также для разработки инновационных продуктов и услуг.

Помимо преимуществ использования методов искусственного интеллекта, могут в данном случае возникать и определенные ограничения и вызовы:

- может возникнуть потребность в значительном объеме инвестиций во внедрение новых технологий;

- периодически возникающие этические вопросы, вязанные с использованием искусственного интеллекта;

- будет возрастать потребность в подготовке высококвалифицированных специалистах в области искусственного интеллекта и обработки больших данных;

- также будут все чаще встречаться проблемы, связанные с защитой данных, а также информационной безопасности.

В рамках этических аспектов будут появляться такие ограничения и вызовы, как:

- обеспечение прозрачности используемых алгоритмов;

- ответственность за принятие решений. Несмотря на перспективы использования, искусственный интеллект всегда будет оставаться продуктом, созданным человеком. При использовании искусственного интеллекта могут возникать ошибки из-за некачественного набора данных, предвзятости в обучении или других непреодолимых обстоятельств;

- может возникать проблема предвзятости, возникающая из-за обучения алгоритмов, обучающихся на данных, скрывающих скрытые предубеждения. Данная проблема может возникать к различного рода дискриминационным решениям различных сферах: наём персонала; судебная система; кредитный скоринг.

Могут также возникать и технические ограничения:

- качество используемых данных для обучения моделей;

- сложность интерпретации результатов, полученных в результате обработке информации;

- при поступлении новой информации построенные модели необходимо постоянно обновлять.

Но помимо вызовов и ограничений, применение искусственного интеллекта в слабо формализованных отраслях экономики могут возникать определенный экономический эффект:

- применение искусственного интеллекта может способствовать снижению издержек (уменьшение затрат на персонал, сокращение числа возможных ошибок, автоматизация рутинных операций);

- рост эффективности (увеличение производительности; ускорение различных экономических и производственных процессов; повышение качества предоставляемых услуг).

В целом, искусственный интеллект постепенно становится одним из ключевых инструментов работы со слабо формализуемыми процессами в российской экономике. Его применение может позволить повышать эффективность принимаемых решений, снижать влия-

ние различных субъективных факторов, а также создавать более точные модели прогнозирования. Однако не стоит забывать о том, что успешное внедрение искусственного интеллекта будет требовать комплексного подхода и учета всех возможных рисков и ограничений. Именно поэтому важно помнить о необходимости постепенного внедрения технологий искусственного интеллекта с учетом специфики конкретной отрасли экономики.

Список использованной литературы

1. Рогачев А. Ф., Мелихов Е. В., Плещенко Т. В. Нейросетевая система управления программируемым аграрным производством с использованием ретроспективных данных и результатов дистанционного зондирования. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2021. 172 с.
2. Нечеткое когнитивное моделирование региональной продовольственной безопасности: математическое обеспечение и инструментальные средства / А. Ф. Рогачев, А. Г. Гагарин, Е. В. Мелихова, Т. В. Плещенко. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2019. 172 с.
3. Tereliansky P. V. Analysis of Innovative Projects of Early Development Stages Using Neural Networks // "Smart technologies" for society, state and economy, Volgograd: Springer, 2021. Pp. 56-65.
4. Пономарев А. А., Савицкий Е. В. Компьютерное зрение: основные алгоритмы и примеры использования // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы XIV Международной научно-практической конференции молодых исследователей. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. Т. 5. С. 242-244.
5. Терелянский П. В. Исследование подходов к проектированию технологии кадрового учета // Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика: сборник научных статей VI Международного научного форума. Москва: Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, 2024. С. 155-159.
6. Шаг в будущее: глобальный форсайт, искусственный интеллект и стратегическое лидерство: сборник научных статей VII Международного научного форума. Москва: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2025. 256 с.
7. Конченкова Е. И. Венчурные фонды и ангелы-инвесторы: сходства и отличия. Возможности для моделирования // Научные исследования в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития: сборник научных статей по материалам XIV Международной научно-практической конференции. Уфа: ООО "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2024. С. 183-189.
8. Терелянский П. В. Исследование подходов к проектированию технологии кадрового учета // Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика: сборник научных статей VI Международного научного форума. Москва: Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, 2024. С. 155-159.
9. Кузнецов С. Ю. Процесс формирования цен на продукты стартапов // Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика: Сборник научных статей VI Международного научного форума. Москва: Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, 2024. С. 218-222.
10. Костикова А. В. Применение теории нечетких множеств в задаче оценки конкурентоспособности продукции // E-Management. 2023. Т. 6. № 2. С. 37-48.

УДК 004.93:004.032.26

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ К ПЕРЕОБУЧЕНИЮ СОВРЕМЕННЫХ АРХИТЕКТУР НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Кузьмин В. А., *канд. экон. наук, преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проведён сравнительный анализ современных архитектур нейронных сетей по трём ключевым критериям: точности, вычислительной эффективности и устойчивости к переобучению.

Ключевые слова: *нейронные сети, сравнительный анализ, переобучение, вычислительная эффективность, компьютерное зрение.*

В последние годы наблюдается беспрецедентный рост как сложности, так и разнообразия архитектур нейронных сетей. От классических свёрточных сетей (CNN) до трансформеров и гибридных моделей – каждая новая архитектура заявляет о превосходстве в точности, скорости или масштабируемости. Однако за обилием архитектурных инноваций всё чаще теряется системный взгляд на их реальные эксплуатационные характеристики: насколько новая модель действительно эффективна с вычислительной точки зрения? Насколько устойчива к переобучению при ограниченных данных? И, главное, как соотносятся между собой точность, ресурсоёмкость и обобщающая способность?

Эти вопросы приобретают особую актуальность в условиях, когда нейросетевые решения всё чаще внедряются в ресурсоограниченные среды – от мобильных устройств до встроенных систем и edge-серверов. Оптимизация под одну метрику (например, точность на ImageNet) без учёта вычислительных затрат или склонности к переобучению может привести к неэффективным или ненадёжным решениям на практике.

Целью нашего исследования является проведение систематического сравнения ключевых характеристик современных нейросетевых архитектур, включая производительность (accuracy), вычислительную эффективность (FLOPs, время инференса, потребление памяти) и устойчивость к переобучению (разрыв между обучающей и валидационной ошибкой, поведение при малом объёме данных).

Научная новизна работы заключается в комплексном подходе к сравнению архитектур: в отличие от большинства публикаций, фокусирующихся преимущественно на точности, в данном исследовании акцент сделан на триаду метрик, критически важных для практическо-

го применения моделей. Кроме того, работа включает анализ устойчивости к переобучению как встроенного свойства архитектуры, что редко рассматривается в сравнительных обзорах.

Современные архитектуры глубокого обучения можно условно разделить на четыре основных класса, отличающихся принципами обработки пространственной и семантической информации (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнение основных типов современных нейросетевых архитектур

Тип архитектуры	Примеры	Основная идея	Сильные стороны
CNN	ResNet, EfficientNet	Локальные свёртки для извлечения признаков	Эффективны на малых данных, проверены временем
Трансформеры	ViT, Swin Transformer	Глобальное внимание между частями изображения	Мощное моделирование контекста, хорошо масштабируются
MLP-подобные	MLP-Mixer, gMLP	Только линейные преобразования и перестановки признаков	Простота, не требуют свёрток или внимания
Гибридные	ConvNeXt, CoAtNet	Сочетают свёртки и внимание	Баланс между локальной и глобальной информацией

Производительность нейросетей традиционно оценивается по точности на тестовых наборах (например, Top-1 accuracy на ImageNet). Однако всё чаще подчёркивается, что высокая точность не гарантирует хорошей обобщающей способности-способности модели корректно работать на данных, отличающихся от обучающей выборки. Работы, такие как Zhang et al. (2017) [«Understanding deep learning requires rethinking generalization»], показали, что даже модели с высокой ёмкостью могут не переобучаться при правильной регуляризации, что ставит под сомнение простые метрики сложности.

Более тонкие подходы к оценке обобщающей способности включают анализ разрыва между обучающей и валидационной ошибкой, устойчивость к повреждениям данных (robustness benchmarks), а также оценку на out-of-distribution (OOD) выборках.

Вычислительная эффективность – критический параметр для развёртывания моделей в реальных условиях. Наиболее распространённые метрики включают:

- FLOPs (Floating Point Operations) – теоретическая оценка количества операций, часто используемая для сравнения лёгкости архитектур. Однако FLOPs не отражают реальное время выполнения из-за влияния архитектуры процессора, параллелизма и оптимизаций библиотек [He et al., 2020].

•Время инференса и обучения-прямые практические показатели, зависящие от фреймворка, оборудования и реализации.

•Потребление памяти (RAM/VRAM) – особенно важно для мобильных и embedded-устройств.

•Энергопотребление и CO_2-след – новые, но всё более значимые метрики устойчивого ИИ [Strubell et al., 2019].

Методы регуляризации можно разделить на внешние (аугментации, Dropout, Label Smoothing) и внутренние, заложенные в архитектурный дизайн. Например:

• Свёрточные сети обладают встроенной инвариантностью к сдвигам и локальной корреляции, что снижает склонность к переобучению.

• Трансформеры, напротив, изначально лишены таких свойств, поэтому для них критически важны масштаб данных и внешняя регуляризация [Touvron et al., 2021].

• Архитектуры вроде EfficientNet используют compound scaling и глубокую регуляризацию, что улучшает обобщающую способность при росте размера модели.

• MLP-Mixer и подобные модели показывают неожиданную устойчивость к переобучению на малых датасетах, что ставит под вопрос традиционные представления о ёмкости моделей.

Несмотря на обилие работ по отдельным архитектурам, систематические сравнительные исследования остаются редкими и фрагментарными. Большинство обзоров фокусируются только на точности (например, таблицы лидеров на ImageNet), игнорируя эффективность и устойчивость. Некоторые исследования (например, Wightman et al., 2021) вводят единые бенчмарки, но редко анализируют поведение моделей при ограниченных данных или в условиях сильной регуляризации.

Кроме того, отсутствует единая методология, обеспечивающая сопоставимость результатов: различия в гиперпараметрах, аугментациях или версиях фреймворков могут вносить смещение, затрудняя объективное сравнение. Особенно мало работ, рассматривающих устойчивость к переобучению как встроенное свойство архитектуры, а не как следствие внешней регуляризации.

Для обеспечения объективного и воспроизводимого сравнения современных нейросетевых архитектур нами была разработана единая экспериментальная методология, охватывающая выбор моделей, наборов данных, метрик и условий обучения.

В данное исследование нами были включены представители четырёх ключевых классов архитектур, охватывающих современный ландшафт глубокого обучения в компьютерном зрении (табл. 2)

Таблица 2 – Сравнение выбранных нейросетевых архитектур по типам

Тип архитектуры	Конкретные модели
Свёрточные сети (CNN)	ResNet-50, EfficientNet-B0, ConvNeXt-Tiny
Трансформеры	Vision Transformer (ViT-Base/16), Swin Transformer-Tiny
MLP-подобные архитектуры	MLP-Mixer-B/16, gMLP-B/16
Гибридные модели	CoAtNet-0, MobileViT-XS

Выбор конкретных вариантов обусловлен их представительностью, доступностью в стандартных библиотеках и сопоставимым уровнем сложности (по числу параметров и FLOPs), что позволяет минимизировать смещение при сравнении.

Эксперименты проводились на следующих стандартных бенчмарках:

- ImageNet-1k – основной датасет для оценки масштабируемости и производительности на крупномасштабных данных (1,28 млн изображений, 1000 классов).
- CIFAR-10 и CIFAR-100 – используются для анализа устойчивости к переобучению в условиях ограниченного объёма данных (50 тыс. обучающих изображений).

При необходимости могут рассматриваться дополнительные датасеты для оценки robustness (например, CIFAR-10-C), но основной акцент сделан был на вышеуказанных.

Оценка проводилась по трём ключевым группам метрик:

1. Производительность:

- Top-1 и Top-5 точность на валидационных подмножествах.
- F1-score (макро-усреднённый для CIFAR-100).

2. Вычислительная эффективность:

- Число параметров (Params).
- Теоретические FLOPs (на одно изображение).
- Время инференса (мс/изображение) и эпохи обучения (сек/эпоха).
- Пиковое потребление видеопамяти (GPU VRAM, ГБ).

Устойчивость к переобучению:

- Разрыв между обучающей и валидационной потерями (train/val loss gap) на последней эпохе.
- Динамика кривых обучения (loss и accuracy по эпохам).
- Чувствительность к уровню регуляризации (Dropout, Label Smoothing, Stochastic Depth) – оценивается при фиксированных значениях.

Для обеспечения сопоставимости все модели обучались в идентичных условиях.

Таблица 3 – Гиперпараметры экспериментального пайплайна

Категория	Параметр	Значение
Оптимизация	Оптимизатор	AdamW
	β_1	0.9
	β_2	0.999
	Вес декомпозиции (weight decay)	0.05
Скорость обучения	Базовый learning rate	$1e^{-3}$
	Планировщик	Cosine decay с warmup
	Warmup (эпохи)	5
Пакетная обработка	Batch size (ImageNet)	256
	Batch size (CIFAR-10/100)	128
Аугментации	Общие	RandomResizedCrop, HorizontalFlip, Normalize
	Дополнительные (CIFAR)	AutoAugment, CutOut (length=16)
	Цветовые искажения	ColorJitter (яркость, контраст, насыщенность)
Регуляризация	Dropout (если поддерживается)	0.1
	Label Smoothing	0.1
	Stochastic Depth (если есть)	0.1 (для трансформеров 0.2 и гибридов)
Обучение	Число эпох	300
	Критерий останова	Отсутствует (фиксированное число эпох)
Аппаратная среда	GPU	4 × NVIDIA A100 (80 ГБ)
	Библиотека	PyTorch 2.2 + timm 0.9
	CUDA	12.1

Для обеспечения сопоставимости результатов и воспроизводимости всех экспериментов использовался единый набор гиперпараметров и вычислительных условий. Ниже в таблице 3 представлены ключевые гиперпараметры обучающего пайплайна, применяемые ко всем архитектурам без исключения.

Для наглядного представления логики эксперимента также разработана блок-схема пайплайна (см. текстовое описание ниже). Она отражает последовательность этапов – от выбора модели до финального сравнительного анализа – и подчёркивает стандартизированный характер процедуры (рис. 1).

Пайплайн начинается с выбора одной из девяти архитектур, после чего загружается её эталонная реализация. Все модели проходят через единый препроцессинг и обучаются с одинаковыми гиперпараметрами. В процессе обучения фиксируются метрики производительности, эффективности и динамики сходимости. На заключительном этапе рассчитываются итоговые показатели, которые затем используются для многоаспектного сравнения. Такая модульная и унифициро-

ванная структура исключает артефакты, связанные с различиями в реализации или настройке, и обеспечивает чистоту архитектурного сравнения.

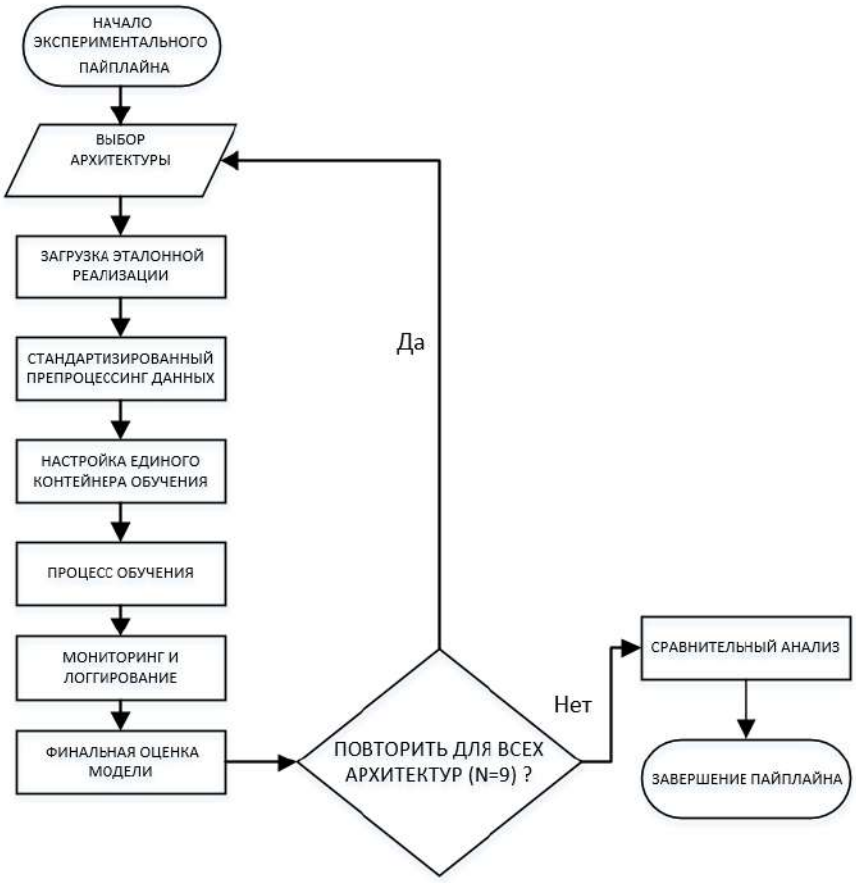


Рисунок 1 – Блок-схема экспериментального пайплана

Далее представлены количественные и качественные результаты сравнительного анализа девяти современных архитектур нейронных сетей по трём ключевым аспектам: производительность, вычислительная эффективность и устойчивость к переобучению. Все результаты получены в строго контролируемых условиях, описанных нами ранее (табл. 4).

Таблица 4 – Сравнение по основным метрикам

Модель	Dataset	Top-1 ↑	Params (M)	FLOPs (G)	Inference (мс)	ΔLoss ↓
ResNet-50	ImageNet	76.0	25.6	4.1	1.8	0.12
ViT-Base/16	ImageNet	78.5	86.6	17.6	3.5	0.31
ConvNeXt-Tiny	ImageNet	82.1	28.6	4.5	2.0	0.09
MLP-Mixer-B/16	CIFAR-100	68.4	59.9	12.1	1.2	0.47
Swin-T	CIFAR-100	73.2	28.3	4.8	1.1	0.28

На основе полученных данных можно сформулировать практические рекомендации по выбору архитектуры в зависимости от контекста задачи:

Для задач с большим объёмом данных и высокими требованиями к точности (например, классификация изображений в облаке):

- ViT или Swin Transformer обеспечивают высокую производительность, но требуют значительных ресурсов.
- Для ресурсоограниченных сред (мобильные устройства, embedded-системы): EfficientNet, MobileViT или ConvNeXt-Tiny предлагают оптимальное соотношение точности и эффективности.
- При ограниченном объёме обучающих данных (медицинские изображения, специализированные промышленные задачи): ResNet, ConvNeXt или CoAtNet демонстрируют наилучшую устойчивость к переобучению благодаря встроенной регуляризации через локальную структуру.
- Для задач, требующих быстрого прототипирования при умеренной точности: MLP-Mixer может служить лёгкой и простой альтернативой без необходимости настройки сложных механизмов внимания.

Следовательно, «лучшей» архитектуры не существует в абсолютном смысле – её выбор должен быть обусловлен конкретными ограничениями и целями прикладной задачи.

Список использованной литературы

1. Досовитский А., Бейер Л., Колесников А. Изображение стоит 16×16 слов: трансформеры для масштабируемого распознавания изображений // Международная конференция по представлению знаний (ICLR). 2021. https://arxiv.org/abs/2010.11929

2. Лю Ц., Линь Ю., Цао Ю. Swin Transformer: иерархический трансформер для зрения с использованием смещённых окон // Труды Международной конференции IEEE/CVF по компьютерному зрению (ICCV). 2021. С. 10012-10022.

3. Лю Ц., Мао Х., У Ч.-Ю. Свёрточная сеть для 2020-х годов // Труды Конференции IEEE/CVF по компьютерному зрению и распознаванию образов (CVPR). 2022. С. 11997–12007.

4. Тань М., Ле К. В. EfficientNet: переосмысление масштабирования моделей для свёрточных нейронных сетей // Труды 36-й Международной конференции по машинному обучению (ICML). 2019. С. 6105-6114. https://arxiv.org/abs/1905.11946

5. Толстихин И., Хаулсби Н., Колесников А. MLP-Mixer: архитектура для зрения, основанная исключительно на многослойных перцептронах // Труды конференции «Успехи в системах обработки нейронной информации» (NeurIPS). 2021. Т. 34. С. 24261-24272. https://arxiv.org/abs/2105.01601

6. Хе К., Чжан С., Рэнь С., Сунь Ц. Глубокое остаточное обучение для распознавания изображений // Труды Конференции IEEE по компьютерному зрению и распознаванию образов (CVPR). 2016. С. 770-778.

УДК 631.3:620.9+004.8

ИНСТРУМЕНТЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕНЕРАЦИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ АПК

[1]Луцкович В. П., *студент*
[1]Симонов А. Б., *канд. экон. наук, доцент*
[1]Сафонов В. П., *студент*
[2]Плещенко Т. В., *канд. экон. наук, доцент*

[1]ФГБОУ ВО ВолгГТУ
[2]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены методы искусственного интеллекта, применяемые для прогнозирования солнечной и ветровой генерации электроэнергии в АПК, рассматриваются возможные области применения их в сельском хозяйстве, а также ожидаемой эффективности. Показаны преимущества использования алгоритмов машинного обучения для управления энергосистемами сельскохозяйственных объектов. Приведены результаты анализа существующих подходов и обоснована необходимость их интеграции в деятельность АПК.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, возобновляемая энергетика, машинное обучение.*

Рост сельскохозяйственного производства, необходимость энергообеспечения тепличных комплексов, систем полива, складов, животноводческих объектов и перерабатывающих предприятий приводит к увеличению спроса на энергию. В связи с этим применение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) становятся важным направлением развития систем энергоснабжения сельского хозяйства. Их нестабильность требует внедрения инструментов прогнозирования, позволяющих повысить надёжность и эффективность энергетической инфраструктуры, обеспечить сельскохозяйственных производителей собственным источником энергии, снизить зависимость от состояния энергосетей. Традиционные статистические методы прогнозирования зачастую не справляются с высокой изменчивостью и нелинейностью данных, характерной для ВИЭ. В этом контексте инструменты искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) открывают новые возможности для построения высокоточных прогнозных моделей, способных учесть множество взаимосвязанных факторов [2].

Актуальность работы обусловлена активным развитием применения возобновляемых источников энергии, позволяющих снизить себестоимость продукции сельскохозяйственных производителей и обеспечить снабжение энергией удаленных от энергосетей сельскохозяйственных объектов. Эта тенденция дополняется новыми возможностями прогнозирования, которые дают развитие искусственного ин-

теллекта, что позволяет обеспечить более эффективную собственную энергогенерацию, согласовав потребление электроэнергии с прогнозами ее генерации, а также оптимизируя процесс накопления электроэнергии.

Целью данной работы является исследование возможности применения в АПК инструментов искусственного интеллекта, применяемых для прогнозирования собственной генерации солнечной и ветровой генерации в хозяйствах.

Существующие подходы к прогнозированию ВИЭ можно разделить на три группы: физические, статистические и методы машинного обучения.

Физические модели основываются на использовании уравнений и описании на основе высчитанных показателей природных процессов, влияющих на выработку энергии. Их применение особенно эффективно для долгосрочного прогнозирования. Во избежание ошибочных прогнозов требуются точные метеорологические данные, однако проводимые расчёты будут требовать значительных ресурсов вследствие большой вычислительной сложности, поэтому могут быть не совсем удобны.

Статистические методы состоят в выявлении закономерностей в имеющихся данных и применимы для краткосрочного прогнозирования. Их применение в значительной степени опирается на предположение о линейности процессов и стабильности сезонных закономерностей, что не подходит для прогнозирования объёмов генерации солнечной и ветровой энергий, отличающихся существенной нелинейностью и резкими, трудно прогнозируемыми колебаниями вследствие климатических факторов.

Ограничения физических и статистических подходов к прогнозированию предопределяют рост интереса к ИИ, а именно к методам машинного обучения, способным обучаться на исторических данных и моделировать сложные зависимости в многомерных временных рядах.

Методы машинного обучения, применяемые для прогнозирования мощности возобновляемых источников энергии, всё чаще ориентируются на анализ временных рядов, представляющих собой последовательность наблюдений во времени, где каждое значение зависит от предыдущих. Именно поэтому значительную роль играют рекуррентные нейронные сети (RNN-Recurrent Neural Networks), архитектуры которых позволяют обрабатывать последовательные данные с учётом контекста предыдущих временных шагов. В отличие от сетей, рассматривающих каждое наблюдение независимо, RNN обладают механизмом «памяти», сохраняющим информацию о предшествующих состояниях. Это делает их особенно полезными при анализе природных процессов, таких как изменение солнечной радиации, динамика облачности или вариации скорости ветра, где текущее значение показателей напрямую зависит от динамики предыдущих значений.

Однако классические RNN страдают от так называемой проблемы исчезающего градиента, при которой сеть теряет способность учитывать события, происходившие достаточно давно. Эту проблему решает сеть с долгой краткосрочной памятью (LSTM – Long Short-Term Memory). LSTM включает в себя особые управляемые элементы – «вентильные механизмы», позволяющие модели контролировать, какую информацию следует запоминать, а какую – забывать [1]. Так сохраняются значимые закономерности на протяжении длительных временных промежутков. В контексте прогнозирования возобновляемой энергетики такие свойства особенно важны, поскольку выработка солнечной генерации зависит от сезонных и суточных циклов, а поведение ветра характеризуется сложными повторяющимися структурами. Поэтому LSTM-модели часто демонстрируют превосходство над традиционными статистическими методами, особенно при прогнозировании на горизонтах от нескольких часов до суток.

Другой важной разновидностью рекуррентных сетей являются GRU (Gated Recurrent Unit) – архитектуры, представляющие собой более компактную и вычислительно эффективную альтернативу LSTM. GRU также используют вентильные механизмы для управления внутренним состоянием сети, но имеют меньше параметров и более простую структуру [1]. Это делает их предпочтительными при работе на устройствах с ограниченными ресурсами или при обработке больших массивов данных. В задачах прогнозирования мощности солнечных электростанций GRU часто применяются для краткосрочных прогнозов, где требуется оперативность и высокая скорость вычислений при сохранении достаточной точности предсказаний.

Наряду с рекуррентными сетями важную роль в современном прогнозировании играют алгоритмы градиентного бустинга – XGBoost, CatBoost и LightGBM. Градиентный бустинг представляет собой метод ансамблевого обучения, в котором большое число слабых моделей объединяется в одну сильную модель [5]. Каждый новый шаг обучения учитывает ошибки предыдущих моделей, что позволяет постепенно повышать точность предсказания. Такие алгоритмы демонстрируют высокую эффективность в задачах регрессии и являются устойчивыми к шумам и выбросам в данных. Их преимущество проявляется при наличии большого количества входных признаков, например, температуры воздуха, влажности, характера облачности, направлений ветра, атмосферного давления, индекса прозрачности атмосферы и других параметров.

Особое значение имеет алгоритм CatBoost, разработанный для эффективной работы с категориальными признаками. В энергетике такие признаки встречаются, например, при классификации типов погодных условий («ясно», «облачно», «переменная облачность») или при моделировании биогазовых установок на основе разных типов сырья,

где значение категории влияет на теплотворную способность биомассы. В этих случаях CatBoost способен обеспечивать высокую точность благодаря target-based encoding – встроенному механизму обработки категорий без необходимости явного кодирования признаков, что делает CatBoost особенно удобным для практического применения [3].

Перспективным направлением является применение ансамблевых методов, совмещающих несколько моделей, например, комбинацию рекуррентных сетей с градиентным бустингом или сочетание физической модели с нейронной сетью. Такие комбинации позволяют компенсировать недостатки отдельных подходов: нейронные сети улавливают сложные нелинейные зависимости, тогда как бустинг обеспечивает хорошую интерпретируемость и устойчивость. Ансамбли часто используются в работах, связанных с прогнозированием на основе больших массивов метеорологических данных, включая многомерные временные ряды.

Особую роль в прогнозировании возобновляемой энергии играют модели, способные анализировать визуальные данные, например, спутниковые снимки облачности или карты движения воздушных масс. Для этих целей применяются сверточные нейронные сети (CNN-Convolutional Neural Networks). CNN справляются с задачей выделения пространственных признаков – форм облаков, их плотности, направлений смещения. Анализ изображений атмосферы позволяет предсказывать быстрое изменение радиационных условий, что особенно важно при неожиданном появлении облаков, способных резко сократить выработку солнечной генерации. В результате сверточные архитектуры успешно используются в краткосрочном прогнозировании солнечной мощности с горизонтом в несколько минут.

Современная тенденция заключается в интеграции CNN и LSTM в единую архитектуру, которая способна одновременно анализировать пространственную и временную информацию. Такие гибридные модели применяются, например, для прогноза облачности на основе последовательностей спутниковых изображений. Эти подходы показывают высокую точность при моделировании быстрых динамических процессов и используются при управлении энергетическими системами, где критично учитывать резкие скачки выработки.

Эффективность внедрения ИИ в прогнозирование подтверждается на практике. Так, в рамках проекта Google DeepMind был проведён следующий эксперимент: при использовании алгоритмов машинного обучения системой DeepMind был предсказан объём генерации на ветровых электростанциях за более, чем сутки, вперёд – за 36 часов, в результате чего удалось добиться увеличения эффективности работы на 20 % [6]. Группа исследователей компании IBM также применила ИИ для работы с климатическими данными для прогнозирова-

ния солнечной генерации, улучшивший точность прогнозов касаемо солнечной энергии на 30 % [4]. Такой опыт может быть полезен для дальнейших исследований в этой области, а также для рассмотрения возможности подобной реализации в российских условиях.

Внедряя технологии ИИ для предсказания объемов генерируемой электроэнергии для АПК, следует учитывать имеющиеся преимущества и ограничения данного варианта. К основным преимуществам относятся повышение точности прогнозов, способность моделей адаптироваться к локальным климатическим особенностям, возможность интеграции с системами мониторинга и управления оборудованием, а также снижение эксплуатационных затрат за счёт оптимизации распределения энергии. В то же время определённые ограничения остаются нерешёнными: нехватка качественных исторических данных в сельских регионах, сложность развертывания вычислительной инфраструктуры, высокая вариативность климатических факторов в различных агрозонах, необходимость адаптации моделей к конкретным объектам и типам оборудования, а также зависимость алгоритмов от точности метеорологических прогнозов. Эти факторы требуют учёта при внедрении технологий в практику работы сельскохозяйственных предприятий.

Эффективным подходом является построение систем автоматического управления, в которых прогнозы мощности служат основой для оптимизации в отдельном фермерском хозяйстве или в сельскохозяйственной организации режимов работы аккумуляторов, насосов, вентиляции и другого энергооборудования. Дополнительные преимущества даёт использование локальных датчиков солнечной радиации и ветра, обеспечивающих модели высококачественными входными данными. Для регионов с высокой вариативностью климатических условий рекомендуется использование ансамблевых моделей, устойчивых к выбросам и неполному наблюдению.

Для энергоёмких сельскохозяйственных объектов, таких как тепличные хозяйства и фермы с автономным энергоснабжением, целесообразно использовать гибридные схемы прогнозирования, сочетающие машинное обучение с физическими моделями и данными локальных метеостанций. Для менее энергоемких объектов достаточно использования простых инструментов прогнозирования, совмещенных с использованием накопителей электроэнергии.

В перспективе важным направлением развития является интеграция моделей прогнозирования в интеллектуальные микросети сельского хозяйства, а также создание цифровых платформ для автоматизированного управления энергетическими процессами.

Исходя из изложенного выше, можно сделать вывод, что развитие инструментов ИИ для прогнозирования генерации возобновляемой энергии является одним из важных факторов модернизации энер-

госнабжения сельского хозяйства. Современные алгоритмы способны не только повысить точность оценки энергетических потоков, но и предоставить возможности для создания сложных адаптивных систем управления, повышающих энергоэффективность агропромышленных объектов. Учитывая растущие требования к надёжности и автономности аграрного производства, использование интеллектуальных моделей позволит существенно повысить устойчивость и производительность энергетической инфраструктуры АПК.

Список использованной литературы

1. Знакомство с рекуррентными нейронными сетями. Архитектуры LSTM и GRU (V2) // ПМиФИ ОмГТУ: офиц. сайт. https://wiki.pmifi.ru/disciplines/nlp/lectures/rnn-2

2. Лосев А. Н. Применение искусственного интеллекта в российской энергетике для повышения энергоэффективности сельского хозяйства // Доклады ТСХА. Москва: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. Т. 292. Ч. 3. С. 399-403.

3. Мсигва О. Дж. Машинное обучение и Data Science (Часть 31): Применение моделей CatBoost в трейдинге // MetaTrader 5. https://www.mql5.com/ru/articles/16017

4. EERE Success Story-Solar Forecasting Gets a Boost from Watson, Accuracy Improved by 30 % // U. S. Department of ENERGY. 2015. https://www.energy.gov/eere/success-stories/articles/eere-success-story-solar-forecasting-gets-boost-watson-accuracy

5. Gradient Boosting: принципы работы и применение в машинном обучении // skypro. https://sky.pro/wiki/analytics/gradient-boosting-printsipy-raboty-i-primenenie-v-mashinnom-obuchenii/

6. Machine learning can boost the value of wind energy // Google DeepMind. 2019. https://deepmind.google/blog/machine-learning-can-boost-the-value-of-wind-energy/

УДК 639.3+004.032.26

АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ И МЕТОДОВ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ АКВАКУЛЬТУР

Мелихова Е. В., *д-р техн. наук, профессор*
Боровой С. Е., *преподаватель*
Сергеев П. С., *студент*
Мухаметов А. П., *студент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрена задача неинвазивного определения пола осетровых рыб на основе ультразвуковых изображений с помощью глубоких нейронных сетей. Проведён сравнительный анализ архитектур сверточных сетей (CNN) и предобученных моделей в условиях ограниченного объёма данных. Экспериментально показано, что компактная CNN с двумя свёрточными блоками и функцией активации ReLU демонстрирует наилучшую обобщающую способность.

Ключевые слова: *осетровые рыбы, определение пола рыбы, аквакультура, глубокое обучение, сверточные нейронные сети (CNN), классификация изображений, ультразвуковая диагностика, малый объем данных, функция активации ReLU.*

Введение. Современная аквакультура, как высокотехнологичная отрасль, активно внедряет методы искусственного интеллекта для автоматизации и повышения эффективности процессов. Одной из сложных и экономически значимых задач является раннее определение пола у ценных видов рыб, таких как осетровые. Традиционные методы (биопсия, эндоскопия) являются инвазивными, стрессовыми для рыб и трудоёмкими. В этой связи методы компьютерного зрения на основе глубокого обучения открывают путь к созданию неинвазивных, быстрых и точных систем диагностики.

Обработка изображений представляет собой классическую задачу анализа структурированных двумерных данных. Исторически для извлечения признаков использовались методы ручного инжиниринга (например, SIFT, HOG). Прорыв в этой области связан с распространением сверточных нейронных сетей (Convolutional Neural Networks, CNN), архитектура которых индуктивно учитывает пространственные зависимости между пикселями. Ключевые принципы CNN – локальные рецептивные поля, разделение весов и пространственная субдискретизация (пулинг) – позволяют эффективно выявлять иерархические паттерны: от простых граней и текстур к сложным объектам.

С развитием вычислительных мощностей и появлением крупномасштабных датасетов (например, ImageNet) были предложены более глубокие и сложные архитектуры (VGG, ResNet, Inception), которые стали де-факто стандартом для задач классификации. Параллельно возникла потребность в эффективных моделях для мобильных и встраиваемых систем, что привело к созданию семейства легковесных архитектур (MobileNet, ShuffleNet, EfficientNet), оптимизированных по соотношению точность/вычислительная сложность.

В последние годы значительное внимание привлекают трансформеры и Vision Transformers (ViT), которые применяют механизм внимания к патчам изображения. Несмотря на выдающиеся результаты на больших данных, эти модели требуют огромных объёмов данных для обучения с нуля и значительных вычислительных ресурсов, что часто делает их непрактичными для специализированных прикладных задач с ограниченными размерами выборки.

Задачи анализа в аквакультуре имеют ряд особенностей, существенно влияющих на выбор и проектирование моделей:

Ограниченный и дорогой датасет: Сбор и, особенно, экспертная разметка биомедицинских изображений (ультразвуковых, рентгеновских) требуют участия высококвалифицированных специалистов, что ограничивает размер доступных данных.

Высокая вариативность данных: изображения могут значительно различаться из-за индивидуальных особенностей особи, условий съёмки, положения датчика, что повышает требования к обобщающей способности модели.

Необходимость интерпретируемости: в прикладных биологических и ветеринарных задачах недостаточно только предсказания модели; часто требуется понимание, на основе каких признаков (анатомических структур) оно было сделано.

Требования к развёртыванию: идеальное решение должно работать в условиях рыбоводного хозяйства, возможно, на мобильном или встраиваемом устройстве с ограниченными вычислительными ресурсами, что предъявляет жёсткие требования к размеру и быстродействию модели.

Ключевым вызовом при обучении глубоких сетей на малых выборках является борьба с переобучением. Для её решения применяется комплекс стратегий:

Аугментация данных: искусственное расширение обучающей выборки путём геометрических (поворот, отражение, масштабирование) и фотометрических (изменение яркости, контраста, добавление шума) преобразований. Для медицинских изображений также используются более специфичные методы, такие как эластичные деформации.

Трансферное обучение: использование предобученных на больших общедоступных датасетах (ImageNet) моделей в качестве основы. При этом "замороженные" ранние слои, извлекающие общие низкоуровневые признаки (края, текстуры), используются как готовый экстрактор признаков, а дообучению подвергаются только верхние, специфичные для задачи слои.

Архитектурная регуляризация: Пприменение dropout-слоёв, batch normalization, а также сознательный выбор менее глубокой (более простой) архитектуры, которая обладает меньшей гибкостью и, следовательно, меньшей склонностью к запоминанию шума в данных.

Выбор функции активации: как показано в многочисленных исследованиях и подтверждается в данной работе, классическая функция ReLU часто оказывается более эффективной на малых данных, чем более сложные гладкие активации (Swish, ELU), так как её разреженность и простота выступают в роли дополнительного регуляризатора.

В представленной работе задача формализуется как бинарная классификация ультразвуковых изображений, где ключевую роль играют локальные анатомические особенности гонад. Учитывая ограниченный объём датасета, необходимость интерпретируемости результатов и вычислительную эффективность развёртывания, сверточные нейронные сети (CNN) были выбраны как оптимальный компромисс между выразительной мощностью и ресурсоёмкостью.

CNN обладают следующими преимуществами для данной задачи:

- автоматическое выявление пространственных паттернов без ручного инжиниринга признаков;

- эффективное использование аугментации изображений (модификация яркости, контраста), что критически важно при ограниченном объёме данных;

- возможность масштабирования сложности модели от компактных архитектур (2-4 сверточных слоя) до лёгких предобученных моделей (MobileNetV2), пригодных для развёртывания на мобильных и встраиваемых устройствах.

Для объективного сопоставления эффективности различных моделей проведена стратифицированная трёхкратная кросс-валидация на совокупной выборке из 92 ультразвуковых изображений осетровых рыб (обучающая и валидационная подвыборки). Независимая оценка качества выполнена на отложенной тестовой выборке из 6 изображений. Во всех экспериментах применялась аугментация на лету, включающая модификацию яркости и контраста, оптимизацию порога бинаризации по F1-мере на валидационной выборке и строгое разделение данных по отдельным особям (табл. 1).

Таблица 1 – Средние показатели качества моделей при 3-fold кросс-валидации

Архитектура	val_acc	val_f1	val_auc	test_acc	test_f1	test_auc
cnn_small	0.541	0.693	1.000	0.611	0.730	1.000
cnn_large	0.518	0.682	1.000	0.500	0.667	1.000
mobilenetv2	1.000	1.000	1.000	0.722	0.667	0.704
efficientnetb0	0.518	0.682	0.257	0.500	0.667	0.185

Наиболее устойчивые результаты на тестовой выборке продемонстрировала компактная свёрточная сеть cnn_small (2 свёрточных блока). Несмотря на ограниченную глубину архитектуры, она достигла наибольшей сбалансированной точности (test_acc = 61,1 %) и F1-меры (0,730), что указывает на лучшую обобщающую способность в условиях ограниченного объёма данных.

Для оценки влияния нелинейности на обобщающую способность модели были протестированы три функции активации: ReLU, Swish и ELU в рамках идентичной архитектуры CNN-2 при единой конфигурации обучения.

ReLU (Rectified Linear Unit, f(x) = max(0, x)) представляет собой стандартную функцию активации, обеспечивающую вычислительную эффективность и устойчивость к градиентному затуханию в глубоких сетях. Однако она может страдать от проблемы «умирающих нейронов» при больших отрицательных входных значениях.

ELU (Exponential Linear Unit) сглаживает переход через ноль и обеспечивает ненулевой градиент для отрицательных значений, что теоретически ускоряет сходимость и повышает устойчивость обучения.

Swish (f(x) = xσ(βx)), где σ – сигмоидальная функция) является саморегулируемой гладкой активацией, предложенной как современная замена ReLU. Она сочетает свойства ReLU и сигмоиды (плавность переходов), что потенциально может улучшить репрезентативную мощность модели.

Экспериментальные результаты показывают, что, несмотря на теоретические преимущества гладких функций активации, ReLU продемонстрировала наивысшую эффективность в условиях ограниченного датасета. Этот результат согласуется с известными эмпирическими наблюдениями: при малом объёме данных избыточная гибкость может усиливать переобучение, тогда как простота и разреженность ReLU способствуют естественной регуляризации (рис. 1)

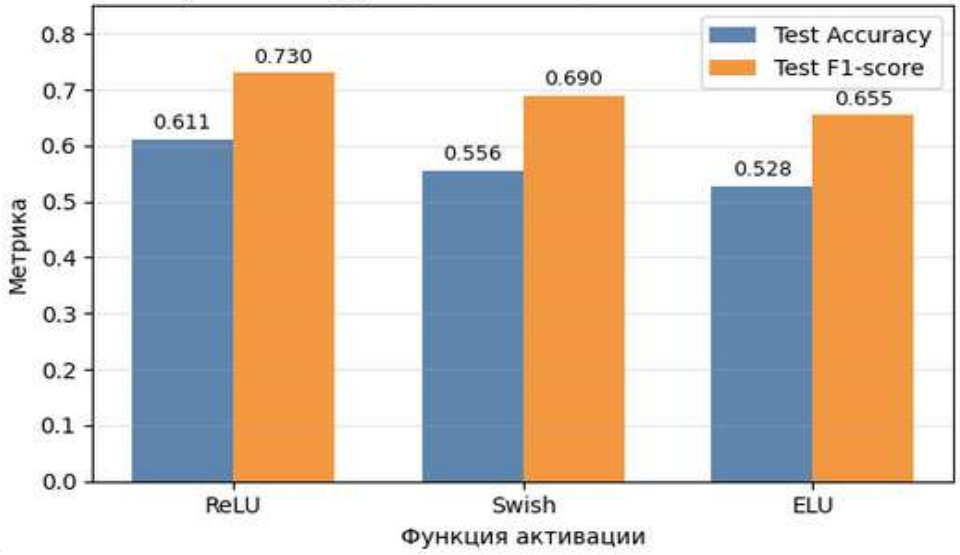


Рисунок 1 – Результаты сравнение функций активации

Проведённый анализ показал, что для задачи неинвазивного определения пола осетровых рыб на основе ультразвуковых изображений при ограниченном объёме данных наиболее эффективной является компактная свёрточная нейронная сеть с двумя свёрточными блоками и функцией активации ReLU. Данная архитектура продемонстрировала наилучшую обобщающую способность и устойчивость к переобучению в сравнении с более глубокими и предобученными моделями.

Полученные результаты подтверждают критическую важность баланса между выразительной мощностью модели и её регуляризующей простотой в условиях ограниченного датасета и требований к развёртыванию на ресурсоограниченных устройствах.

В перспективе целесообразно:

- систематическое расширение датасета путём увеличения количества аннотированных ультразвуковых изображений;
- интеграция мультимодальных данных (гидробиологические параметры, морфометрические характеристики);
- исследование ансамблевых методов для повышения надёжности классификации;
- разработка интерпретируемости решений нейронной сети с использованием методов визуализации активаций.

Список использованной литературы

1. Васильев А. В., Костин К. Н., Тихонов Д. А. Применение методов глубокого обучения для анализа ультразвуковых изображений в аквакультуре // Информационные технологии в рыбохозяйственном комплексе. 2023. № 1. С. 45-52. https://elibrary.ru/item.asp?id=52210934

2. Глубокое обучение / И. Гудфеллоу, Й. Бенджио, А. Курвилль. М.: ДМК Пресс, 2018. 652 с.

3. Delving Deep into Rectifiers: Surpassing Human-Level Performance on ImageNet Classification / K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun // Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). Chile, 2015. Pp. 1026-1034.

4. Clevert D.-A., Unterthiner T., Hochreiter S. Fast and Accurate Deep Network Learning by Exponential Linear Units (ELUs). https://arxiv.org/abs/1511.07289

5. Ramachandran P., Zoph B., Le Q. V. Searching for Activation Functions. https://arxiv.org/abs/1710.05941

6. Tan M., Le Q. V. EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks // Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning (ICML). Long Beach, 2019. Pp. 6105-6114. http://proceedings.mlr.press/v97/tan19a.html

7. Ростовцев В. С. Искусственные нейронные сети: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2024. 216 с.

8. Савостьянов А. Н., Борисов В. В. Основы аквакультуры осетровых рыб: учеб. пособие. М.: ФГБНУ «РосНИИПМ», 2021. 148 с.

УДК 639.3+004.032.26

ФОРМИРОВАНИЕ, РАЗМЕТКА И АУГМЕНТАЦИЯ ДАТАСЕТА ДЛЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛА ОСЕТРОВЫХ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ РАЗВЕДЕНИИ

Мухаметов А. П., *студент*
Сергеев П. С., *студент*
Мелихова Е. В., *д-р техн. наук, профессор*
Ранделин Д. А., *д-р биол. наук, профессор*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлен методологический подход к формированию и подготовке датасета для неинвазивного определения пола осетровых рыб с помощью глубокого обучения. Описаны ключевые этапы: выделение диагностически

значимой области на ультразвуковых изображениях, расширение ограниченной выборки методами геометрической и фотометрической аугментации, а также пиксельно-точная семантическая сегментация гонад с привлечением экспертов-ихтиологов.

Ключевые слова: *определение пола рыб, осетровые рыбы, аквакультура, датасет, ультразвуковое изображение (УЗИ), аугментация данных, малый объём данных, семантическая сегментация, разметка данных, область интереса (ROI).*

Осетровые (Acipenseridae) представляют собой одну из наиболее коммерчески ценных групп рыб в аквакультуре благодаря высокой стоимости мяса и икры. Тем не менее, искусственное разведение осетровых сталкивается со значительными биотехнологическими проблемами, ключевой из которых является невозможность визуального определения пола до поздних этапов онтогенеза. Разработка эффективных методов раннего определения пола на фоне увеличивающегося потребительского спроса и деградации естественных популяций осетровых приобретает стратегическое значение.

Исторически для определения пола и стадии зрелости гонад использовались высокоинвазивные методы, такие как хирургическая биопсия, приводящие к стрессу, риску инфекций и гибели ценной рыбы. Более щадящим инструментом стало ультразвуковое исследование (УЗИ), заимствованное из медицинской практики. Однако его эффективность также ограничена: интерпретация ультразвуковых снимков требует высокой квалификации специалиста, является субъективной и применима лишь к особям, достигшим определенной стадии развития гонад. В этом контексте методы компьютерного зрения на основе искусственного интеллекта открывают принципиально новые возможности для создания автоматизированных, объективных и неинвазивных систем диагностики, пригодных для использования на более ранних этапах [1, 2].

Настоящее исследование направлено на формирование датасета для искусственного интеллекта с целью осуществления ранней неинвазивной диагностики пола осетровых рыб. Ключевыми задачами исследования являются разработка специализированных методов разметки ультразвуковых изображений осетровых рыб с привлечением ихтиологов-экспертов для обеспечения точности аннотаций анатомических структур, а также систематическое применение комплексных техник аугментации данных, включающих геометрические преобразования, фотометрические коррекции и симуляцию ультразвуковых артефактов. Реализация данных задач направлена на создание робастного датасета, способного преодолеть проблемы ограниченности обучающих данных и несбалансированности классов в условиях малой выборки изображений. В результате ожидается значительное повышение обобщающей способности нейронных сетей и их устойчивости к вариациям качества ультразвуковых сканов в реальных рыбоводных хозяйствах [3, 4].

Ультразвуковые изображения, в отличие от фотографий в видимом спектре, представляют собой визуализацию акустических свойств тканей (эхогенности). Они характеризуются низким соотношением сигнал/шум, наличием специфических артефактов (например, реверберации, акустической тени) и высокой вариабельностью в зависимости от положения датчика, настроек аппарата и индивидуальных анатомических особенностей особи. Эти факторы делают ультразвуковые данные особенно сложными для анализа алгоритмами машинного обучения. Ключевым вызовом при разработке таких алгоритмов для узких прикладных областей (как определение пола конкретного вида рыб) является катастрофическая нехватка размеченных данных. Сбор датасета сопряжен с высокой стоимостью, необходимостью привлечения экспертов-ихтиологов и соблюдением этических норм при работе с животными. Предварительная обработка ультразвуковых изображений. Формирование датасета начинается с получения исходных ультразвуковых изображений на УЗИ-аппарате (рис. 1).



Рисунок 1 – Интерфейс УЗИ аппарата

Из каждого полученного изображения необходимо выделить диагностически значимую информацию и исключить нерелевантные элементы интерфейса аппаратуры (рис. 2).

После выделения области интереса (Region of Interest, ROI) выполняется классификация каждого изображения по половому признаку в категории «самец» или «самка». Обработав таким образом весь доступный на начальном этапе набор изображений, обнаружили проблемы, связанные с недостаточным объемом обучающих данных. Ограниченный размер датасета представляет критическое препятствие для эффективного обучения моделей глубокого обучения [5, 6, 9].

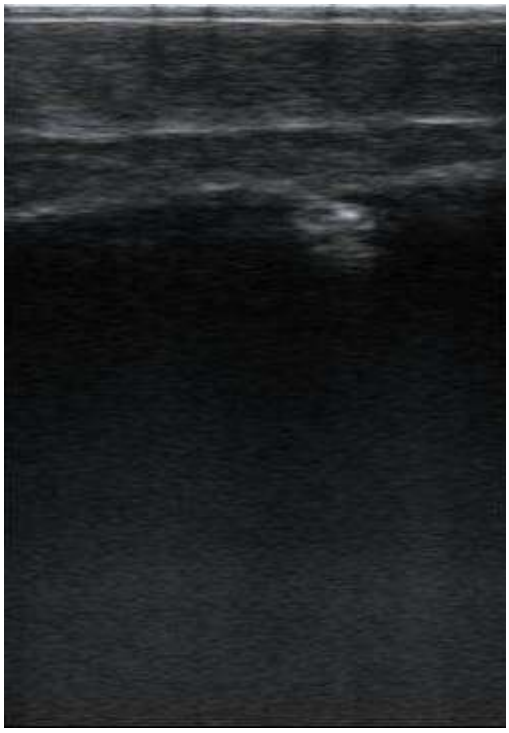


Рисунок 2 – Область работы ИНС

Методология решения проблемы недостаточности данных. Для расширения объема датасета были проанализированы три подхода: генерация синтетических изображений, поиск открытых источников данных и аугментация существующих изображений.

Генерация синтетических изображений. Использование генеративных моделей (GANs, diffusion models) теоретически позволяет создать практически неограниченное количество синтетических данных. Однако на практике сгенерированные ультразвуковые изображения не содержали достоверных анатомических признаков, необходимых для определения пола осетра. Синтетические УЗИ-сканы демонстрировали значительные артефакты и искажения, которые затрудняли визуализацию ключевых репродуктивных структур [7, 8, 10]. Это обстоятельство делало процесс синтеза данных неэффективным и трудноконтролируемым (рис. 3).

Поиск открытых источников ультразвуковых изображений осетра не принес ожидаемых результатов. Подобные данные обладают высокой специфичностью и значительной коммерческой ценностью, вследствие чего практически отсутствуют в публичных репозиториях. Попытки адаптации общих медицинских датасетов ультразвуковых изображений оказались бесплодными в связи с принципиальными различиями в анатомии рыб и млекопитающих, а также различиями в параметрах аппаратуры и методике сканирования.

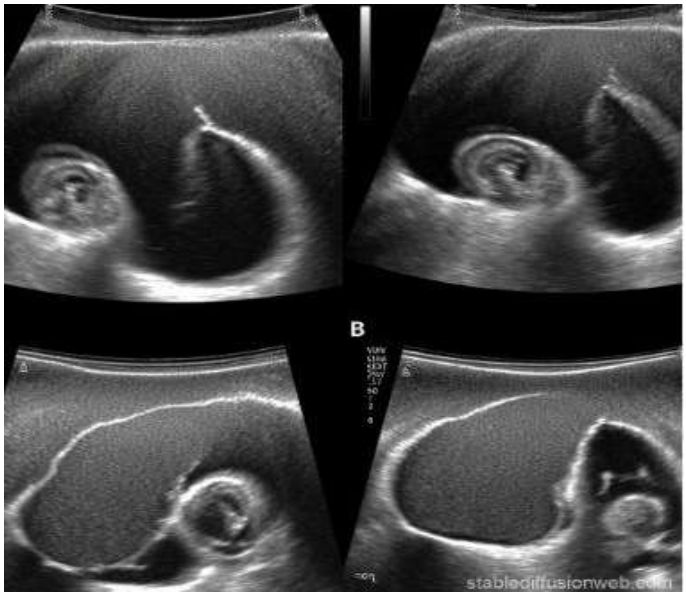


Рисунок 3 – Пример сгенерированного ультразвукового изображения, не соответствующего требуемым критериям

Аугментация существующих изображений показала себя единственным эффективным решением. Применение простых геометрических преобразований (повороты, отражения) и фотометрических коррекций (модификация контраста, добавление шума) позволило увеличить размер датасета в несколько раз при сохранении анатомической достоверности. Данный метод характеризуется низкими требованиями к вычислительным ресурсам, легко валидируется и, что наиболее критично, не вносит искажающие паттерны, типичные для синтетических данных [9, 10].

Для преодоления проблемы малого датасета в глубоком обучении разработан ряд стратегий:

Трансферное обучение: использование моделей, предварительно обученных на крупных общедоступных наборах изображений общего назначения (например, ImageNet). Этот подход позволяет перенести знание об универсальных визуальных признаках (края, текстуры) и дообучить модель на целевом специфическом датасете.

Синтез данных с помощью генеративных моделей: применение генеративно-состязательных сетей (GAN) или диффузионных моделей для создания новых синтетических изображений. Однако для узкоспециализированных медицинских и биологических данных этот метод часто сталкивается с проблемой генерации анатомически корректных и диагностически значимых паттернов.

Аугментация данных: наиболее распространенный и надежный подход, заключающийся в искусственном расширении датасета путем детерминированных или стохастических преобразований исходных изображений.

Методы аугментации делятся на:

Геометрические: поворот, отражение, масштабирование, смещение, искажение.

Фотометрические: изменение яркости, контрастности, насыщенности, добавление шума, размытие.

Для медицинских изображений также применяются более сложные преобразования, имитирующие реалистичные изменения (например, симуляция артефактов УЗИ). Аугментация не только увеличивает объем данных, но и выступает как мощный регуляризатор, улучшающий обобщающую способность модели.

Экспериментальные результаты подтвердили, что модели, обученные на аугментированных данных, демонстрируют превосходную обобщающую способность на реальных изображениях по сравнению с моделями, полученными при использовании генеративных подходов (рис. 4).

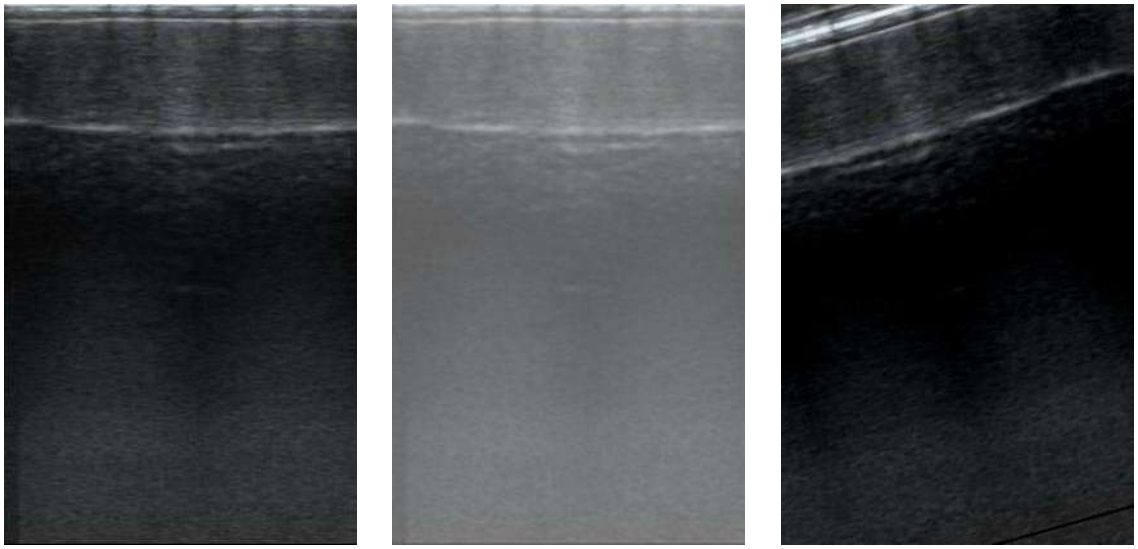


Рисунок 4 – Пример аугментации изображений: исходное изображение (слева), аугментированные варианты (в центре и справа)

Были использованы параметры изменения контрастности и повороты изображений для достижения повышения общего количества датасета. После успешного решения ключевой проблемы, связанной с ограниченностью обучающего датасета через применение методов аугментации, следующим критически важным этапом стала подготовка данных для эффективного обучения нейронной сети с акцентом на выделение диагностически значимых визуальных признаков. Для этого был реализован процесс семантической сегментации – это процесс компьютерного зрения, где изображение разбивается на сегменты и каждому пикселю присваивается метка класса. В отличие от методов детекции объектов, которые ограничиваются определением bounding

box вокруг интересующей области, сегментация обеспечивает пиксельно-точное выделение контуров органов и тканей, что принципиально важно для анализа УЗИ-изображений, где диагностическая информация часто содержится в тонких структурных особенностях и текстурных паттернах.

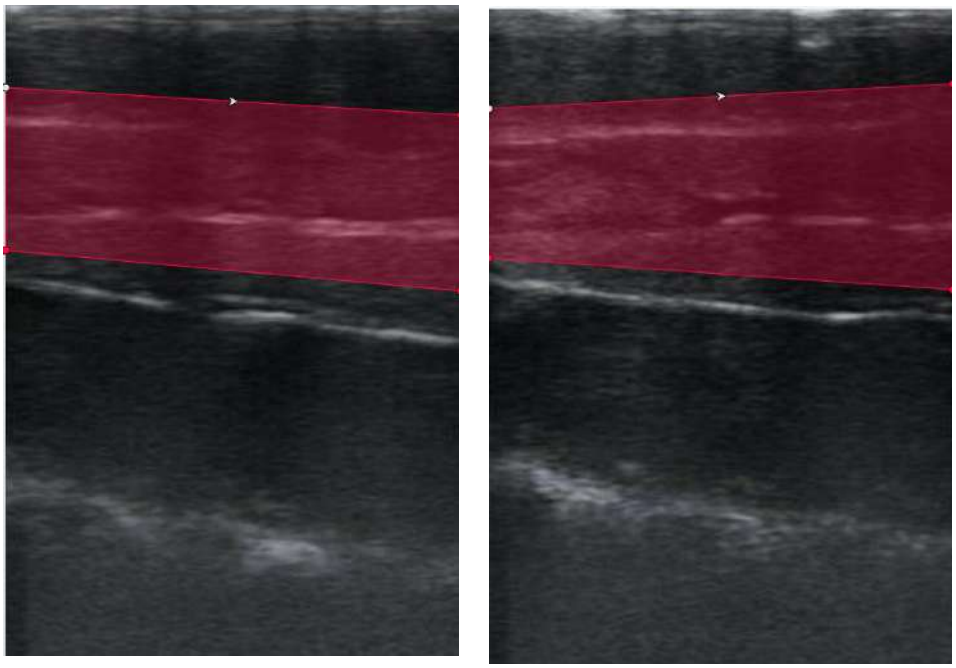


Рисунок 5 – Семантическая сегментация гонад на ультразвуковом изображении осетра

При определении пола осетровых рыб основное внимание при разметке уделялось визуализации гонад – репродуктивных органов, которые на ультразвуковых сканах проявляют характерные паттерны различной эхогенности и морфологии в зависимости от половой принадлежности особи.

Процесс разметки выполнялся вручную с привлечением опытных ихтиологов и ветеринарных специалистов, которые идентифицировали ключевые анатомические ориентиры и контуры гонад на каждом изображении, создавая таким образом «золотой стандарт» для последующего обучения моделей сегментации. Привлечение экспертов обеспечило высокую точность аннотаций и последующей валидации результатов автоматической сегментации [6, 7].

Такой подход позволяет нейронной сети не просто выполнять классификацию изображения в целом, но и фокусироваться на пиксельных областях, несущих максимальную диагностическую ценность для определения пола особи. Это значительно повышает интерпретируемость системы и позволяет специалистам идентифицировать визуальные признаки, использованные моделью при принятии решения.

Заключение. Разработанный методологический подход к формированию, разметке и аугментации датасета представляет собой комплексное решение для создания обучающих данных, необходимых для подготовки моделей глубокого обучения в условиях малой выборки. Применение методов геометрической и фотометрической аугментации позволило преодолеть критические ограничения, связанные с объемом исходных ультразвуковых изображений. Привлечение экспертов при семантической сегментации обеспечило высокое качество разметки и создало надежный фундамент для обучения моделей компьютерного зрения, способных осуществлять раннюю неинвазивную диагностику пола осетровых рыб.

Список использованной литературы

1. Барулин Н. В. Ультразвуковая диагностика пола осетровых рыб в условиях аквакультуры // Молодежь и инновации 2013: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых. Беларусь: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2013. Т. 3. С. 160-163.

2. Подушка С., Чебанов М. Идентификация пола осетровых рыб по костным структурам и алгоритм анализа УЗИ-изображений // Труды международной конференции по осетроводству. 2024. С. 87-95.

3. Лукашик Д. В. Анализ современных методов сегментации изображений // Экономика и качество систем связи. 2022. № 2 (24). С. 57-65.

4. Мальцев А. В. Биометрический метод определения пола осетровых, в частности русского осетра Acipenser gueldenstuedtii (.Acipenseridae) аювекой популяции // Вопросы ихтиологии. 2016. Т. 46. № 4. С. 536-540.

5. Подушка С., Чебанов М. Как отличить самку осетра от самца осетра: практическое руководство для рыбоводов // Ribka-pro.ru. 2022. https://ribka-pro.ru

6. Ранделин Д. А. Изучение биотехники кормления и эффективности отечественных продукционных кормов в рационе молоди радужной (oncorhynchus mykiss) и янтарной форели (oncorchynchusmykiss walbaum) в условиях ПНИЛ «Разведение ценных пород осетровых» // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет, 2021. Т. 1. С. 356-361.

7. Результаты диагностики пола и стадий зрелости гонад осетровых узисканированием и методом биопсии / А. И. Новокщенова, В. Г. Дикусаров, О. С. Коротаева, В. Г. Калмыков // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 221-227.

8. Современные технологии и оборудование для осетроводства в условиях замкнутого водоиспользования / А. В. Жигин, Э. В. Бубунец, С. В. Пономарев [и др.]. Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2022. 88 с.

9. Чебанов М. С., Галич Е. В. Руководство по искусственному воспроизводству осетровых рыб // Технические доклады ФАО по рыбному хозяйству и аквакультуре. Анкара, 2011. № 558. 297 с.

10. Щеголькова В. А. Применение искусственного интеллекта в промышленном рыбоводстве // Зоотехническая и ветеринарная наука – основа инновационного развития животноводства России: сборник статей, по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Москва: РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2024. С. 326-328.

УДК 338+004.8

РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ЭКОСИСТЕМ В РАЗВИТИИ БИОЭКОНОМИКИ

[1]Оноприенко Ю. Г., *канд. экон. наук, доцент*
[1]Нестерова К. В., *студент*
[2]Плещенко Т. В., *канд. экон. наук, доцент*

[1]ФГБОУ ВО ВолгГТУ
[2]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Изучена роль цифровых экосистем в развитии биоэкономики страны. Рассмотрены ключевые технологии – искусственный интеллект, биоинформатика, цифровые двойники и блокчейн, а также инфраструктурные и политические меры поддержки, включая национальный проект «Технологическое обеспечение биоэкономики». Показано, что цифровые экосистемы обеспечивают интеграцию науки, промышленности и потребителей, способствуя устойчивому развитию и технологическому суверенитету.

Ключевые слова: *биоэкономика, цифровая экосистема, искусственный интеллект, биоинформатика, цифровой двойник, блокчейн, устойчивое развитие.*

Современный этап глобального экономического развития характеризуется переходом от ресурсоёмкой модели к устойчивой, основанной на знаниях, инновациях и возобновляемых ресурсах. Одним из ключевых направлений такого перехода выступает биоэкономика – система, в которой биологические ресурсы, биотехнологии и биологические знания используются для производства продуктов питания, энергии, материалов и услуг с минимальным воздействием на окружающую среду. В условиях ускоряющихся климатических изменений, истощения ископаемых ресурсов и роста глобальных угроз, включая пандемию, биоэкономика рассматривается как стратегический вектор устойчивого развития.

Однако реализация потенциала биоэкономики невозможна без тесной интеграции с цифровыми технологиями. В последние годы всё большее значение приобретают цифровые экосистемы – сложные, динамично развивающиеся сети взаимосвязанных участников (научных, государственных, коммерческих), объединённых общей цифровой инфраструктурой, стандартами данных и совместными целями. Цифровые экосистемы обеспечивают не только технологическую, но и институциональную, организационную и информационную поддержку биоэкономическим процессам.

Цель данной статьи – проанализировать роль цифровых экосистем в развитии биоэкономики, выявить ключевые технологические, инфраструктурные, политические и бизнес-аспекты такой интеграции и обозначить перспективы дальнейшего развития. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

– определить сущность и компоненты цифровых экосистем в контексте биоэкономики;

– проанализировать применение цифровых технологий в биопроизводствах;

– рассмотреть примеры инфраструктурной и политической поддержки;

– оценить влияние глобальных трендов на эволюцию цифровобиоэкономических систем.

Методологическую основу исследования составляют системный и сравнительный анализы. Системный анализ необходим для выявления структурных элементов и взаимосвязей внутри цифровобиоэкономических экосистем, а также для понимания их роли как целостного механизма трансформации биоэкономики. Сравнительный анализ – для сопоставления отечественных и зарубежных подходов к интеграции цифровых технологий в биопроизводстве, что позволяет выявить лучшие практики и перспективные направления развития.

Рассмотрим цифровую экосистему как интегративную основу биоэкономики. Отметим, что цифровая экосистема – это совокупность цифровых платформ, данных, алгоритмов, участников и правил взаимодействия, создающая условия для совместного создания ценности. В контексте биоэкономики такая экосистема включает:

– научные и исследовательские институты, генерирующие биологические и биотехнологические знания;

– промышленные предприятия, реализующие биопроизводства;

– государственные органы, формирующие нормативно-правовую и стратегическую базу;

– IT-компании и стартапы, обеспечивающие цифровую инфраструктуру;

– потребителей и гражданское общество, формирующих спрос и этические рамки.

Ключевым элементом такой системы выступают данные – от геномных последовательностей до данных о цепочках поставок. Их сбор, обработка и интерпретация становятся основой для принятия решений на всех уровнях биоэкономики. Именно цифровые экосистемы позволяют преодолеть фрагментацию отраслей и обеспечить сквозную интеграцию – от лабораторных исследований до конечного продукта.

Современные цифровые технологии кардинально трансформируют ландшафт биоэкономики, превращая её из преимущественно лабораторно-ориентированной сферы в интегрированную, управляемую данными и алгоритмами систему. Они ускоряют цикл «от идеи до продукта», снижают риски при масштабировании и повышают экономическую и экологическую эффективность биопроизводств. Наиболее

значимую роль в этом процессе играют четыре группы технологий (рис. 1): искусственный интеллект и машинное обучение, биоинформатика и цифровое моделирование, цифровые двойники, а также блокчейн и интернет вещей (IoT).



Рисунок 1 – Ключевые цифровые технологии, применяемые в биоэкономике

Искусственный интеллект (ИИ) и методы машинного обучения выступают центральным инструментом анализа сложных биологических данных, генерируя огромные массивы информации в таких областях, как геномика, протеомика и метаболомика. ИИ позволяет выявлять скрытые закономерности, строить предиктивные модели и генерировать гипотезы.

Примером из прорывных достижений может послужить система AlphaFold, предсказывающая с высокой точностью структуру белков, ускоряя разработку лекарств и промышленных ферментов. Также ИИ оптимизирует условия биопроцессов (температуру, pH, состав среды), например, для культивирования микроорганизмов, управляет биореакторами в реальном времени и создает адаптивные сорта растений, устойчивые к неблагоприятным условиям (засухе, болезням) на основе анализа генетических и климатических данных. Кроме того, искус-

ственный интеллект способствует формированию геномных банков и биоресурсных коллекций, что важно для сохранения биоразнообразия и обеспечения сырьевой базы для биотехнологий в будущем [1, 2].

Биоинформатика и цифровое моделирование предоставляют инструменты, обеспечивающие хранение, обработку и интерпретацию биологических данных. С их помощью моделируются метаболические сети клеток и организмов, что позволяет предсказывать выход целевых продуктов, например, таких как биоэтанол, биопластики, органические кислоты, без запуска дорогостоящих пилотных установок. Вычислительный дизайн ферментов на основе биоинформатики позволяет создавать искусственные ферменты с заданными свойствами (например, термостабильность), используемые в пищевой, фармацевтической и химической промышленности, заменяя токсичные реагенты и снижая энергозатраты [3, 11].

Какова роль цифровых двойников биологических объектов?

Цифровой двойник – это динамическая виртуальная модель физического объекта или процесса, постоянно обновляемая на основе данных сенсоров и других источников в реальном времени. В биоэкономике применение цифровых двойников осуществляется на следующих уровнях:

а) клеточный уровень – для моделирования метаболизма микроорганизмов в биореакторе, тем самым позволяя предотвращать сбои (например, накопление токсичных побочных продуктов) и оперативно корректировать параметры процесса;

б) уровень растений – для симуляции роста, фотосинтеза и реакции на стрессовые факторы. Подобные модели применяются в системах точного земледелия для оптимизации полива, удобрений и защиты растений;

в) уровень производственных линий – для интеграции всех этапов: от закладки сырья до упаковки готовой продукции в единую виртуальную среду.

Применение цифровых двойников кардинально ускоряет процесс перехода лабораторных разработок до промышленного уровня, обеспечивает сокращение времени вывода продукта на рынок с нескольких лет до нескольких месяцев, а также служит основой для обучения персонала и тестирования внештатных ситуаций на виртуальных моделях без риска для реального оборудования [3].

Блокчейн и IoT в управлении цепочками поставок обеспечивают прозрачность, доверие потребителей к качеству (происхождению) продуктов и контроль в цепочках поставок.

Блокчейн – это распределённая база данных, в которой информация записывается в неизменяемом виде и доступна всем участникам цепочки на каждом этапе – от посева до розничной продажи. Блок-

чейн-платформы создают надежную систему, обеспечивая прослеживаемость происхождения ограниченной продукции, биофармацевтики и биоматериалов. В результате повышается прозрачность, снижаются риски фальсификации и укрепляется лояльность к бренду со стороны потребителей.

IoT-датчики, установленные на транспорте, в хранилищах и на производственных линиях, передают в реальном времени данные о температуре, влажности и других параметрах, что особенно критично для контроля качества скоропортящихся биопродуктов. Таким образом, в совокупности эти технологии формируют защищенную цифровую экосистему [4].

Развитие биоэкономики требует системной инфраструктурной и политической поддержки со стороны государства и научного сообщества.

В России действует технологическая платформа «БиоТех2030», объединяющая более 100 организаций – от ведущих вузов и НИИ до промышленных предприятий. Платформа стимулирует трансфер технологий, поддерживает молодых учёных и участвует в формировании национальной стратегии [5].

Кроме того, создаются центры компетенций по приоритетным направлениям биоэкономики – биофармацевтика, биоэнергетика, биоматериалы. Эти центры оснащаются цифровыми лабораториями, установками для опытно-промышленного производства и системами управления данными [6].

Важным элементом инфраструктуры является цифровизация управления природными ресурсами. Например, в лесной отрасли внедряются системы, автоматизирующие сбор данных с техники и формирующие ключевые показатели эффективности, что позволяет рационально использовать древесину и минимизировать воздействие на экосистемы [7].

На государственном уровне разрабатывается национальный проект «Технологическое обеспечение биоэкономики», включающий три федеральных проекта:

– «Организация производства и стимулирование сбыта продуктов биоэкономики».

– «Научно-технологическая поддержка развития биоэкономики».

– «Аналитическое, методическое и кадровое обеспечение биоэкономики» [8].

Этот проект призван создать целостную цифрово-биотехнологическую экосистему на национальном уровне.

В свою очередь, частный сектор также демонстрирует высокую активность в интеграции цифровых и биотехнологий.

– Американская компания Modern Meadow использует генно-инженерные дрожжи для производства коллагена и кожи без участия животных. Процесс управляется с помощью цифровых платформ, отслеживающих параметры ферментации и качества продукции.

– Стартапы в области азотфиксации разрабатывают микробные препараты, позволяющие растениям самостоятельно усваивать атмосферный азот. Это снижает зависимость от минеральных удобрений, уменьшает выбросы и загрязнение водоёмов.

– Компания Biomason производит биоцемент, используя бактерии, которые при взаимодействии с кальцием образуют прочное связующее вещество. Процесс полностью цифровизирован и контролируется в реальном времени.

Эти примеры показывают, что цифровые экосистемы способствуют не только экологизации производства, но и созданию новых бизнес-моделей, основанных на платформенном подходе, открытых данных и коллаборативной инновационной деятельности.

Российские научные деятели и эксперты в области изучения глобальных трендов и посткризисной трансформации отмечают, что пандемия COVID-19 и энергетический кризис 2020 года кардинально изменили вектор развития биоэкономики. В результате научных исследований можно выделить следующие ключевые тренды:

– Переход от «зелёного» к «эффективному»: потребители и производители всё чаще делают выбор в пользу технологий, сочетающих экологичность и экономическую целесообразность.

– Рост спроса на продукты для здоровья: фармацевтика, персонализированное питание, нутрицевтики (БАДы) становятся драйверами роста.

– Ускоренная цифровизация сельского хозяйства: концепция точного земледелия позволяет снизить себестоимость производства на 10-15 % за счёт точного внесения удобрений, автоматизированного мониторинга урожая и прогнозирования угроз [9, С. 47, 10].

– Локализация производственных цепочек: кризис выявил уязвимость глобализированных систем, что стимулирует создание устойчивых, локальных цифрово-биотехнологических экосистем.

– Возрождение интереса к фундаментальной науке: пандемия показала необходимость инвестиций в биотехнологии, генетику и цифровое моделирование. В частности, наличие цифровых двойников в медицине могло бы сократить время разработки вакцин с лет до месяцев.

В долгосрочной перспективе (10-15 лет) нынешние вызовы могут стать триггером формирования биоэкономики 2.0 – более интеллектуальной, адаптивной и глубоко интегрированной с цифровыми технологиями.

Следовательно, проведенный анализ позволяет сделать вывод, что цифровые экосистемы становятся неотъемлемой частью современной биоэкономики. Они обеспечивают технологическую основу для ускорения инноваций, повышают прозрачность и эффективность использования биоресурсов, способствуют формированию новых бизнес-моделей и укрепляют научно-промышленную кооперацию.

Очевидно, что интеграция цифровых и биотехнологий происходит на всех уровнях: от молекулярного дизайна до управления цепочками поставок. Государственная политика, инфраструктурные инициативы и частные инвестиции создают условия для масштабирования таких решений.

В условиях глобальной неопределённости именно цифровые экосистемы способны обеспечить устойчивое развитие, технологический суверенитет и экологическую безопасность страны. Перспективы дальнейших исследований лежат в области стандартизации данных и развития этических рамок, правовых норм для ИИ в биологии, создания международных цифровых площадок для совместных биоинноваций. В этой связи именно цифровые экосистемы открывают путь к эволюции биоэкономики, создавая интеллектуально управляемую, «умную» и слаженную среду, направленную на решение глобальных вызовов человечества.

Список использованной литературы

1. Цифровые технологии в биоэкономике // World Market Studies. 2024. https://worldmarketstudies.ru

2. Цифровые двойники в биотехнологиях // 1economic.ru. 2024. https://1economic.ru

3. Григорьев А. Ю., Кузнецов Д. А. Блокчейн-технологии в обеспечении прозрачности цепочек поставок сельскохозяйственной продукции // Вестник АПК Ставрополья. 2021. № 4 (40). С. 112-118.

4. Технологическая платформа «БиоТех2030» // Сбер. 2024. https://sber.pro

5. Центры компетенций в области биоэкономики // Официальный интернет-портал правовой информации. 2024. https://ac.gov.ru

6. Цифровизация лесного хозяйства: опыт и перспективы // CyberLeninka. 2023. https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-lesnogo-hozyaystva

7. Национальный проект «Технологическое обеспечение биоэкономики» // Правительство Российской Федерации. 2024. https://government.ru

8. Чулок А. С. 13 трендов биоэкономики: что ждёт людей, бизнес и науку в ближайшие годы // РБК Тренды. 2020. https://trends.rbc.ru/trends/green/5ece96c19a7947e1243e4620

9. Прогноз научно-технологического развития России до 2030 года. М.: ИСИЭЗ НИУ ВШЭ, 2022. 86 с.

10. Sustainable development of enterprises in conditions of smart ecology: analysis of the main problems and development of ways to solve them, based on artificial intelligence methods and innovative technologies / N. N Skiter, A. F. Rogachev, N. V. Ketko, A. B. Simonov, I. A. Tarasova //Frontiers in Environmental Science. 2022. V. 10. 892222.

11. Fuzzy algorithmic modeling of economics and innovation process dynamics based on preliminary component allocation by singular spectrum analysis method / A. F. Rogachev, A. B. Simonov, N. V. Ketko, N. N Skiter // Algorithms. 2023. V. 16. № 1. P. 39.

УДК 303.732+620.9

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ ОБЪЕДИНЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЮГА РФ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Провоторов Н. С., *аспирант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлено исследование пространственно-временного развития Объединённой энергетической системы (ОЭС) Юга Российской Федерации. Рассмотрены пространственные особенности размещения генерирующих мощностей в субъектах, входящих в ОЭС Юга (Краснодарский край, Республика Крым) выявлены региональные дисбалансы между производством и потреблением электроэнергии. Предложены стратегические направления развития, включающие строительство новых парогазовых и газотурбинных станций, внедрение систем накопления энергии, развитие интеллектуальных сетей и цифровых двойников энергосистемы.

Ключевые слова: *объединённая энергетическая система Юга, пространственно-временной анализ, энергетическая интеграция, возобновляемые источники энергии, энергетический дефицит, энергетическая безопасность региона.*

Введение. Системный подход представляет собой методологию исследования и практики, основанную на рассмотрении объектов как систем, учитывающую их целостность, структуру, взаимосвязи, поведение и взаимодействие со средой. Это совокупность общих принципов, предопределяющих научную и практическую деятельность при анализе и синтезе сложных объектов, особенно актуальная в условиях необходимости обработки больших объёмов информации и управления многоуровневыми системами.

В энергетике, в частности в исследовании электроэнергетических систем (ЭЭС), системный подход означает, что все компоненты – генерирующие источники, распределительные сети и потребители – рассматриваются как равноправные части единой системы, а не как отдельные, конкурирующие элементы.

Основные принципы системного подхода:

Принцип цели – исходный и основополагающий принцип. Он ориентирует исследователя на выявление предназначения и цели функционирования объекта. Глобальная цель системы порождает множество частных целей, организованных в иерархию. Для достижения цели необходимо, чтобы она была количественно измеримой и в

системе существовал механизм, позволяющий оценить степень достижения поставленной цели [6].

Принцип двойственности (относительности) устанавливает, что система должна рассматриваться как часть системы более высокого уровня и одновременно как самостоятельное целое, взаимодействующее со средой. Каждый элемент системы в свою очередь также может рассматриваться как система [6].

Принцип целостности указывает на необходимость исследования объекта как сложного образования, обладающего интегративными свойствами, отличными от свойств его отдельных элементов. При совершенствовании системы необходимо усилить проявление этих свойств целостности [6].

Принцип сложности требует представления описания объекта на множестве уровней: морфологическом (строение системы), функциональном (преобразование энергии и материалов) и информационном (организация системы) [6].

Принцип множественности предполагает многоуровневое описание и анализ системы, где каждый уровень имеет свои закономерности, однако все уровни взаимосвязаны и изменения на одном уровне влияют на другие [6].

Специфика системного подхода в энергетике.

В энергетике системный подход выполняет ряд уникальных функций:

Организационный аспект. Энергетика как инфраструктурная отрасль должна рассматриваться не как обычная товаропроизводящая сфера. Электроэнергия не может быть накоплена, поэтому баланс вырабатываемой и потребляемой мощности должен сохраняться в каждый момент времени. Это требует скоординированного управления всеми компонентами системы.

Иерархическая структура. ЭЭС России состоит из семи объединённых энергетических систем (ОЭС), каждая из которых включает региональные энергосистемы. Каждый уровень иерархии имеет собственный центр управления (диспетчерское управление), однако все уровни работают в синхронном режиме [3].

Интегративные свойства. При возникновении аварии в какой-либо части системы (например, отключение электростанции) изменяется общая частота по всей ЭЭС, что демонстрирует системное свойство, не присущее отдельным элементам [3].

Объединённая энергетическая система (ОЭС) Юга Российской Федерации переживает в XXI веке интенсивное пространственное и временное развитие, обусловленное ростом потребления, интеграцией новых территорий и промышленным развитием региона. В системном анализе выделяются следующие осевые направления развития: сба-

лансированное строительство генерации, широкое цифровое преобразование управления, усиление гибкости сетевой инфраструктуры и интеграция распределённых технологий.

Пространственные и структурные изменения. Традиционная концентрация генерации – во многом тепловых электростанций на газе и угле – в Краснодарском крае и Крыму подходит к пределу пропускной способности, что связано с интенсивным ростом территориальной нагрузки. В условиях дефицита (до 860 МВт в ближайшие 5 лет на юго-западе системы) регулятор инициирует строительство новых генерирующих мощностей: в Крыму – до 338 МВт, в Краснодарском крае – до 605 МВт, с приоритетом для парогазовых технологий [1, 2].

Уникальной особенностью Юга является наибольшая доля ВИЭ в России – 11,5 % установленной мощности ОЭС происходит за счёт солнечных и ветряных электростанций. Однако распределение ВИЭ крайне неравномерно, и высокая концентрация в отдельных зонах создаёт сетевые ограничения и требует развитых управленческих и технических решений, ориентированных на интеграцию новых типов генерации без ущерба устойчивости системы [3].

В перспективе к 2030 году доля ВИЭ в установленной мощности по стране вырастет до 4,2 %, но на Юге сохраняется лидерство по этому показателю, что позволяет региону развивать направления трёх- или многокомпонентной генерации (тригенерация), обеспечивающей энергетическую диверсификацию и экологическую устойчивость [2].

Временная динамика и драйверы развития.

В течение 2020-2042 годов прогнозируется ежегодный рост потребления электроэнергии на 1,3 %. Меры по модернизации и вводу новых мощностей (88,5 ГВт в целом по стране) позволят частично компенсировать устаревание оборудования и ожидаемый дефицит в отдельных энергетических узлах. На Юге РФ ввод дополнительных генераций запланирован уже с 2026 года, при этом предпочтение отдано быстроразвивающимся решениям (газотурбинные установки). Переход к распределённым энергетическим системам и цифровизация процессов управления становятся ключевыми задачами для снижения энергетических потерь, повышения надёжности и энергетической эффективности [2, 3, 4, 5].

Вызовы и системные решения.

ОЭС Юга сталкивается с комплексом вызовов:

1) **Дефицит мощности** из-за интеграции новых территорий, роста потребления (промышленные кластеры, теплицы, транспортные объекты) [2].

2) **Износ инфраструктуры и требование к повышению устойчивости** в условиях максимальной нагрузки.

3) **Технологические вызовы интеграции ВИЭ** – необходимость балансировки, ограничения выработки, конкуренция за сетевой ресурс, необходимость дистанционного управления и автоматизации [3].

4) **Социально-экономический фактор** – рост запросов к качеству и стоимости энергоснабжения, развитие туризма и промышленности [4];

Меры системного реагирования включают:

1) Комплексное планирование через Генеральную схему размещения объектов электроэнергетики и схему и программу развития системы (СиПР).

2) Введение цифровых двойников энергосистемы, автоматизация диспетчерского управления (в том числе с применением SCADA и АСДУ).

3) Продвижение локальных гибких низкоуглеродных сетей, развитие систем хранения энергии и интеллектуального учёта ресурсов [4, 5].

4) Проведение конкурентных отборов проектов генерации (КОМ НГ), стимулирование модернизации действующих систем и внедрение новых типов генерации (ВИЭ и гибриды ПГУ/ПСУ) [2].

5) Введение национальных стандартов и нормативов для инновационных решений, обеспечивающих надёжность, совместимость и быструю интеграцию новых технологий [3].

Перспективные направления и стратегические приоритеты.

1) **Опережающее развитие энергоинфраструктуры** – сбалансированное строительство новых мощностей с учётом пространственных особенностей и пиковых нагрузок.

2) **Интеллектуализация распределённых систем** – внедрение автоматизации и цифровых решений для оперативного и долгосрочного управления сетью и генерацией.

3) **Гибкость и интеграция ВИЭ** – выравнивание нагрузки за счёт хранения, управляемого потребления и оптимизации размещения объектов ВИЭ, а также повышение устойчивости за счёт новых типов генерации.

4) **Совершенствование нормативно-правовой базы и стандартов** – ускорение инновационного развития и устранение барьеров для интеграции новых технологий.

5) **Экологическая устойчивость и энергетической эффективности** – дальнейшее развитие низкоуглеродной генерации, повышение энергетической эффективности жилого, промышленного фонда, снижение потерь.

Заключение.

Пространственно-временное развитие ОЭС Юга РФ определяется как сложный процесс, зависящий от ряда внешних (географических, климатических, демографических, экономических) и внутренних (инфраструктура, износ, технологическая база) факторов. Системный подход требует комплексной интеграции решений, от цифровизации управления до применения распределённых и гибридных энергетических моделей, чтобы обеспечить устойчивое развитие региона и его энергетическую безопасность на долгосрочную перспективу.

Список использованной литературы

1. Развитие кластерного управления топливно-энергетическим комплексом (на примере Кемеровской области-Кузбасса) // Вестник АлтГТУ. 2020. № 7-1. С. 1208.

2. На юге России нужно построить до 1 ГВт новых мощностей электроэнергии // Коммерсантъ. 2023. № 160. С. 6196900.

3. Павлушко С. А. Будущее электроэнергетики: приоритеты, вызовы и перспективы развития // Официальный сайт АО «СО ЕЭС». 2025.

4. ЦСР предложил решения для эффективного развития энергетической системы Юга России // Центр стратегических разработок. 2024.

5. ОДУ Юга: энергосистемы Северного Кавказа – перспективная площадка для развития проектов цифровой трансформации энергетики // Сайт новостей энергетики. 2022.

6. Системный подход к анализу сложных тепломассообменных установок / Е. В. Барочкин, В. П. Жуков, А. А. Борисов, Д. А. Уланов // Комбинированная энергетика. 2008. № 12.

УДК 004.89:633.1

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ ВЕГЕТАЦИИ

Рогачев А. Ф., *д-р техн. наук, профессор*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-21-20019, https://rscf.ru/project/25-21-20019/ и Волгоградской области.

Аннотация. Анализ процессов вегетации сельскохозяйственных культур, в частности зерновых, высеваемых на значительных площадях, играет важную роль в управлении аграрным производством. Экспертно-аналитический анализ признаков отклонений и дефектов развития посевов является трудоемким и затратным. Развитие возможность применения средств компьютерного зрения и методов искусственного интеллекта (ИИ) в сельском хозяйстве дает новые возможности для интеллектуального выявления состояния посевов. Объектом исследования являются процедуры классификации цветных изображений посевов озимых зерновых культур в критических фазах процесса вегетации после перезимовки. Для построения онтологической модели и формирования базы данных использовались цветные изображения высоко-

го разрешения, полученные с использованием 4К-камер. Выявление основных концептов и классов основано на анализе фенологических и морфометрических признаков роста и развития озимой пшеницы в фазе кущения с использованием цветоколористических признаков. В ходе исследования уточнена онтологическая модель изображений посевов озимой пшеницы с соответствующей разметкой для обучения ИИ (с учетом признаков дефектов развития), включающая 4 класса. Выявленные основные системные концепты, характеризующие состояние озимых зерновых культур, необходимо учитывать при построении системы интеллектуального нейросетевого распознавания состояния растений.

Ключевые слова: *вегетация сельскохозяйственных культур, классификация изображений, онтологическая модель, нейросетевой анализ.*

Объективный анализ процессов вегетации сельскохозяйственных культур, в частности зерновых, высеваемых на значительных площадях, играет важную роль в управлении аграрным производством для достижения его высокой эффективности. При этом, создание систем автоматизированного распознавания состояния растений методами компьютерного зрения (CV) требует использования онтологического моделирования, обеспечивающего системный подход к их проектированию на всех уровнях.

По краткому определению T. R. Gruber – «Онтология – это спецификация концептуализации». Отсюда, онтологическое моделирование представляет собой процесс построения модели и формального описания знаний о предметной области в виде набора классов, их свойств и типизированных отношений между ними, пригодного для машинной обработки и логического вывода [1]. Его цель – сделать знания структурированными, однозначными и интерпретируемыми, как людьми, так и компьютерными программами, в том числе в составе систем ИИ [2-4].

Суть онтологического моделирования состоит в формализованном описании, какие сущности присутствуют в предметной области, как они классифицируются и какими отношениями связаны (иерархия классов, объекты, атрибуты, отношения, ограничения) [2, 5]. В процессе моделирования уточняются границы предметной области, выделяются базовые понятия и вводятся логические аксиомы, что позволяет затем автоматически получать новые выводы и проверять согласованность знаний [5, 6].

Типичными областями применения онтологий являются:

- представление знаний и поддержка ИИ (построение доменных онтологий для экспертных систем, семантического поиска, объяснимого ИИ, гибридных систем (онтология + машинное обучение) [3, 7, 8]);

- семантические сети и графы знаний (формализация предметной области для RDF/OWL-онтологий, SPARQL – запросов, построения knowledge-графов для поисковых систем, рекомендательных сервисов и

пр. [9, 10]. Отметим достаточно универсальные возможности реализации онтологического моделирования с применением нечеткой логики, например, для слабоструктурированной предметной области [6].

В растениеводстве существуют различные задачи, связанные с анализом процессов вегетации зерновых сельскохозяйственных культур [3, 7, 11]. В упомянутых работах обоснована перспективность использования нейросетевого подхода к классификации изображений, в частности, зерновых культур, в процессе их вегетации. Это определяет актуальность применения и исследования онтологическое моделирование методов классификации изображений сельскохозяйственных культур.

Проведенный анализ известных прикладных задач в агробизнесе и инженерии выявил:

- интеграция и интероперабельность систем: согласование разнородных информационных систем и баз данных через общую онтологию, унификация терминологии и форматов данных [1, 7];

- моделирование и оптимизация процессов: онтологическое описание бизнес-процессов (Semantic BPM), имитационное моделирование и поддержка принятия решений на основе формализованной модели процессов и ресурсов [11].

Основными возможностями применения онтологического моделирования являются аналитика, поиск и причинно-следственный анализ, включая:

- интеллектуальный поиск и анализ текстовой информации: семантический поиск, извлечение сущностей и отношений, «понимание текста», классификация документов на основе онтологии;

- анализ сложных и слабоструктурированных областей: построение онтологий для предметных областей с высокой неопределенностью, включая расширение нечеткой логикой и нечетким выводом [6].

Обоснование целесообразности и сфер применения онтологического подхода в конкретных предметных областях представлено и систематизировано в публикациях [9, 10]. Однако, научно-методические вопросы применение онтологического моделирования (ОМ) для решения задач оптимизации различных процессов точного земледелия на основе онтологического моделирования распознавания изображений с применением БПЛА требуют дальнейшего решения.

В обобщенном случае, онтологическая модель может быть записана в форме [11, 12]:

$$O = <Кнц, Отн, Фнк> \quad (1)$$

где *Кнц* – множество концептов предметной области; *Отн* – множество отношений между концептами; *Фнк* – множество интерпретирующих функций.

В рамках решаемой задачи ОМ нейросетевой классификации изображений, характеризующих состояние зерновых культур в процессе вегетации, концептами являются изображения и совокупность выявляемых классов, а отношениями *Отн* – их взаимное соответствие.

Интерпретирующие функции *Фнк* могут иметь д как функциональных зависимостей, так и нечетких вида

$$Фнк = Фнк(p_i, \mu(p_i)), \quad (2)$$

где p_i – параметр, характеризующий интерпретирующую функцию; $\mu(p_i)$ – функция принадлежности.

Функция принадлежности $\mu(p_i)$ может быть в простейшем случае кусочно-линейной (треугольно, трапецеидальной) либо нелинейной, например, гауссовой, вид и параметры которой обосновываются экспертным методом.

Формальными ограничениями, накладываемыми, на компоненты онтологической модели, принимаются не пустота и конечность множества *Кнц*, при этом множества *Отн* и *Фнк* в простейших случаях (например, неразмеченный набор изображений) отсутствовать.

Аэрофотоснимки для формирования набора изображений растений выполнялись с использованием 4К-видеокамеры БПЛА на полях, засеянных озимой пшеницей после перезимовки. Анализ состояния посевов в фазе кущения позволяет выделить несколько классов состояния растений, основанных на параметрах всхожести, густоты стояния, развития кущений и признаков дефицита элементов питания. На изображении нескольких рядов растений после перезимовки наблюдается одновременно несколько классов развития растений, что требует их углубленной классификации по фенологическим признакам для последующего интеллектуального распознавания (рис. 1).

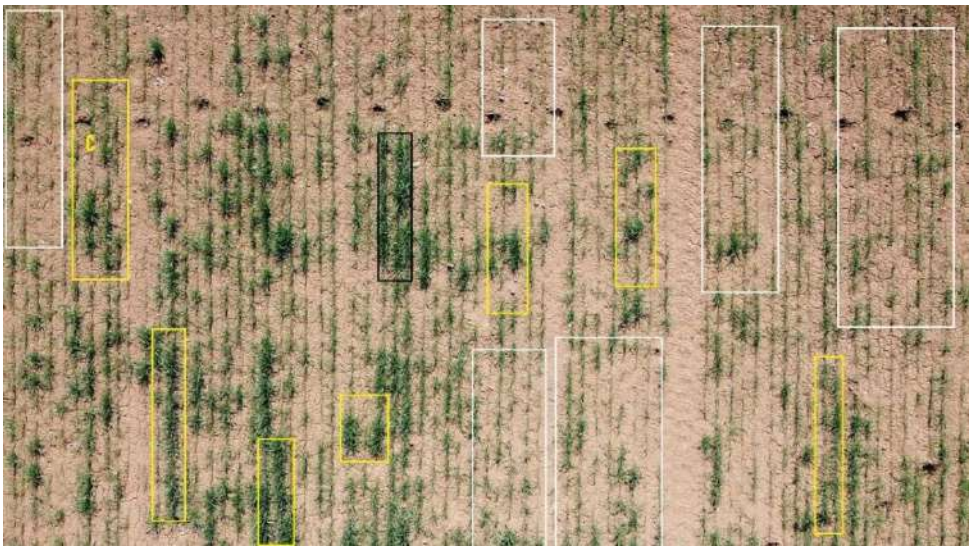


Рисунок 1 – Типичное изображение развития растений в фазе кущения

При этом могут использоваться такие морфометрические и фенологические признаки, как цвет текстура и форма листьев, состояние кущение растений т. п. (табл. 1).

Представленная классификация является минимально достаточной и может быть положена в основу построения онтологической модели для создания автоматизированной компьютерной системы интеллектуального распознавания состояния растений.

Таблица 1 – Классификационные признаки посевов озимой пшеницы в фазе кущения

Класс	Подкласс	Типичное изображение	Выявляемые атрибуты
1 Нормальное развитие	1.1 Оптимальное развитие		Цвет листьев: зеленый и его оттенки). Текстура листьев: гладкая
2 Отклонения развития	2.1 Угнетенные растения		Цвет листьев: оттенки зеленого; Текстура листьев: гладкая; Тип кущения – неравномерное; Присутствие признаков стресса и/или угнетения
	Проблемы развития: 2.2.1 последствия перезимовки; 2.2.2 дефицит питания; 2.2.3 уплотнённая почва		Полностью либо частично оголённые участки между рядами или в рядах. Требуется детализированное целевое дополнение датасета.
	2.3 Развитие локальное компенсаторное		Цвет листьев: оттенки зеленого; Текстура листьев: гладкая; Форма растения: неравномерное кущение

С учетом возможности наличия дополнительных подклассов, как нормального развития (например, густота стояния), так и его дефектов (неравномерное кущение, прорехи и пр.), целесообразно применить компьютерную модель онтологии для построения разрабатываемой системы.

Выделенные классы состояния растений на фазе кущения позволяют провести стратификацию поля по уровню их развития и может использоваться в точном земледелии при корректировке агротехнических приёмов и норм удобрений.

Отметим значительный визуальный разброс изображений различных подклассов, что накладывает повышенные требования к объемам и параметрам датасетов и архитектуры нейросетей, применяемых для их интеллектуального компьютерного распознавания, особенно в условиях малых обучающих выборок [8].

Перспективными направлениями использования рассмотренных подходов ОМ являются:

- биология, финансы, образование, робототехника: медицинские онтологии (SNOMED, UMLS) для поддержки диагноза, финансовые онтологии для оценки рисков и фрода, онтологии компетенций в e-learning, онтологии для сценового понимания в робототехнике [9];

- бизнес-аналитика и корпоративные данные: онтологии как основа корпоративных словарей и метаданных, управление данными и автоматизация аналитических и управленческих решений [7-8].

Кроме того, представляется перспективным сочетание гибридных систем (онтология и машинное обучение) для использования знаний при поддержке ИИ (построение экспертных систем, семантического поиска, объяснимого ИИ).

Проведенные теоретические и полевые исследования позволили сделать следующие выводы:

Выявлены основные подклассы, характеризующие состояние растений зерновых культур после перезимовки, которые необходимо учитывать при построении системы компьютерного интеллектуального распознавания их состояния.

Обоснована уточненная структура онтологической модели классов цветных изображений посевов озимых зерновых культур в процессе вегетации после перезимовки, которую можно использовать для интеллектуального нейросетевого выявления и распознавания состояния всходов растение озимых культур.

Перспективным направлением является применение гибридных систем (сочетание онтологии и машинное обучение) для использования знаний при поддержке ИИ (построение экспертных систем, семантического поиска и объяснимого ИИ).

Список использованной литературы

1. Онтологическое моделирование: цели и средства. https://trinidata.ru/tech_intro.htm

2. Онтология. http://db4.sbras.ru/elbib/data/show_page.phtml?20+57

3. Рогачев А. Ф., Токарев К. Е. Системный анализ и нейросетевые методы оперативного мониторинга всходов озимой пшеницы после перезимовки в условиях континентального климата. Известия НВ АУК. 2025. № 4 (82).

4. Горшков С. Введение в онтологическое моделирование // ООО «Трини-Дата». 2018. https://trinidata.ru/tech_modeling.htm

5. Гусарова Н. Ф., Сысоева В. В. Онтологическое моделирование слабоструктурированной предметной области с применением нечеткой логики // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2017. Т. 17. № 4. С. 711-718.

6. Pawlicka M. Ontologies. A tool supporting AI and business. https://makolab.com/insights/ontologies-a-tool-supporting-ai-and-business

7. Сметанин А. А., Гончаров П. В., Ососков Г. А. Выбор методов глубокого обучения для решения задачи распознавания болезней растений в условиях малой обучающей выборки // Системный анализ в науке и образовании». 2020. № 1. С. 30-38.

8. Смирнов С. В. Онтологическое моделирование в ситуационном управлении // Онтология проектирования. 2012. № 2 (4). С. 16-24.

9. Садовникова Н. П., Львова Ю. С., Санжапов Б. Х. Концептуальная модель процесса поддержки принятия решений в условиях неопределенности исходной информации на основе онтологического подхода // Открытое образование. 2011. № 2-2. С. 185-187.

10. Рогачев А. Ф., Захаров Д. С. Системный подход к построению онтологии для автоматизации составления расписания многоуровневого вуза // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. 2025. Т. 26. № 1. С. 39-51.

11. Rogachev A. F., Zakharov D. S. A systematic approach to ontology construction for automating the scheduling of a multilevel university. RUDN Journal of Engineering Research. 2025. № 26 (1). Pp. 39-51.

УДК 004.89+631.67

АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ОРОШАЕМЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ

Рогачев А. Ф., *д-р техн. наук, профессор*
Токарев К. Е., *канд. экон. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-21-20019, https://rscf.ru/project/25-21-20019/ и Волгоградской области.

Аннотация. Системно рассмотрено применение цифровых и интеллектуальных технологий для оптимизации управления орошаемыми агрофитоценозами в условиях засушливого климата. Проведён мета-анализ методов искусственного интеллекта, включая нейросетевые системы, нечёткую логику и системы дистан-

ционного зондирования Земли. Показано, что интеграция этих технологий в единую цифровую платформу управления позволяет повысить продуктивность культур на 15-25 %, снизить водопотребление на 20-30 % и оптимизировать экономическую эффективность производства. Предложены инновационные подходы к управлению системным водопользованием с применением моделей-двойников и гибридных нейро-нечётких систем.

Ключевые слова: *цифровые технологии, точное земледелие, нейросетевые системы, дистанционное зондирование, оптимизация водопользования, засушливые условия.*

Введение. Засушливые регионы, к которым относятся значительные территории Волгоградской области и других аграрных зон Юга России, характеризуются необходимостью эффективного использования водных ресурсов для обеспечения высокой продуктивности растений. Проблема усугубляется климатическими изменениями, которые приводят к возрастающей вариабельности влагозапасов почв и непредсказуемости гидротермических условий [1]. Традиционные подходы к управлению орошением не способны адекватно реагировать на динамичные изменения состояния агрофитоценозов и условий внешней среды.

В последние два десятилетия произошла революция в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), создавшая предпосылки для внедрения цифровизации в сельское хозяйство. Искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение, Интернет вещей (IoT), системы дистанционного зондирования Земли и облачные вычисления открывают новые возможности для принятия обоснованных решений в управлении агроэкосистемами. Согласно последним исследованиям, цифровизация сельского хозяйства способна повысить эффективность водопользования на 25-35 %, увеличить урожайность на 15-25 % и снизить затраты на производство на 20-30 % [4, 6].

Актуальность данной работы определяется необходимостью системного анализа и обобщения опыта применения цифровых и интеллектуальных технологий в условиях засушливого земледелия. Целью статьи является анализ современного состояния и перспектив развития цифровых интеллектуальных технологий для повышения продуктивности орошаемых агрофитоценозов в засушливых условиях.

Предварительный аналитический обзор перспективных цифровых технологий (ЦТ) в точном земледелии и растениеводстве, реализуемых в условиях орошения, позволил выявить следующие укрупненные группы, сведенные в таблице 1.

Проведем анализ структуры и содержания перечисленных направлений на основе системного подхода.

Таблица 1 – Взаимосвязь укрупненных групп ЦТ в точном земледелии в условиях орошения

Укрупненная группа ЦТ	Подгруппа ЦТ	Основная область
1 Цифровые технологии в управлении орошением	Основные направления цифровизации оросительных систем	IT
	Интернет вещей (IoT) в управлении оросительными комплексами	IT
	Облачные платформы для управления данными	IT, AI
2 Методы искусственного интеллекта в управлении продуктивностью агрофитоценозов	Нейросетевые системы управления	Полевые опыты
	Нечёткие системы и гибридные нейро-нечёткие подходы	IT, AI
	Глубокое обучение и анализ спутниковых данных	AI
3 Дистанционное зондирование Земли в управлении орошаемыми агрофитоценозами	Основные вегетационные индексы и их применение	IT, AI
	Оценивание параметров состояния биомассы по дистанционным данным	Полевые опыты
	Интеграция дистанционного мониторинга с системами управления	
4 Перспективные направления дальнейшего развития	Вызовы, определяющие направления дальнейшего развития	
	Основные научно-технологические задачи, требующие решения	IT, AI, полевые опыты

1. Цифровые технологии в управлении орошением.

1.1 Основные направления цифровизации оросительных систем.

Современные оросительные системы в условиях засушливого климата требуют комплексного переосмысления подходов к их проектированию и эксплуатации. Работы Бородычева В. В. и его последователей показали, что оптимизация параметров оросительной системы в условиях сочетания орошаемого массива с богарными участками требует применения математического моделирования и систематического анализа гидротермических показателей [1]. При этом особое внимание уделяется необходимости создания гибких систем управления, способных адаптироваться к изменяющимся условиям водообеспечения растений.

Цифровизация оросительных комплексов предполагает следующие ключевые направления:

1. Мониторинг и сбор данных – внедрение сенсорных сетей для постоянного контроля влажности почвы, метеорологических параметров (температура воздуха, влажность, солнечная радиация) и состояния растений.

2. Интеллектуальная обработка данных – применение методов искусственного интеллекта для анализа больших объёмов информации и выявления закономерностей в развитии агрофитоценозов.

3. Автоматизированное управление – внедрение систем автоматического управления поливами, основанных на прогнозном анализе потребности растений в воде.

4. Интеграция с системами дистанционного мониторинга – использование космических и дронов для оценки состояния посевов и выявления пространственной вариабельности урожайности.

1.2 Интернет вещей (IoT) в управлении оросительными комплексами.

Развитие технологий Интернета вещей создало предпосылки для создания интегрированных систем управления орошением в реальном времени. IoT-системы позволяют устанавливать датчики влажности почвы, температуры, давления и потока воды непосредственно на оросительных участках, с передачей данных на центральный сервер через беспроводные сети [7].

Согласно современным исследованиям, IoT-системы обеспечивают следующие преимущества:

- точность управления – датчики позволяют учитывать пространственную вариабельность влагозапасов и давать локальные рекомендации по поливу;
- снижение водопотребления – благодаря автоматическому контролю исключаются избыточные поливы, обычные при использовании временных программ;
- энергоэффективность – система может оптимизировать режим работы насосов в соответствии с фактическими потребностями растений;
- удалённый доступ – специалисты могут мониторить состояние системы и вносить корректировки с мобильных устройств.

Исследования показывают, что применение IoT в оросительных системах может снизить объёмы подачи воды на 20-30 % без ущерба для урожайности, а в некоторых случаях даже способствовать её увеличению на 10-15 % [7].

1.3 Облачные платформы для управления данными.

Цифровая трансформация аграрного производства немыслима без создания интегрированных облачных платформ, где аккумулируются и обрабатываются данные о состоянии посевов, погодных условиях, ресурсах и экономических показателях. Облачные решения предоставляют следующие возможности:

- масштабируемость обработки больших массивов данных;
- возможность интеграции разнородных источников информации;
- обеспечение постоянной доступности системы;
- снижение затрат на информационную инфраструктуру за счёт аутсорсинга.

На российском рынке развиваются специализированные платформы для управления точным земледелием и орошением, которые позволяют интегрировать данные с IoT-датчиков, спутниковых снимков и метеостанций для принятия обоснованных управленческих решений.

2. Методы искусственного интеллекта в управлении продуктивностью агрофитоценозов.

2.1 Нейросетевые системы управления.

Нейросетевые технологии представляют собой один из наиболее перспективных инструментов для моделирования сложных нелинейных процессов, протекающих в системе "почва-растение-атмосфера". Работы Мелиховой Е. В. и других исследователей посвящены разработке методологии подготовки ретроспективных данных для нейросетевых систем управления программируемым аграрным производством в засушливых условиях Волгоградской области [3].

Преимущества нейросетевых систем в управлении орошаемыми агрофитоценозами:

1. Адаптивность – сеть обучается на исторических данных и может предсказывать потребности растений в воде в изменяющихся условиях.

2. Нелинейность моделирования – нейросети способны выявлять сложные нелинейные зависимости между гидротермическими условиями, фенофазами растений и их продуктивностью.

3. Обработка неполной информации – сети могут работать с данными, содержащими шумы и пропуски.

4. Быстрота принятия решений – обученная сеть способна в реальном времени выдавать рекомендации по управлению системой.

Применение нейросетевых систем в управлении орошением позволяет повысить точность прогноза требуемых объёмов поливов на 15-25 %, что в условиях дефицитного водопользования имеет критическое значение [3, 4].

2.2 Нечёткие системы и гибридные нейро-нечёткие подходы.

Нечёткая логика предоставляет инструмент для формализации приближённых рассуждений и неточных знаний, свойственных человеческому опыту в сельскохозяйственном производстве. В отличие от классической двоичной логики, нечёткая логика позволяет оперировать лингвистическими переменными (например, «высокая влажность», «умеренный полив») и правилами вида «если-то».

Гибридные нейро-нечёткие системы сочетают достоинства нейросетей (способность к обучению) и нечёткой логики (интерпретируемость решений). Исследования В. Н. Щедрина, Е. В. Мелиховой, К. Е. Токарева, И. С. Белоусова и других авторов показали, что применение гибридных нейро-аналитических и нейро-нечётких

систем для управления мелиоративным режимом позволяет эффективно решать задачи [8, 9]:

- прогноза требуемых сроков и объёмов поливов на основе текущего состояния почвенной влаги и прогноза осадков;
- оценки уровня водного стресса растений по комплексу признаков;
- оптимизации работы оросительной системы с учётом реальных ограничений по давлению, расходам и энергопотреблению.

Практическое применение таких систем в хозяйствах засушливой зоны показало снижение расходов воды на 25-30 % при сохранении или увеличении урожайности на 10-20 % [8].

2.3 Глубокое обучение и анализ спутниковых данных.

Развитие методов глубокого обучения (deep learning) открыло новые возможности для обработки больших объёмов спутниковых и дроновских снимков в целях оценки состояния посевов. Сверточные нейронные сети позволяют автоматически выявлять и классифицировать признаки стресса растений, поражений болезнями и определять пространственную вариабельность продуктивности [10].

В работах исследователей показано применение глубокого обучения для:

- сегментации космических изображений в целях идентификации границ полей и выделения однородных участков;
- классификации типов почв и культур по спектральным характеристикам;
- прогноза урожайности на основе анализа растительных индексов в различные фенологические фазы развития растений;
- раннего выявления очагов заболеваний растений и очагов размножения вредителей.

Применение методов глубокого обучения к спутниковым данным Landsat 8 и Sentinel-2 позволяет значительно снизить затраты на полевой мониторинг и получать оперативную информацию для принятия управленческих решений в масштабах больших агрохозяйств [10].

Перспективным направлением является развитие интегрированных региональных систем управления водопользованием, которые объединяют цифровые системы отдельных хозяйств в единую сеть, позволяя оптимизировать водораспределение на уровне ирригационных систем и целых регионов с учётом ограниченности водных ресурсов [6].

3. Направления дальнейшего развития основного применения интеллектуальных технологий в точном орошаемом земледелии.

Несмотря на достигнутые успехи, перед цифровизацией орошаемого земледелия стоят серьёзные задачи, определяющие направления дальнейшего развития:

1. Интеграция гетерогенных данных – создание универсальных платформ, позволяющих интегрировать данные из разных источников и производителей оборудования.

2. Повышение надёжности и отказоустойчивости – обеспечение функционирования систем в условиях отказов коммуникаций, сбоев датчиков и других непредвиденных ситуаций.

3. Разработка более совершенных моделей – создание моделей, которые лучше отражают сложность реальных почвенно-климатических условий и вариабельность растений.

4. Снижение стоимости оборудования и услуг – масштабирование производства датчиков и платформ для снижения цены, доступной для малых хозяйств.

5. Экологическая оптимизация – разработка алгоритмов управления, которые одновременно оптимизируют производительность, водопотребление и воздействие на окружающую среду.

Основные научно-технологические задачи, требующие решения:

1. Разработка методов предсказания потребностей растений в воде с высокой точностью при наличии ограниченных входных данных [4].

2. Создание интегрированных моделей, которые одновременно описывают водный, тепловой и пищевой режимы растений [5].

3. Исследование влияния цифровизации на устойчивость агроэкосистем к климатическим изменениям.

4. Разработка методов восстановления пропущенных данных мониторинга при сбоях датчиков.

5. Оценка экономической целесообразности внедрения цифровых технологий в условиях разных масштабов хозяйств и климатических зон.

Заключение. Цифровизация и применение методов ИИ в управлении орошаемыми агрофитоценозами представляют собой инновационное направление развития аграрного производства в засушливых условиях. Проведённый анализ показывает, что интеграция следующих компонентов позволяет достичь значительного повышения эффективности использования водных ресурсов (на 25-35 %), увеличения продуктивности культур (на 15-25 %) и оптимизации экономических показателей производств:

- систем мониторинга на основе IoT и дистанционного зондирования;
- методов нейросетевого моделирования и нечёткой логики;
- моделей-двойников для прогнозирования и оптимизации;
- облачных платформ для обработки и анализа данных.

Вместе с тем, для широкого внедрения этих технологий необходимо преодолеть ряд научно-технических проблем:

1. Высокие начальные инвестиции в оборудование и разработку программного обеспечения.

2. Дефицит квалифицированных кадров, способных работать с новыми технологиями.

3. Отсутствие стандартизированных интерфейсов и протоколов для интеграции оборудования различных производителей.

4. Необходимость развития информационной инфраструктуры в сельских регионах.

5. Потребность в дополнительных исследованиях для адаптации методов к условиям засушливого климата.

Важная роль в ускорении цифровой трансформации сельского хозяйства должна принадлежать государственной поддержке через программы субсидирования, налоговые льготы и развитие образовательных программ. Необходимо также укрепление сотрудничества между аграрными вузами, научно-исследовательскими организациями и практическими хозяйствами для проверки и совершенствования цифровых технологий в условиях реального производства.

В целом, внедрение цифровых интеллектуальных технологий является критически важным фактором обеспечения продовольственной безопасности и устойчивого развития аграрного производства в условиях засушливого климата и глобальных климатических изменений.

Список использованной литературы

1. Бородычев В. В. Оптимизация параметров оросительной системы в условиях сочетания в её пределах орошаемого массива с богарным // Мелиорация и водное хозяйство. 2007. № 6. С. 23.

2. Михайленко И. М. Оценивание параметров состояния биомассы корнеплодных культур по данным дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025. Т. 22. № 3. С. 161-170.

3. Мелихова Е. В. Подготовка ретроспективных данных для нейросетевой системы управления программируемым аграрным производством в засушливых условиях волгоградской области // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 2. С. 19.

4. Рогачев А. Ф., Токарев К. Е. Мета-анализ цифровых технологий и методов ИИ для повышения продуктивности орошаемых агрофитоценозов в условиях засушливого климата // Journal of Agriculture and Environment. № 11 (63).

5. Рогачев А. Ф. Математическое моделирование экономической динамики в аграрном производстве. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2014. 172 с.

6. Технология управления системным водопользованием с применением методов искусственного интеллекта и моделей – двойников организации / Д. А. Рогачев, Л. В. Кирейчева, И. Ф. Юрченко и др. // Международный сельскохозяйственный журнал. 2024. № 4 (400). С. 404-410.

7. Цифровые технологии и интеллектуальные системы управления оросительным комплексом с учетом фактических влагозапасов / Д. А. Соловьев, Г. Н. Камышова, Д. А. Колганов, Н. Н. Терехова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 368-379.

8. Crops reclamation management based on hybrid neuro-fuzzy systems / K. E. Tokarev, Yu. A. Orlova, A. F. Rogachev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: conference proceedings. Krasnoyarsk, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. Vol. 421. P. 42015.

9. Fuzzy Cognitive Modeling of the Integral Level of Regional Food Security / A. F. Rogachev, E. N. Antamoshkina, E. V. Melikhova, T. V. Pleschenko // Scientific and Technical Revolution: Yesterday, Today and Tomorrow. Krasnoyarsk: Springer, 2020. Pp. 1173-1181.

10. The intelligent analysis system and remote sensing images segmentation engineering by using methods of advanced machine learning and neural network modeling / K. E. Tokarev, Yu. A. Orlova, A. F. Rogachev [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. Vol. 734 P. 12124.

УДК 339.37:004

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СФЕРЫ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛИ

[1]Рябова В. В., *студент*
[1]Кашуба А. Д., *студент*
[1]Нестеров П. Ю., *преподаватель*
[2]Руденко А. Ю., *канд. экон. наук, преподаватель*

[1]ФГБОУ ВО ВолгГТУ
[2]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Проведен анализ цифровой трансформации в контексте обеспечения конкурентоспособности в сфере розничной торговли. Рассмотрены основные модели сбыта и их параметры. Подробно изучена роль маркетплейсов как наиболее динамично развивающийся сегмент экономики. Исследованы преимущества и системные риски цифровизации.

Ключевые слова: *цифровая трансформация торговли, розничная торговля, маркетплейсы.*

В современной экономике цифровая трансформация стала ключевым фактором, определяющим конкурентоспособность как государств, так и отдельных компаний. Сущность данного процесса заключается в фундаментальной трансформации бизнес-моделей и социальных институтов под влиянием внедрения передовых сквозных тезнологий, применимых во всех отраслях. Розничная торговля является одной из самых инновационно-восприимчивых сфер. Оперативная адаптация на вызовы рыночной среды позволяет компаниям получить устойчивое конкретное преимущество.

Цифровая трансформация мировой экономики кардинально изменила структуру потребления и приоритеты покупателей. В период с 2014 по 2022 год глобальный объем розничных продаж через каналы электронной коммерции продемонстрировал рост более чем в 4 раза –

с 1,336 до 5,717 трлн долларов США. За этот же период доля онлайн-торговли в общем объеме розничных продаж в мире увеличилась на 12,3 %, достигнув отметки в 19,7 %. Аналогичная тенденция наблюдается и в России: в 2023 году объем отечественного рынка достиг 7,4 трлн рублей, что на 30 % превысило показатели предыдущего года, а доля интернет-продаж в общем розничном товарообороте страны составила 19 % [8]. Причиной наблюдаемого тренда выступает очередная фаза технологической эволюции, следствием которого стало развитие связей в системе взаимодействий «бизнес – общество – государство» [2]. Таким образом, произошедшие изменения носят не циклический, а структурный характер, закрепляя новую модель взаимодействия между продавцом и потребителем.

Розничная и оптовая торговля в значительной степени стимулируют экономический рост в России, демонстрируя собственную высокую динамику развития.

По данным Росстата [7], наибольший вклад в ВВП внесли (рис. 1):

— обрабатывающие производства – 14,6 %;
— розничная и оптовая торговля – 13,1 %;
— добыча полезных ископаемых – 11,7 %;
— недвижимость – 10,6 %;
— финансовая и страховая деятельность – 9,8 %;
— научная деятельность – 5,6 %;
— строительство – 5,0 %;
— информация и связь – 2,2 %.



Рисунок 1 – Структура ВВП по отраслям

Традиционная розничная торговля, основанная на физических торговых точках, позволяет потребителям взаимодействовать с товарами – осматривать, оценивать и тестировать их перед приобретением. Данный формат, существующий на протяжении многих веков, ха-

рактеризуется значительным разнообразием: от небольших семейных предприятий с гибким ассортиментом и ограниченным оборотом до крупных розничных сетей, предлагающих широкий спектр товаров и услуг. Сохраняя роль традиционной розницы, предприниматели все чаще определяют электронную торговлю в качестве приоритетного направления для сбыта продукции. Каждая из этих моделей обладает уникальным набором характеристик, определяющих их преимущества и ограничения (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ ключевых параметров моделей торговли

Критерий сравнения	Электронная (онлайн) торговля	Традиционная (офлайн) торговля
Локация совершения покупки	Виртуальная площадка (сайт/приложение)	Физическое пространство (торговый зал)
Основные факторы покупки	Цифровой контент (изображения, описания, отзывы)	Непосредственное восприятие (органолептические свойства)
Физический контакт с товаром на этапе выбора	Отсутствует	Предоставляется в полной мере
Трудозатраты времени на совершение покупки	Минимальные (не требуют посещения торговой точки)	Существенные (включают необходимость транспортировки до точки)
Трудозатраты покупателя на процесс покупки	Минимальные (процесс заказа занимает минуты, не требует перемещения)	Затратное (включает дорогу, поиск товара, очередь на кассе)
Характер взаимодействия «покупатель – продавец»	Опосредованный (онлайн-чат, электронная почта, колл-центр)	Прямой (личная консультация)
Форма оплаты	Электронные платежи (банковская карта, переводы, электронные кошельки), наложенный платеж	Наличный расчет, банковаская карта, мобильные платежи
Время получения товара	Отсроченное (срок зависит от доставки)	Мгновенное (после оплаты на кассе)

Наиболее динамичную траекторию развития показывают маркетплейсы, обеспечивающие охват значительной доли потребителей и предлагающие комплексную инфраструктуру, включая логистические, маркетинговые и информационные решения [8]. Маркетплейс представляет собой многостороннюю платформу, организующую виртуальное торговое пространство для взаимодействия продавцов, размещающих информацию о товарах, и покупателей, осуществляющих их выбор и приобретение. К числу крупнейших операторов данного сегмента на национальном рынке России относятся такие платформы, как Wildberries, Ozon и Яндекс Маркет. В товарной структуре трафика

Wildberries лидирующее положение занимает категория «одежда, обувь и аксессуары» [9]. На общем рынке доминируют технические устройства и электроника. На этом фоне отмечается трансформация потребительского пути в сторону многоканальной модели (рис. 2).



Рисунок 2 – Использование интернета населением России для заказа товаров (услуг)

Внедрение подобных инноваций, а именно комплексных систем оптимизации торговли, позволяет минимизировать издержки, нарастить пропускную способность точек продаж и повысить качество обслуживания, что в совокупности формирует основу для эффективного оперативного управления торговой компанией [6].

В Послании Президента Российской Федерации В. В. Путина Федеральному Собранию была поставлена задача по созданию к 2030 году цифровых платформ во всех ключевых отраслях экономики и социальной сферы [5]. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» определила стратегическое направление для цифровой трансформации бизнеса и развития цифрового сегмента российского предпринимательства. Фундаментальным условием цифрового развития является доступ к сети Интернет [1]. Кризис 2020 года выступил катализатором интенсивного развития онлайн-торговли. В указанный период национальный рынок цифровых розничных услуг продемонстрировал значительный рост. При этом его оборот увеличился на 58,5 % по сравнению с 2019 годом, достигнув 3,2 трлн рублей [9].

Внедрение цифровых решений в розничной торговле сопряжено с комплексом трудностей. Компании сталкиваются с отсутствием опыта реализации подобных проектов и дефицитом квалифицированных кадров. Параллельно с внутренними проблемами возникают и внешние вызовы, связанные с пользователями. Бизнес отмечают недо-

статочную технологическую грамотность потребителей [4]. Кроме того, цифровая трансформация порождает системные риски для экономики и общества. К числу наиболее значимых относятся:

- цифровое неравенство, выражающееся в дифференцированном доступе и освоении технологий различными социальными группами;
- структурные изменения на рынках, включая сокращение или исчезновение традиционных рыночных сегментов;
- трансформация рынка труда, вызванная заменой ряда профессий технологическими решениями на основе искусственного интеллекта;
- киберриски, связанные с угрозами безопасности в цифровой среде.

Формирование эффективной политики в сфере цифровой розничной торговли требует многоуровнего подхода. На национальном уровне главная задача заключается в выявлении макроэкономических и регуляторных рисков, а на региональном уровне должна учитываться специфика местной экономики, сложившейся структуры потребительского спроса и существующей инфраструктурной базы.

Несмотря на существующие барьеры, внедрение цифровых инструментов в розничной торговле приносит бизнесу значительные преимущества, которые существенно превосходят сопутствующие трудности. К числу основных выгод относятся [4]:

- оптимизация продаж за счет снижения временных и операционных издержек;
- гибкая персонализация взаимодействия с клиентом, включая таргетированный показ товаров, индивидуальные цены и специальные предложения;
- повышение операционной эффективности благодаря повышению производительности персонала и ускорению обработки заказов;
- автоматизация документооборота, минимизирующая влияние человеческого фактора.

Среди макротрендов, определяющих развитие отрасли можно выделить массовое подключение к интернету, создающее возможности глобального охвата аудитории и мобильных технологий (рис. 3); рост мобильной коммерции, стимулируемый высокой частотой использования смартфонов.

Сфера торговли и услуг стала одним из первых сегментов экономики, осуществивших переход на цифровые модели ведения бизнеса. Параллельно с этим наблюдается устойчивая тенденция к сокращению числа офлайн-магазинов. Период экспоненциального роста, характеризовавшийся многократным увеличением объема заказов, завершился, уступив место стадии стабилизации, что свидетельствует об исчерпании потенциала для масштабного ускорения маркетплейсов в России. Даль-

нейшее развитие торговых платформ в значительной степени зависит от совокупного влияния таких факторов, как законодательное регулирование, конкурентная среда, технологический прогресс и динамика потребительских предпочтений. Способность маркетплейсов к оперативной адаптации к этим изменениям представляет собой необходимое условие сохранения их конкурентоспособности на рынке.



Рисунок 3 – Использование интернета населением России

Список использованной литературы

1. Развитие цифрового сегмента российского предпринимательства в условиях пандемии / А. А. Абалакин, А. В. Яковлев, В. А. Акименко, Е. В. Денисова // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2023. Т. 8. № 2. С. 148-159.

2. Комарчева О. С. Оценка степени готовности предприятий торговли и сферы услуг к цифровой трансформации // Вестник КемГУ. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2020. Т. 5. № 3. С. 375-386.

3. Писарева Е. В. Трансформация торгового сектора в регионе в результате интенсивного развития маркетплейсов // BENEFICIUM. 2024. № 2 (51). С. 80-87.

4. Половян А. В. Тенденции цифровой трансформации в розничной торговле // Вестник ДонНУ. Сер. В. Экономика и право. 2023. № 1. С. 126-134.

5. Российская ассоциация электронных коммуникаций (РАЭК). https://raec.ru/live/branch/14378

6. Савина А. Г. Специфика и направления цифровой трансформации сферы розничной торговли // Экономическая среда. 2019. № 2 (28). С. 9-15.

7. Стратегии роста. https://strategra.ru/news/tpost/m4a7xx8z91-vvp-rossii-v-2024-godu

8. Уварова Л. А. Моделирование процессов сбыта в системе «производитель – маркетплейс» // Вестник Пермского университета. Серия «Экономика». 2024. Т. 19. № 3. С. 284-299.

9. Развитие рынка цифровых услуг розничной торговли в условиях кризиса: проблемы и перспективы / Н. В. Усова, М. П. Логинова, Э. Э. Недоросткова // Вопросы управления. 2022. № 3 (76). С. 77-88.

УДК 004.81:519.87

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АНАЛИЗЕ И СБОРЕ ДАННЫХ КЛИЕНТОВ

[1]Свирский М. А., *магистрант*
[2]Мильченко Н. Ю., *канд. техн. наук, преподаватель*

[1]ФГБОУ ВО ВолгГТУ
[2]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены возможности применения технологий искусственного интеллекта и математического моделирования в анализе потребительских данных на маркетплейсах. Описан практический опыт разработки цифрового помощника интеллектуального выбора продукции «ОТЗОВИК», который будет анализировать комментарии товаров, очищать их от спама и выдавать положительные и отрицательные качества товара. Представлены архитектура системы, методы фильтрации спама, классификации тональности и агрегации информации.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, цифровой помощник, агрегация данных, генеративные модели, онлайн сервисы, цифровые технологии.*

В современной цифровой экономике искусственный интеллект становится ключевым инструментом трансформации клиентского сервиса. Технологии машинного обучения и обработки естественного языка позволяют компаниям создавать системы, способные не просто автоматизировать рутинные операции, а выстраивать персонализированные и доверительные отношения с каждым клиентом [3, 8].

Показателен пример сеть кофеен Starbucks, где собственная нейросеть анализирует историю заказов, предпочтения и даже погоду, чтобы предлагать посетителям через мобильное приложение персональные рекомендации. Это увеличивает средний чек и повышает качество обслуживания.

Креативные индустрии также активно внедряют ИИ. Например, сервис Яндекс Музыка использует нейросеть для анализа музыкальных предпочтений и создания уникальных персональных плейлистов, учитывающих не только историю прослушивания, но и текущее настроение пользователя.

Другой интересный кейс Яндекса – внедрение голосового ассистента "Алиса" для обслуживания клиентов Яндекс Маркета. Ассистент помогает отслеживать статус заказов, может принимать возвраты, консультировать по ассортименту и даже распознавать эмоциональную окраску речи клиента, передавая сложные случаи живому оператору с уже подготовленной историей запроса.

Маркетплейсы тоже не отстают, так, Wildberries использует сложную систему рекомендаций на основе ИИ, которая анализирует поведенческие паттерны миллионов пользователей, чтобы предлагать

релевантные товары. Эта система учитывает историю просмотров и покупок конкретного пользователя, сезонность, тренды, а также погодные условия в регионе доставки.

Однако, несмотря на активное внедрение ИИ в клиентский сервис и систему рекомендаций, одна из ключевых проблем для покупателей остаётся нерешённой – необходимость быстро и объективно оценить качество товара на основе реальных отзывов. Существующие системы редко анализируют пользовательские комментарии комплексно, не фильтруют спам и не выделяют структурированные преимущества и недостатки товаров [1].

По данным опроса Центра изучения потребительского поведения (ЦИПП) Роскачества, у каждого 5-го россиянина возникали те или иные спорные ситуации или проблемы с продавцами при покупке товаров на маркетплейсе. В большинстве спорных ситуаций потребителям удалось решить вопрос. В 55 % случаев у пользователей была возможность подключить представителя площадки, который помог в решении спора. В 30 % случаев такой возможности не было. А вот чуть больше трети опрошенных (35 %) рассказали о случаях, когда проблему не получилось решить ни с маркетплейсом, ни с продавцом.

Именно для решения этой задачи и был разработан цифровой помощник «ОТЗОВИК» – система, которая с помощью методов машинного обучения и математического моделирования проводит интеллектуальный анализ отзывов, очищает их от нерелевантного контента и предоставляет пользователю ясную картину на основе мнений реальных покупателей.

Проект «ОТЗОВИК» представляет собой цифрового помощника, который помогает пользователям принимать осознанные решения при выборе продукции на маркетплейсах и в интернет-магазинах. Мы создаем инструмент, использующий передовые алгоритмы обработки естественного языка для глубокого анализа отзывов и автоматического выделения ключевых преимуществ и недостатков товаров.

Наш проект будет полезен широкому кругу пользователей – от активных покупателей онлайн-магазинов до тех, кто ценит время и хочет сделать правильный выбор с первого раза. Также «ОТЗОВИК» станет ценным инструментом для продавцов, которые стремятся улучшить качество своих товаров на основе объективной обратной связи.

С помощью «ОТЗОВИКА» пользователи смогут избежать недобросовестных продавцов и некачественных товаров, ознакомиться с реальным опытом покупок других клиентов и сделать взвешенный выбор для комфортного шопинга. Для бизнеса наш сервис предоставляет возможности контроля качества продукции, анализа конкурентов, быстрого выявления недостатков товаров и оптимизации бизнес-стратегии.

Главная цель проекта «ОТЗОВИК» – помочь потребителям оценить качество товаров, избежать разочарования от покупки и сэкономить время, одновременно предоставляя бизнесу ценную обратную связь для улучшения продукции и сервиса.

Цифровой помощник «ОТЗОВИК» представляет собой комплексную аналитическую систему, построенную на технологиях искусственного интеллекта и машинного обучения. Архитектура системы спроектирована как многоуровневая микросервисная платформа, где каждый модуль отвечает за определенный этап обработки и анализа пользовательских отзывов. Основой интеллектуальной составляющей системы являются языковые модели, GPT и GigaChat от СБЕРА.

Техническая реализация системы выполнена на языке Python с использованием фреймворка FastAPI для веб-интерфейса и PostgreSQL в качестве основной системы хранения данных. Особое внимание при разработке было уделено созданию модульной архитектуры, позволяющей легко масштабировать систему и добавлять поддержку новых маркетплейсов. Ключевым преимуществом выбранной архитектуры является возможность независимого обновления и совершенствования отдельных компонентов системы без необходимости переписывания всего кода.

Начальный этап работы системы запускается после получения пользователем ссылки на товар. Система автоматически идентифицирует маркетплейс, осуществляет сбор всех доступных отзывов через API и дополнительные методы веб-скрапинга, после чего проводит многоуровневую предобработку данных. Этот процесс включает в себя не только стандартную очистку текста от HTML-разметки и специальных символов, но и сложную лингвистическую обработку, определение грамматических конструкций и семантический анализ. Для фильтрации спама и нерелевантных комментариев применяются продвинутые алгоритмы байесовской классификации, дополненные правилами, основанными на анализе поведенческих паттернов пользователей, что соответствует передовым принципам математического моделирования в теории вероятностей и статистического анализа.

Система контекстного анализа представляет собой один из наиболее сложных и инновационных компонентов платформы, поскольку она способна учитывать тонкие семантические связи между различными аспектами товара и распознавать нюансы потребительских оценок. Например, система может различать контекстные употребления слов «громкий» при описании аудиосистемы, где это является положительной характеристикой, и при описании шума работы кулеров в ноутбуке, где это уже становится существенным недостатком [4]. Эта функциональность реализована с помощью сложных механизмов в архитектуре нейронной сети, которые позволяют модели «фокусироваться» на наиболее значимых частях текста и устанавливать связи между удаленными семантическими конструкциями.

Центральным интеллектуальным компонентом всей системы является модуль EXTRACTOR, который выполняет не просто анализ тональности отдельных отзывов, но и проводит глубокий корреляционный анализ между различными характеристиками товара. Этот модуль способен определять, какие аспекты продукции наиболее значимы для различных категорий пользователей, вычислять весовые коэффициенты для различных параметров оценки и формировать интегральный вердикт на основе комплексного анализа всех полученных данных. Алгоритмы модуля постоянно совершенствуются благодаря механизмам обратной связи от пользователей и накоплению статистики по результатам анализа [2].

После завершения всестороннего анализа система генерирует детализированный структурированный отчет, который включает в себя не только перечень ключевых достоинств и критических недостатков товара с указанием частоты их упоминания, но и динамику изменения потребительских оценок во времени, что позволяет отслеживать тенденции улучшения или ухудшения качества продукции [6]. Особое внимание в отчете уделяется вердикту системы, который формируется на основе процентного соотношения рекомендаций с учетом весовых коэффициентов различных параметров и сравнительной характеристики с аналогичными товарами в той же ценовой категории.

Архитектура системы успешно моделирует поведение опытного эксперта-аналитика, способного принимать взвешенные решения на основе множества переменных, включая не только содержание отзывов, но и такие факторы, как свежесть комментариев, авторитетность, согласованность мнений различных пользователей и контекстную значимость отдельных замечаний. Это позволяет системе избегать поверхностных оценок и предоставлять пользователям действительно глубокий и всесторонний анализ интересующих их товаров.

Что касается доходов, то «ОТЗОВИК» реализует многоуровневую бизнес-модель, сочетающую подход для индивидуальных пользователей и B2B-решения для корпоративных клиентов. Основные источники доходов включают: премиум-подписки для расширенного анализа и дополнительных функций, стоимостью от 299 до 999 рублей в месяц; корпоративные лицензии для производителей, предоставляющие углубленную аналитику и API-доступ; партнерские программы с маркетплейсами; комиссионные от перенаправления пользователей к продавцам; спонсорские размещения товаров в рекомендациях.

В рамках дальнейшего развития системы планируется внедрение передовых методов кластеризации пользователей, что позволит предоставлять персонализированные рекомендации с учетом демографических, социальных и поведенческих характеристик различных сегментов аудитории. Также ведется активная работа над созданием

прогнозных моделей для предсказания надежности продавцов и динамики изменения качества товаров на основе анализа исторических данных и выявления скрытых закономерностей в потребительском поведении [7, 9].

Перспективы развития проекта включают в себя не только совершенствование существующих функций, но и внедрение принципиально новых возможностей, таких как компьютерное зрение для анализа фотографий товаров из отзывов, разработка систем эмоционального анализа для определения уровня истинной удовлетворенности покупателей и создание предиктивных моделей для поиска трендов потребительских предпочтений [5]. Особое внимание уделяется разработке персонализированных схем взаимодействия с пользователями, которые будут адаптироваться под их индивидуальные предпочтения и стиль потребления информации.

Таким образом, применение ИИ и методов математического моделирования в анализе и сборе данных новые возможности для фирм всех масштабов. Создание цифрового помощника “ОТЗОВИК”, демонстрирует реальную практическую пользу от интеграции подобных технологий в сферу услуг.

Список использованной литературы

1. Алиев Р. А., Алиев А. Р. Искусственный интеллект: основы, технологии, приложения. М.: ИНФРА-М, 2023. 320 с.

2. Бурков А. Искусственный интеллект. Простое объяснение. М.: Альпина Паблишер, 2021. 174 с.

3. Искусственный интеллект в России: технологии и рынки: монография / под научной редакцией Л. М. Гохберга. Москва: Высшая школа экономики, 2024. 148 с.

4. Искусственный интеллект. Инноватика: учебное пособие / Ю. А. Антохина, М. Л. Кричевский, Ю. А. Мартынова, А. А. Оводенко. Санкт-Петербург: ГУАП, 2023. 320 с.

5. Каплан А. Искусственный интеллект. Как люди и машины меняют мир. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2020. 304 с.

6. Остерман Т. Искусственный интеллект. М.: АСТ, 2023. 256 с.

7. Харьков В. П. Электронная коммерция и искусственный интеллект: учебное пособие. Москва: МосГУ, 2025. 116 с.

8. Sustainable development of enterprises in conditions of smart ecology: analysis of the main problems and development of ways to solve them, based on artificial intelligence methods and innovative technologies / N. N Skiter, A. F. Rogachev, N. V. Ketko, A. B. Simonov, I. A. Tarasova // Frontiers in Environmental Science. 2022. V. 10. 892222.

9. Fuzzy algorithmic modeling of economics and innovation process dynamics based on preliminary component allocation by singular spectrum analysis method / A. F. Rogachev, A. B. Simonov, N. V. Ketko, N. N Skiter // Algorithms. 2023. V. 16. N. 1. P. 39.

УДК 519.87+621.355.9+629.331

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАРЯДА ТЯГОВОЙ ЛИТИЙ-ИОННОЙ БАТАРЕИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Тавлуй А. В., *магистрант*
Чернявский А. Н., *канд. техн. наук, доцент*
Аксенов М. П., *канд. с-х. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрено математическое моделирование процесса заряда, применяемой тяговой аккумуляторной батареи при использовании различных алгоритмов. Представлены структура и математическое описание основных узлов. Рассматриваемые основные узлы входят в состав зарядного устройства. Зарядное устройство интегрированного в силовую цепь тягового инвертора напряжения сельскохозяйственных электромобилей. Детально изучена реализация оригинального алгоритма ускоренного заряда тяговой аккумуляторной батареи. Алгоритм ускоренного заряда рассмотрен в рамках математического моделирования. Предложенная интегрированная топология обеспечивает рационализацию схемного и конструктивного исполнения системы тягово-энергетического оборудования сельскохозяйственных электромобилей. Рассмотренные прогрессивные алгоритмы позволяют увеличить мощность, а также скорость заряда тяговой аккумуляторной батареи, применяемой в сельскохозяйственных электромобилях.

Ключевые слова: *математическое моделирование, сельскохозяйственные электромобили, зарядные устройства, литий-ионные аккумуляторы, алгоритмы заряда.*

Как известно математическое моделирование обеспечивает возможность более детального анализа различных видов работы проектируемого устройства. Возможно также провести анализ режимов работы устройства. Такие анализы позволяют оптимизировать процесс создания исследуемого образца. Предлагается теоретическая апробация алгоритмов заряда тяговой аккумуляторной батареи сельскохозяйственного электромобиля. Известные средства математического моделирования качественно облегчают процесс расчета. В самом начале построения математической модели необходима математическая формализация рассматриваемого объекта. В ходе моделирования имеющиеся связи и отношения, присущие и теоретически предполагаемые в устройстве описываются при помощи математических отношений. Расчитываемая модель и ее качество влияют на весь последующий анализ исследуемого объекта. В данном случае рассматривается зарядное устройство, которое интегрированно в силовую цепь тягового инвертора напряжения (ТИЗУ) [1, 2].

При использовании специального программного обеспечения, а также математических зависимостей и взаимосвязей между ними, была сформирована компьютерная модель, которая обеспечивает возможность задания необходимых исходных данных. Компьютерная модель помогает расчитать промежуточные значения и выходные параметры. С помощью компьютерной модели возможен вывод результатов для дальнейшего исследования.

На схеме 1 представлена принципиальная электрическая схема силовой части устройства. Данная схема отражает особенности математического описания входящих в неё компонентов.

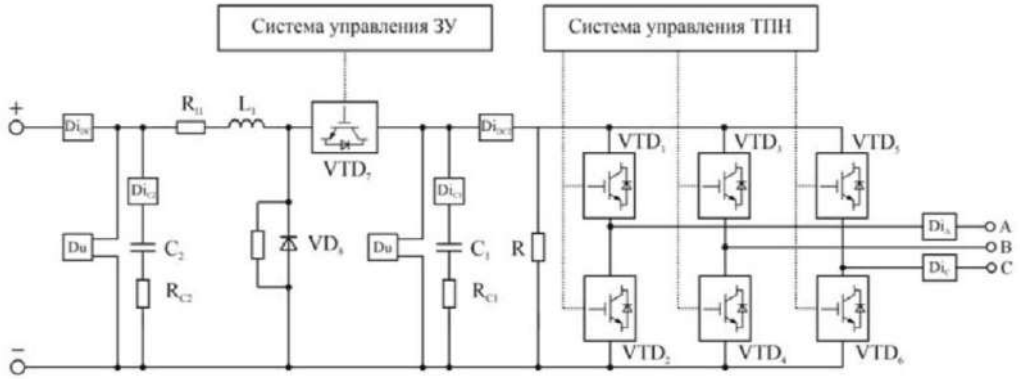
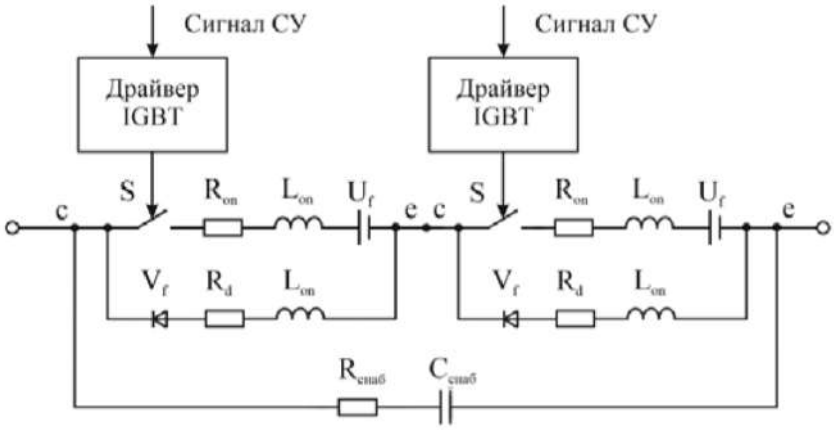


Рисунок 1 – Схема (структурная) математической модели ТИЗУ

Основным управляемым элементом модели является биполярный транзистор с изолированным затвором. Биполярный транзистор включен в состав модуля (IGBT-модуль). На рисунке 2 представлена схема замещения IGBT-модуля.



Рискунок 2 – Схема замещения полумоста (транзисторно-диодного модуля)

Для воспроизведения основных режимов работы – коммутации используются идеальные ключи S. На открытом переходе коллектор-эмиттер ключи R_{on} и U_f определяют падение напряжения. Для учета переходных процессов при коммутации используется ключ индуктивности L_{on}. Работу снабберного (защитного) конденсатора описывает

демпферная цепочка RC. Согласно исходному закону коммутации блок драйвера будет отвечать за преобразование команд управления. Команды управления влияют на фактическое изменение состояний идеального ключа.

В представленной схеме замещения полупроводникового транзистора *VT7* система регулирования зарядным устройством полагается на реализации сигнала управления идеальным ключом. Система регулирования имеет вид коммутационной функции.

Исходными данными являются значения: зарядного тока $i_з$ измеряемые в А. Ток может быть задан как в ручном режиме, так и автоматическом согласно алгоритму заряда. Напряжения тяговой аккумуляторной батареи $u_б$ измеряемые в В. Напряжение определяется в математической модели тяговой аккумуляторной батареи (ТАБ). Еще одним значением является количество последовательно соединенных аккумуляторов в ТАБn_s. Также задаются значением максимального напряжения одного аккумулятора U_{1max} измеряемое в В. Максимальное напряжение одного аккумулятора определяется исходя из его типа.

По фактическому току батареи используется обратная связь в канале регулирования тока заряда. Данная связь позволяет реализовать замкнутую систему автоматического поддержания заданного тока.

Согласно передаточной функции вида формируется Значение входного сигнала задания $u^*_{зу}(t)$:

$$u^*_{зу}(t)=\frac{((i_з+i_з\cdot k_u)-i)\mu p_i)+(i_з+i_з\cdot k_u)}{i_з}$$

где k_u – коэффициент снижения задания по току. Этот коэффициент определяет поддержание заданного уровня напряжения:

$$k_u=(U_{1max}-\frac{U_б}{n_s})\cdot \mu p_u$$

где μp_u и μp_i – ПИ-регуляторы. Данные регуляторы применяются для снижения статической ошибки в установившемся режиме. Исходя из этого передаточная функция $\mu p(t)$ ПИ-регулятора принимает значение:

$$\mu p_i(t) = k_e\varepsilon(t)+\frac{k_i}{T_u}\int\varepsilon(t)dt$$

где $k_e\varepsilon(t)$ – пропорциональная составляющая T_u – постоянная времени интегрирования; k_e – коэффициент пропорциональности; k_i – интегральный коэффициент; $\frac{k_i}{T_u}\int\varepsilon(t)dt$ – интегральная составляющая; $\varepsilon(t)$ – входной сигнал.

В режиме широтно-импульсного регулирования (ШИР) сигнал управления транзисторным ключом формируется с помощью коммутационной функции представленного вида:

$$f_{зу}(\text{t}) = sign\,(sign(u^*_{зу}(t) - u_{оп\ зу}\,(\text{t}))+1)$$

где $u_{опзу}$ – опорное напряжение пилообразной формы. Опорное напряжение представленно в виде ряда Фурье:

$$u_{оп\ зу}\,(\text{t}) = \frac{U_{m\ \text{оп зу}}}{2} - \frac{U_{m\ \text{опзу}}}{\pi} \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} sink(2\pi f_{зу}\text{t})$$

Исходя из оптимального режима работы зарядного устройства определяется частота коммутации $f_{\text{зу}}$ и значение амплитуды $U_{\text{m_оп_зу}}$. Структурная схема примет вид от математической модели системы управления зарядным устройством. Структурная схема системы управления зарядным устройством показана на рисунке 3.

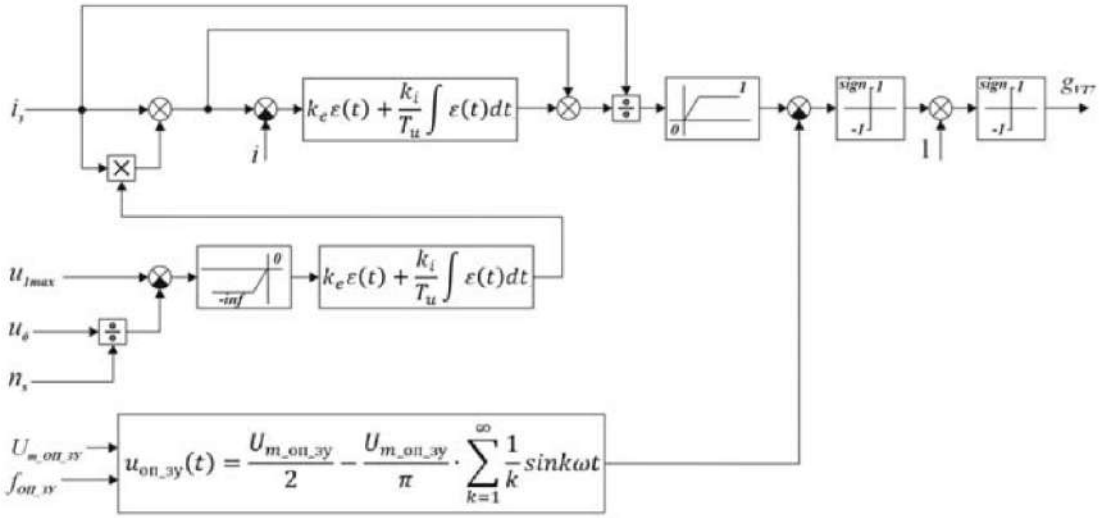


Рисунок 3 – Структурная схема системы управления

В линиях обратной связи по напряжению и току структурная схема может быть дополнена элементами фильтрации, которые улучшают качество регулирования.

ТАБ является неотъемлемой частью системы тяговоэнергетического оборудования сельскохозяйственного электромобиля. Тяговая аккумуляторная батарея охарактеризована с использованием метода разрядных и зарядных зависимостей аккумулятора. Разрядные и зарядные зависимости аккумулятора предложены Шефердом [3, 4] и модифицированного несколькими авторами [4, 6]. В данном случае рассматривается модель учитывающая температурные режимы работы литий-ионных аккумуляторов [7, 8].

Общеизвестные уравнения Шефедра касательно литий-ионных аккумуляторых батарей характеризованы в виде: разрядной функции (i>0)

$$U_{бр} = E_0\text{-}K\cdot\frac{Q}{Q-It}\cdot i - K\cdot\frac{Q}{Q-It}\,It + A \cdot exp\,(-B \cdot It)$$

зарядной функции (i<0)

$$U_{бз} = E_0 - K \cdot \frac{Q}{It - 0{,}1 \cdot Q} \cdot i - K \cdot \frac{Q}{Q - It} It + A \cdot exp\,(-B \cdot It)$$

где E_0 – начальное напряжение разряда/заряда (ЭДС батареи), В; K – коэффициент поляризации В/А· ч; Q – максимальная емкость аккумулятора, А· ч; i – мгновенное значение тока батареи, А; It – реализуемая ёмкость, А· ч, учитывающая начальное состояние батареи; A, B – коэффициенты, определяемые по исходным экспериментальным характеристикам батареи в режимах заряда и разряда, А, А· ч$^{-1}$.

На рисунке 4 показана схема структурная, отражающая взаимосвязи между аналитическими зависимостями модели ТАБ.

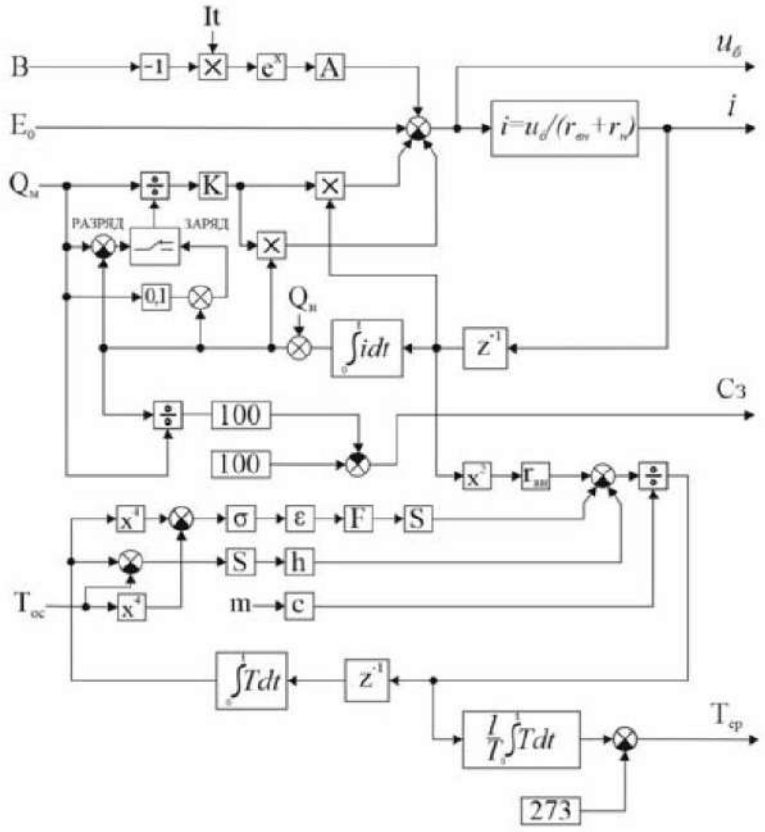


Рисунок 4 – Схема структурная математической модели ТАБ

По ряду критериев алгоритмы заряда значительно будут отличаться друг от друга. У обеспечивающих максимальную скорость заряда алгоритмов, имеются погрешности в области снижения срока службы. Алгоритмы, которые реализуют критерий максимального увеличения срока службы недостаточно быстро восполняют энергию [9]. Наилучшим решением является использование трехступенчатого алгоритма заряда (3ПТ/ПН). Трехступенчатый алгоритм 3ПТ/ПН задает максимальную скорость заряда при использовании двух критериев ступенчатого уменьшения зарядного тока, а также четырёх стадий заряда ПТ-I, ПТ-II, ПТ-III и ПН-IV.

Явным достоинством данного способа в сравнении с ПТ/ПН будет более мягкий зарядный профиль, а также широкая параметризация. Широкая параметризация позволяет вести учет нескольких критериев в процессе заряда.

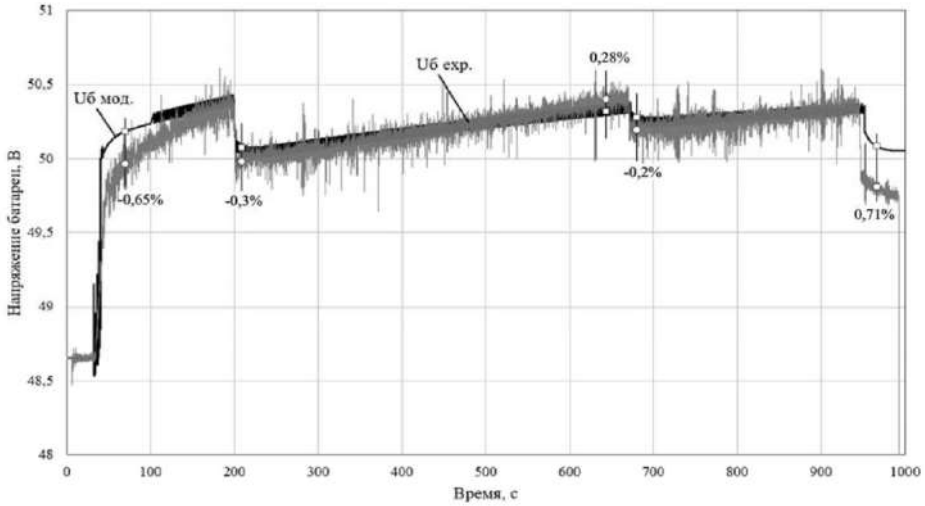


Рисунок 5 – Значения напряжения аккумуляторного модуля в процессе заряда с использованием ТИЗУ и комплексной математической модели (алгоритм 3ПТ/ПН)

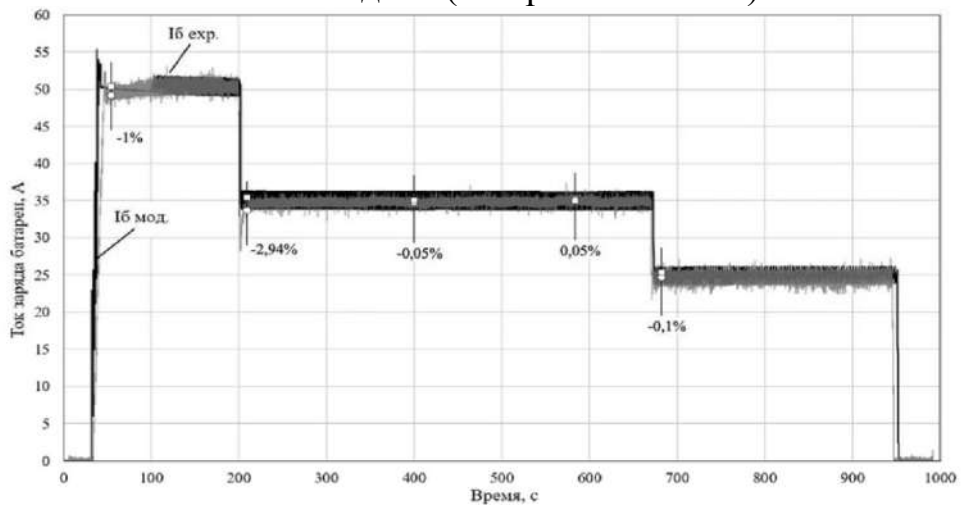


Рисунок 6 – Значения тока аккумуляторного модуля в процессе заряда с использованием ТИЗУ и комплексной математической модели (алгоритм 3ПТ/ПН)

Предложенная математическая модель может использоваться для расчетной оценки характеристик. Данная модель позволяет моделировать как штатные, так и аварийные режимы работы. Такое моделирование позволяет оценить функциональность и эффективность работы системы управления и алгоритмов заряда ТАБ. Моделирование помогает в выборе наиболее эффективной стратегии управления. Эта модель рассматривает характер переходных процессов, то есть форму напряжения и тока на элементах.

Список использованной литературы

1. Масальский Г. Б. Инвариантные системы в задачах управления. Автоматизированный анализ и синтез систем управления. Красноярск: КПИ, 2017. 144 с.
2. Плотников К. Э. Математическое моделирование. М.: МГУ, 2023. 223 с.
3. Поздеев А. Д. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно-регулируемых асинхронных электроприводах. Чебоксары: ЧВГУ, 2018. 172 с.
4. Сиберт У. М. Цепи, сигналы, системы. М.: Мир, 2018. 695 с.
5. Shephard C. M. Design of primary and secondary cells: Effect of Polarization and Resistance on Cell Characteristics // J. Electrochem. Soc. 2015. V. 112. I. 7. Pp. 657-664.
6. Иоанесян А. В. Моделирование нестационарных режимов работы аккумуляторной батареи электромобиля: диссертация. М., 2009. 162 с.
7. Сидоров К. М. Энергетическая и топливная эффективность автомобилей с гибридной силовой установкой. дисс. М., 2019.
8. Чернявский А. Н. Повышение технологической эффективности работы штригельной бороны путем конструктивного обоснования параметров зуба: автореф. Волгоград, 2022. 24 с.
9. Чернявский А. Н., Борисенко И. Б., Токарев К. Е. Моделирование работы пружинного рабочего органа штригельной бороны на основе оптимизации зоны поперечных колебаний / // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. Волгоград. 2021. № 2 (62). С. 482-490.

УДК 621.355

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Тавлуй А. В., *магистрант*
Чернявский А. Н., *канд. техн. наук, доцент*
Аксенов М. П., *канд. с-х. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Одной из наиболее перспективных областей развития агропромышленного комплекса РФ является развитие большегрузного транспорта, работающего на электротяге. Подобные агрегаты должны иметь энергоемкий источник электрической энергии. В данный момент в качестве тяговых источников тока для сельскохозяйственных электромобилей получили широкое применение аккумуляторные батареи. Недостатками широкого использования агроэлектромобилей являются низкие эксплуатационные показатели. К низким эксплуатационным показателям относится неудовлетворяющий ресурс тяговых аккумуляторных батарей (ТАБ). К недостаткам можно отнести существенную ограниченность автономного хода в сравнении с автотранспортными средствами (АТС) на основе ДВС. В экономическом плане недостатком является высокая стоимость аккумуляторных батарей и ограниченное внедрение зарядной инфраструктуры, а также ухудшение эффективной работы при низких температурах окружающей среды. От перечисленных факторов зависит эффективность восполнения, хранения и использования электроэнергии на борту сельскохозяйственного электромобиля (СЭМ), а также зависит большинство эксплуатационных показателей. К эксплуа-

тационным показателям можно отнести: ресурс (ТАБ), пробег и экономические затраты на эксплуатацию. От эффективности использования энергии на борту (СЭМ) зависит возможность значительное уменьшение массы (ТАБ). Уменьшение массы (ТАБ) приводит к улучшению транспортной работы и эксплуатационных показателей в целом. Определившись с недостатками возможно организовать эффективную работу слабого звена – (ТАБ). Внеся изменения в конструкцию (ТАБ), можно увеличить ресурс и энергетическую эффективность сельскохозяйственного электромобиля. В данной работе предлагаеся математическое моделирование аккумуляторной батареи и определение температурных характеристик. На основе описанных математических формул сформирована математическая модель, позволяющая учитывать процессы, происходящие в аккумуляторной батарее с учетом профиля тока.

***Ключевые слова**: тяговые аккумуляторные батареи, ТАБ, сельскохозяйственные электромобили, зарядные устройства.*

Для симуляции математического моделирования и непосредственно процессов разряда, заряда, а также переноса заряда в аккумуляторной батарее была составлена модель отдельного аккумулятора. Модель отражает исследуемые процессы преобразования энергии в АКБ: процессы переноса заряда между аккумуляторами в аккумуляторной батарее, процессы заряда и разряда, а также процессы управления зарядом, разрядом и переносом заряда.

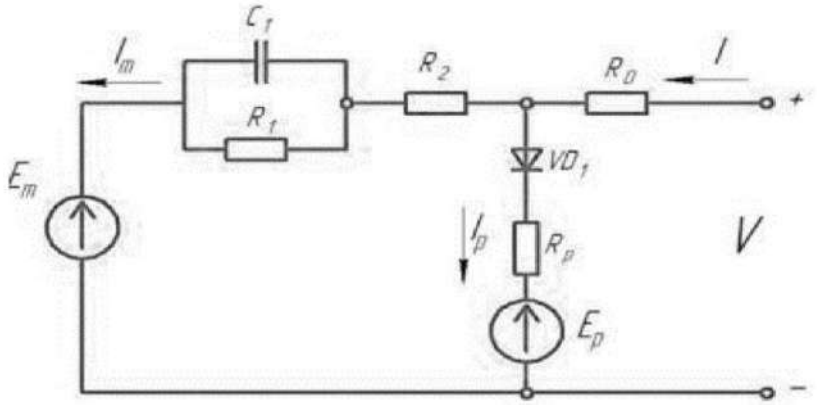


Рисунок 1 – Схема электрическая эквивалентная для модели электрохимической ячейки АКБ

При составлении уравнений, связывающих параметры математической модели, использовалась эквивалентная электрическая схема замещения [1]. Схема замещения представляет соединенные активные и реактивные элементы. Эти элементы имитируют физико-химический параметр исследуемого аккумулятора или конструктивный элемент электрохимического аккумулятора.

Представленная на рисунке схема имеет последовательное соединение источника ЭДС Em, а также четыре активных сопротивлений *R1, R2, Rp, R0*. Параллельно резистору R1 в схеме включена электрическая емкость C1 для учета инерционности процесса разряда-заряда. Учет инерционности необходим для моделирования переходных процессов при отключении и включении нагрузки.

Параметры АКБ приняты согласно спецификации производителя. Характеристики единичного аккумулятора в составе батареи:

- состав катодного материала (химический) NMC;
- напряжение ячейки (номинальное) 3,8 В;
- уровень напряжения нижний 2,4 В;
- верхний предел напряжения (в зависимости от процесса заряда или разряда) разомкнутой цепи аккумулятора 4,2 В, при температуре 25°C [2, 3].

Далее приведена система уравнений батареи для схемы замещения. Для имитации параметров АКБ используется математическая модель. Представленная система включает основную ветвь, паразитарную ветвь, емкость и температуру электролита.

$$\begin{cases} E_m = E_{m0} - K_E(273+\Theta)(1-SOC) \\ R_1 = -R_{10}\ln(DOC) \\ C_1 = \frac{\tau_1}{R_1} \\ R_2 = R_{20}\frac{e^{[A_{21}(1-SOC)]}}{1+e^{(A_{22}\frac{I_m}{I^*}}} \\ I_p = V_{pn}G_{po}e^{\left(\frac{\frac{V_{pn}}{\tau_\rho S+1}}{\rho}+A_{p\left(1-\frac{\Theta}{}\right)}\right)} \\ Q_e(t) = Q_{e_init} + \int_0^t -im(\tau)dr \\ C(I,\Theta) = \frac{K_c C_0 K_t}{1+(K_c-1)\left(\frac{I}{I^*}\right)} \\ SOC = 1 - \frac{Q_e}{C(O,\Theta)} \\ DOC = 1 - \frac{Q_e}{C(I_{avg}\Theta)} \\ I_{avq} = \frac{I_m}{(\tau_{1S+1})} \\ \Theta(t) = \Theta_{init} + \int_0^t \frac{\left(p_s\frac{\Theta-\Theta_a}{R_\Theta}\right)}{C_\Theta}d\tau \\ PS = \frac{V_{R1}^2}{R_1} + I^2R_0 + I^2R_2 \\ R_0 = R_{00}[1+A0(1-SOC)] \end{cases}$$

От тока батареи и нелинейных элементов зависит эквивалентная схема. Компоненты внутри блока ячейки батареи описывает данная система уравнений батареи. Напрямую Система не моделирует внутренние химические процессы литий-ионных АКБ. Процессы происходящие внутри описывает эквивалентная схема. О на описывает процессы приближенно эмпирическим путем [4, 5].

Схема замещения (эквивалентная) состоит из двух основных частей. Первая часть это главная ветвь (элементы R_1C_1,R_0). Главная ветвь приблизительно описывает динамику батареи в большинстве

условий. Вторая часть это паразитная ветвь R_p. Данная ветвь описывает режим работы батареи в конце заряда. Далее приведено подробное описание каждой из ветвей схемы.

Главная ветвь выражения соответствует внутренней электродвижущей силе (ЭДС) или напряжению холостого хода E_m одного аккумулятора, рассмстриваемой батареи. Значение ЭДС E_m будет постоянным в случае полного заряда батареи. Показатель напряжения E_m зависит от температуры и состояния заряда батареи (SOC). Его можно определить:

$$E_m=E_{m0}-K_E(273+\Theta)(1-SOC)$$

где E_{m0} – напряжение холостого хода при полном заряде; K_E – температурный коэффициент; θ – температура электролита; SOC – состояние заряда батареи, о.е.

$$R_1=-R_{10}\ln(DOC)$$

Емкость главной ветви C_1 определяется:

$$C_1=\frac{\tau_1}{R_1}$$

где τ_1= постоянная времени главной ветви, с.

Сопротивление R_2 определяется по выражению:

$$R_2=R_{20}\frac{e^{[A_{21}(1-SOC)]}}{1+e^{\left(A_{22}\frac{Im}{I^*}\right.}}$$

где R_{20} – сопротивление в нормальных условиях; A_{21}, A_{22} – постоянные, о.е.; I_m – ток главной ветви, А; I^* – текущий номинальный ток батареи.

Определить сопротивление на клеммах одной ячейки аккумуляторной батареи можно через формулу:

$$R_0=R_{00}[1+A0(1-SOC)]$$

где R_{00} – сопротивление R_0 при полностью зараженной батарее ($SOC=1$); A_0 – постоянная, определяемая параметрами аккумулятора.

В эквивалентной схеме замещения батареи паразитная ветвь состоит из трех компонентов: диода, сопротивления R_p паразитной ветви, а также источника постоянного напряжения.

Значение тока разряда в паразитной ветви I_p определяется выражением:

$$I_p=V_{pn}G_{po}e^{\left(\frac{\frac{V_{pn}}{\tau_\rho S+1}}{\rho}+A_{p\left(1-\frac{\Theta}{}\right)}\right)}$$

где V_{pn} – напряжение на паразитной ветви; G_{p0} – постоянная, определяемая параметрами аккумулятора; τ_1 – постоянная времени паразитной ветви; V_{p0} – постоянная; A_p – постоянная, о.е.; θ – температура электролита; θ_f – температура замерзания электролита.

Это выражение описывает паразитные потери тока. Эти потери тока возникают при заряде батареи [6]. Ток зависит от температуры электролита, а также напряжения паразитной ветви. Ток I_p принимает малые значения в большинстве условий, за исключением заряда при высоком *SOC*.

Уровень заряда батареи Q_e

$$Q_e(t)=Q_{e_init}+\int_0^t -im(\tau)dr$$

где Q_{e_init} – начальная величина заряда; I_m – ток в основной ветви; τ – переменная времени интегрирования; t – время моделирования, с.

Уравнение описывает состояние емкости батареи C на основе значений разрядного тока и температуры электролита [7].

$$C(I,\Theta)=\frac{K_c C_0 K_t}{1+(K_c-1)\left(\frac{I}{I^*}\right)}$$

где K_c – постоянная; C_0 – емкость батареи без нагрузки при 0°C; K_t – температурный коэффициент; θ – температура электролита; I – ток разряда в амперах; I^* – текущий номинальный ток батареи.

Степень заряженности SOC это глубина заряда DOC батареи. Величину оставшегося заряда аккумулятора определяет SOC. Полезную долю оставшегося заряда, учитывая средний ток разряда определяет DOC.

Исходя из условия, что токи разряда являются большими обусловлено преждевременное снижение заряда батареи. В итоге выясняется, что параметр DOC всегда меньше или равен параметру SOC.

$$SOC=1-\frac{Q_e}{C(O,\Theta)}$$

$$DOC=1-\frac{Q_e}{C(I_{avg}\Theta)}$$

где Q_e – заряд батареи; C – емкость аккумулятора; θ – температура электролита; I_{avg} – текущий средний ток разряда.

Средний ток разряда (текущий) I_{avg} определяется по выражению:

$$I_{avq}=\frac{I_m}{(\tau_{1S+1})}$$

где I_{avg} –текущий средний ток разряда; I_m –ток основной ветви; τ_1 – постоянная времени основной ветви.

Из дифференциального уравнения состоит тепловая модель первого порядка [8]. Тепловая модель первого порядка с параметрами для теплового сопротивления и емкости представлена в виде:

$$\Theta(t)=\Theta_{init}+\int_0^t \frac{\left(p_s\frac{\theta-\theta_a}{R_\theta}\right)}{C_\theta}d\tau$$

где θ_a – температура воздуха окружающей среды; θ_{init} – Начальная температура батареи (принимается равной температуре воздуха окружающей среды); C_θ – тепловая емкость; τ – переменная времени интегрирования; R_θ – тепловое сопротивление; t – время моделирования, с; P_s – потеря мощности на активных сопротивлениях R из R_0 и R_2.

$$PS=\frac{V_{R1}^2}{R_1}+I^2R_0+I^2R_2$$

Рассчитать нагрев ТАБ можно с помощью Ps, это потеря мощности или мощность тепловых потерь. Пользуясь представленными математическими уравнениями можно сформировать математическую модель, учитывающую процессы, происходящие в аккумуляторной батарее с учетом профиля тока.

Список использованной литературы

1. Борисевич А. В. Моделирование литий-ионных аккумуляторов для систем управления батареями: обзор текущего состояния // Современная техника и технологии. 2024. № 5. http://technology.snauka.ru/2014/05/3542
2. Скундин А. М., Ефимов О. Н., Ярмоленко О. В. Современное состояние и перспективы развития исследований литиевых аккумуляторов // Успехи химии. 2022. № 71 (4). С. 378.
3. Чернявский А. Н. Повышение технологической эффективности работы штригельной бороны путем конструктивного обоснования параметров зуба: автореф. Волгоград. 2022. 24 с.
4. Чернявский А. Н., Борисенко И. Б., Токарев К. Е. Моделирование работы пружинного рабочего органа штригельной бороны на основе оптимизации зоны поперечных колебаний // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. Волгоград. 2021. № 2 (62). С. 482-490.
5. Чудинов Е. А. Теоретическое и экспериментальное обоснование технологических решений по повышению эксплуатационных характеристик литий-ионного аккумулятора с модифицированными электродами и электролитами: дис. М., 2022.
6. Quree Bajracharya Dynamic modeling, monitoring and control of energy storage system: Degree Project of Master’s Program in Electrical Engineering. Karlstad University, 2013.
7. Barsali T., Ceraolo M. Dynamic models of lead acid batteries. IEEE Transactions on Energy Conversion. V. 17. No. 1.
8. Hicham F., Di L., Bruno F. Power Control Design of a Battery Charger in a Hybrid Active PV Generator for Load-Following Applications // Transaction on industrial Electronics. V. 58. No. 1.

УДК 004.89+631.559

ВЫЯВЛЕНИЕ ВИЗУАЛЬНЫХ БИОМАРКЕРОВ СТРЕССА РАСТЕНИЙ, ОГРАНИЧИВАЮЩИХ БИОЛОГИЧЕСКУЮ УРОЖАЙНОСТЬ, НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Токарев К. Е., *канд. экон. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-21-20019, https://rscf.ru/project/25-21-20019/ и Волгоградской области.

Аннотация. Снижение биологической урожайности сельскохозяйственных культур в условиях климатических и абиотических стрессов остаётся одной из ключевых проблем отечественной продовольственной безопасности. Традиционные методы оценки стресса растений часто опираются на разрушительные или трудоёмкие измерения физиологических параметров. В статье рассмотрен системный подход к выявлению визуальных биомаркеров стресса роста и развития культурных растений, базирующийся на интеграции высокопроизводительного машинного зрения, морфологиеском анализе текстурных признаков и биологической релевантности.

Ключевые слова: *визуальные биомаркеры, стрессы растений, машинное зрение, системный анализ, биологическая урожайность, точное земледелие, текстурные признаки.*

Современное точное земледелие требует интеграции данных дистанционного зондирования, методов искусственного интеллекта и агрономических практик для оперативной диагностики стресса растений на ранних фенологичесих фазах роста и развития.

Биологическая продуктивность обеспечивает максимальный потенциал урожайность сельскохозяйственных культур при отсутствии ограничивающих факторов, которые могут снижать потенциальную урожайность на 30-50 % вследствие воздействия абиотического стресса. Традиционные методы оценки стресса растений (измерение проводимости листьев, содержание хлорофилла, водный потенциал и др.) требуют разрушительной выборки, дорогостоящего оборудования и не обеспечивают пространственной детализации [1-4]. В работе предлагается системный подход, объединяющий алгоритмы ИИ для анализа изображений растений с биологическими принципами их фенотипирования.

Снижение биологической урожайности сельскохозяйственных культур в условиях природно-климатических изменений, биотических и абиотических стрессов является одной из ключевых проблем обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации. Традиционные методы оценки стресса растений часто опираются на разрушительные или трудоёмкие измерения физиологических параметров.

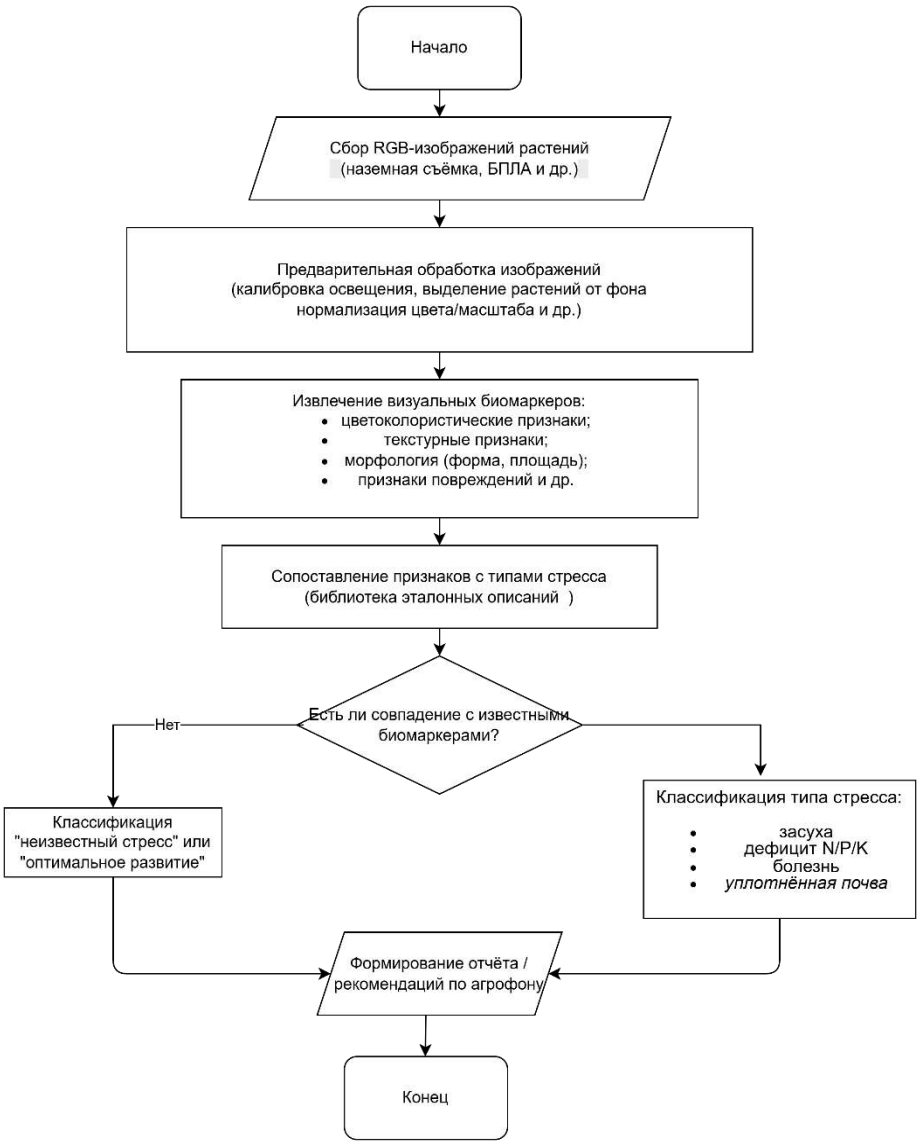


Рисунок 1 – Алгоритм выявления визуальных биомаркеров стресса растений

Предложенный подход позволяет реализовать оперативную, неинвазивную диагностику стресса на уровне отдельных растений и потенциально интегрировать её в системы точного земледелия, а также осуществлять классификацию не только по физиологическим симптомам, но и по визуально интерпретируемым признакам [5, 8]. Алгоритм выявления визуальных биомаркеров стресса растений, разработанный в ходе исследования, представлен на рисунке 1.

В таблице 1 представлены формируемые биомаркеры стресса, идентифицированные на основе экспертно-аналитического анализа цветных изображений зернобобовых культур в условиях различных абиотических стрессов (дефицит азота, солёность, стресс по температуре, влаге и др.).

Таблица 1 – Типичные визуальные и структурные биомаркеры стрессов развития зернобобовых культур

Биомаркер стресса	Описание	Особенности
1.Хлоротическая зона	участок на листьях растения, характеризующийся светло-жёлтым цветом, связанный с развитием заболевания	наблюдается у широкого спектра культур, но не является универсальным – выраженность и причины хлороза зависят от вида растения и типа стресса
2. Асимметрия распределения зелёной массы	неравномерное развитие листового аппарата по сторонам стебля, проявляющееся в визуальной дисбалансированности стебля	наблюдается при неравномерном освещении, механических повреждениях, локальных стрессах (в т.ч. засухе), но не является специфичным признаком именно засушливых условий
3. Повышенная текстурная шероховатость	увеличение микрорельефа листовой поверхности, фиксируемое по росту пространственного контраста на изображениях (при анализе текстурных признаков)	ассоциируется с осмотическим стрессом, в том числе засолением почвы; однако может быть вызвана и другими абиотическими факторами (например, дефицитом калия)
4. Диспропорция роста стебля / листьев	преобладание вегетативного удлинения стебля при одновременном снижении площади листовой поверхности	типичный признак затенения (этиолации), а также реакции на высокие ночные температуры; термический стресс чаще проявляется в виде скручивания листьев, некрозов или угнетения общего роста
5. Затенённые (тенистые) зоны в прикорневой области	снижение отражательной способности (яркости) в зоне у основания растения на изображениях, что может указывать на уменьшение плотности растительного покрова или подавление развития корневой системы	связано с дефицитом азота, но также с локальным переувлажнением, уплотнением почвы или развитием корневых гнилей; не является специфическим признаком только азотного дефицита

В таблице 2 представлена, сформированная автором на основе работ [7, 10], шкала классификации состояния посевов пшеницы, базирующаяся на анализе инфографических признаков и экспертно-аналитической оценке исходных изображений, полученных с БПЛА, а также наземных (полевых) наблюдений. Каждый класс соответствует определённому уровню агротехнического и/или стрессового воздействия, что позволяет связать визуальный паттерн с биологическим состоянием растений и потенциальной потерей урожайности.

Таблица 2 – Типичные изображения фрагментов участков посевов (стадия – кущение) по выявляемым классам состояния [7, 10]

<table>
<tr><td colspan="3">Формируемый класс состояния</td></tr>
<tr><td>Норма (оптимальное развитие)</td><td>Локальное компенсаторное развитие</td><td>Среднее развитие (неравномерное кущение)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Инфографические признаки</td></tr>
<tr><td>равномерные, густые всходы, хорошо выраженное кущение, однородный зелёный цвет</td><td>наблюдается сгущение побегов на небольших участках (1-3 м²), чаще на границах между хорошо развитыми и разреженными зонами</td><td>местами прорехи, разная степень развития кущений, варьирующаяся плотность</td></tr>
<tr><td colspan="3">Аннотированное изображение класса</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Формируемый класс состояния</td></tr>
<tr><td colspan="2">Проблемы перезимовки</td><td>Прорехи (отсутствие всходов)</td></tr>
<tr><td colspan="3">Инфографические признаки</td></tr>
<tr><td colspan="2">ослабленные, редкие всходы, осветлённая окраска, слабое кущение или его отсутствие</td><td>полностью оголённые участки между рядами или в рядах</td></tr>
<tr><td colspan="3">Аннотированное изображение класса</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td></tr>
</table>

В ходе исследования, сформирован следующий набор классов и их описаний [6, 9-10]:

1. Норма (оптимальное развитие) – характеризуется равномерной густотой стояния, ярко-зелёной окраской листьев, отсутствием видимых повреждений или задержек роста. Условия – оптимальная влажность почвы, достаточное питание, отсутствие стрессовых факторов. Этот класс служит эталоном для сравнения и оценки отклонений.

2. Локальное компенсаторное развитие – проявляется в виде «просветов» или «пятен» с более слабым развитием растений на небольших участках (1-3 м^2), часто на границах между хорошо развиты-

ми и разреженными зонами. Такое распределение указывает на неоднородность почвенных условий (например, микрозоны с повышенной плотностью или дефицитом питательных элементов). Несмотря на локальный характер, такие зоны могут снижать общую продуктивность поля на 5-8 %.

3. Среднее развитие (неравномерное кущение) – характеризуется неравномерным появлением побегов, возможным заделыванием семян на глубину, что приводит к запаздыванию всходов, а также уплотнением почвы или поверхностным залеганием. Визуально проявляется как «разреженные ряды» с пропусками и различной высотой растений. Это состояние часто предшествует снижению фотосинтетической активности и коррелирует с потерей урожайности на уровне 15-20 %.

4. Проблемы перезимовки / дефицит питания (азот, фосфор), засуха, уплотнённая почва – наиболее выраженный стрессовый класс, проявляющийся в виде угнетённых, бледно-зелёных или жёлто-коричневых растений, низкой густоты стояния, частых пропусков. Обычно связан с комплексным воздействием факторов: недостаток питательных веществ, недостаток влаги, механическое уплотнение почвы. В этом классе наблюдаются самые значительные потери биомассы (до 40-60 %) по сравнению с нормой.

Применение системного анализа позволило выявить наиболее значимые факторы (влажность почвы, температура воздуха, количество питательных элементов) в критические фазы роста и обосновать необходимость их интегрального учета. Полученные данные применимы в практике точного земледелия, включая дифференцированное орошение, планирование полевых работ, оценка рисков урожайности и др.

Сформированный набор биомаркеров признаков стресса культурных растений представляет собой новый класс индикаторов, пригодных для автоматизированной диагностики состояния роста и развития в режиме реального времени с применением алгоритмов ИИ, внедрение которого в системы точного земледелия позволит:

- снизить потери урожая на 15-20 % за счёт оперативной диагностики на ранних фенологических фазах и оперативного агротехнологического вмешательства;
- оптимизировать применение удобрений и сопуствующие агротехнологические мероприятия,
- ускорять селекцию устойчивых сортов и др.

Список использованной литературы

1. Лысенко Н. С. Биомаркеры алюмотолерантности у зимостойких форм Triticum aestivum L. из коллекции ВИР ИМ. Н. И. Вавилова // Сельскохозяйственная биология. 2024. Т. 59. №. 1. С. 116-130.

2. Пузанский Р. К., Емельянов В. В., Шишова М. Ф. Метаболомика-современный подход при изучении адаптации растений картофеля к биотическому и абиотическому стрессу // Сельскохозяйственная биология. 2018. Т. 53. №. 1.

3. Титов А. Ф., Казнина Н. М., Шибаева Т. Г. Растения в условиях стресса (ведущая научная школа России по экологической физиологии растений) // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2023. №. 3. С. 26-46.

4. Усолыдев С. Ф., Нестяк В. С. Применение фитомониторинга для оценки индекса водного стресса // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 48. № 5. С. 77-85.

5. Григорьева О. В. Дистанционный контроль ранней стадии различных типов стресса растений // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 2. С. 131-142.

6. Токарев К. Е., Рогачев А. Ф., Чамурлиев Г. О. Онтология классов цветных изображений посевов зерновых культур в процессе вегетации для обучения и тестирования нейросетевых моделей // Journal of Agriculture and Environment. 2025. № 10 (62).

7. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624029 Российская Федерация. Набор цветных RGB-изображений посевов однолетних полевых культур в фазе кущения для обучения и тестирования искусственных нейронных сетей, классифицирующих дефектные участки различного происхождения: заявл. 16.09.2025: опубл. 25.09.2025 / К. Е. Токарев, А. В. Пискунов, А. Ф. Рогачев, Г. О. Чамурлиев; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет».

8. Михайленко И. М., Тимошин В. Н. Оценивание параметров состояния биомассы корнеплодных культур по данным дистанционного зондирования Земли // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2025. Т. 22. № 3. С. 161-170.

9. Мелихова Е. В. Подготовка ретроспективных данных для нейросетевой системы управления программируемым аграрным производством в засушливых условиях волгоградской области // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 2. С. 19.

10. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624029 Российская Федерация. Набор размеченных RGB-изображений посевов однолетних полевых культур в системе орошаемого земледелия для обучения и тестирования классифицирующих искусственных нейронных сетей: заявл. 17.11.2025: опубл. 01.12.2025 / К. Е. Токарев, А. Ф. Рогачев, А. Ю. Наумов; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет».

УДК 004.8+004.6+633.1

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ 4К-ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОСЕВОВ ОДНОЛЕТНИХ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ИИ

Токарев К. Е., *канд. э. наук, доцент*
Чамурлиев Г. О., *канд. с.-х. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-21-20019, https://rscf.ru/project/25-21-20019/ и Волгоградской области.

Аннотация. В условиях стремительного развития цифровых технологий в отечественном сельском хозяйстве, работа современных систем, используемых в точном земледелии, всё чаще базируются на применении методов искусственного

интеллекта (ИИ). Ключевым условием эффективности работы систем ИИ, применяемых в АПК, является наличие высококачественных, репрезентативных и детально аннотированных датасетов, отвечающих требованиям масштабируемости, воспроизводимости и адаптивности к различным условиям выращивания культур. В статье рассмотрена методология проектирования и формирования структурированной базы данных (БД) графических объектов, содержащих посевы однолетних полевых культур. База данных предназначена для обучения, валидации и тестирования моделей искусственного интеллекта, включая свёрточные нейронные сети и трансформеры, применяемые в задачах классификации состояния растений, сегментации почвы, обнаружения патологий развития и др. Предложена реляционная модель данных, обеспечивающая хранение метаданных графических объектов, возможность геоинформационной привязки, учета вид культуры, фазы роста и развития, а также сезонность.

Ключевые слова: *базы данных, искусственный интеллект, машинное зрение, однолетние полевые культуры, рискованное земледелие.*

Природно-климатические изменения и учащающиеся периоды засухи приводят к значительным рискам снижения урожайности сельскохозяйственных культур, особенно в зонах рискованного земледелия. В сложившихся условиях агрофитоценозы (совокупности культурных растений и иной растительности) испытывают стрессовые воздействия, приводящие к нарушению физиологического баланса и продуктивности. В этой связи особую актуальность приобретает задача создания высокоточных систем оперативного мониторинга, способных в режиме реального времени оценивать состояние посевов и предсказывать возможные отклонения от нормы, приводящие к снижению продуктивности [1].

В отечественном растениеводстве всё чаще используются технологии ИИ для повышения эффективности управления агротехнологиями, мониторинга состояния роста и развития растений, поиска вредителей вместе с очагами их распространения и др. Одним из ключевых факторов успешного создания систем ИИ для растениеводства является формирование релевантного и сбалансированного набора данных (dataset), который позволяет обучать модели глубокого обучения для реальных полевых условий [2, 3].

На сегодняшний день большинство доступных datasets содержат изображения низкого или среднего разрешения, что не позволяет выявлять признаки дефектного развития растений на значительных площадях. В то же время, развитие средств цифровой фотовидеофиксации и БПЛА, оснащенных камерами 4K открывает возможность сбора высокодетализированных графических файлов для создания более точных и надёжных моделей ИИ для решения задач классификации и сегментации. Целью исследования является проектирование реляционной модели данных формируемой БД, формирование структуры метаданных графических объектов, а также обеспечение масштабируемости и совместимости с современными фреймворками машинного обучения.

Необходимые исходные данные для проведения аэрофотосъемки тестовых участков с целью формирования БД [4, 5]:

1. Размеры опытного участка: ширина поля (W, м), длина поля (L, м).

2. Модель БПЛА / Тип камеры: DJI Mavic 3 Pro / тройная камера.

3. Основные характеристики камеры БПЛА, используемого для эксперимента (табл. 1).

Таблица 1 – Технические характеристики используемой камеры

Характеристика	Значение
Размер матрицы	17.3 x 13 мм
Фокусное расстояние объектива: - основной объектив - средний телеобъектив - телеобъектив	 24 мм 70 мм 162 мм
Разрешение матрицы	5280 x 3956 px
Пространственное разрешение: - оптимальный уровень детализации для выявления крупных сорных растений - для оценки густоты посевов	 5 см/px 10 см/px
Режим аэрофотосъемки: - основная камера (ортофотопланы и детальные аэрофотоснимки; - телекамера (аэрофотоснимки с высоким приближением)	 24 мм 166
Формат сохранения изображений	JPEG, RAW
Продольное перекрытие между последовательными снимками по направлению полета	70-80 %
Поперечное перекрытие снимков между соседними полосами пролетов	60-70 %

Первым этапом создания БД являлось формирование набора 4К изображений растений в фазе активной вегетации. Типичные изображения фрагментов участка поля с рядками растений в фазе кущения формируемой БД представлены на рисунке 1.



а) б)



в)



г)

Рисунок 1 (а-г) – Фрагменты исходных изображений для формируемой БД

На рисунке 2 представлена диаграмма модели сущность-связь (ER-модель), разработанная в рамках создания БД для хранения исходных и размеченных цветных изображений посевов с целью обучения моделей искусственных нейронных сетей [6].

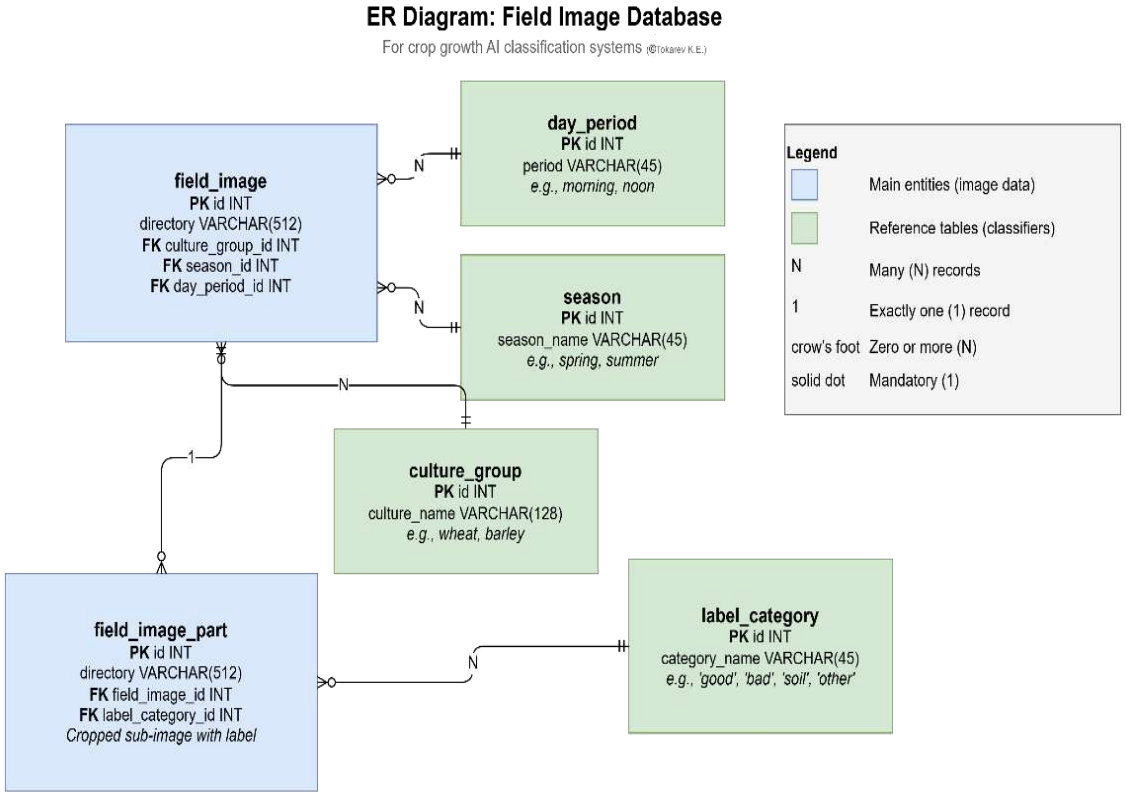


Рисунок 2 – Диаграмма классов БД хранения изображений посевов с.-х. культур

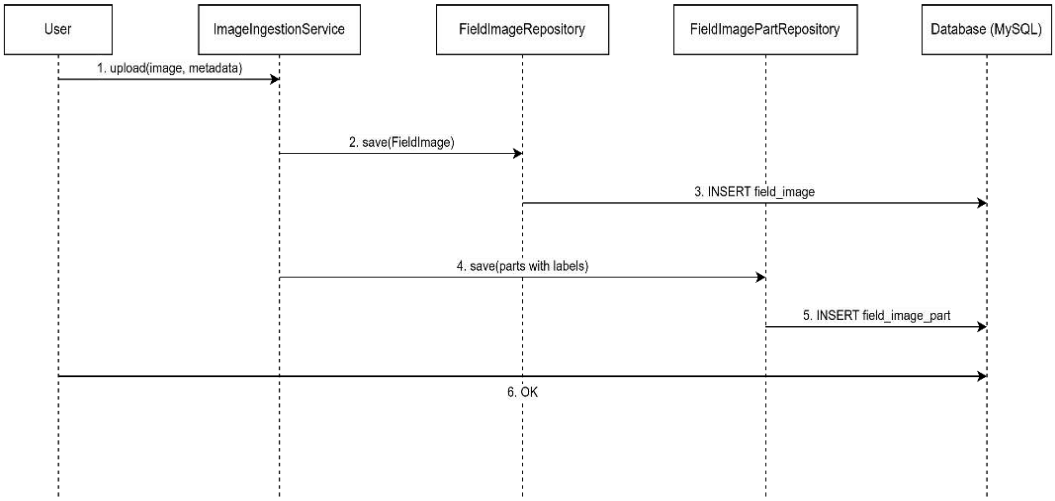
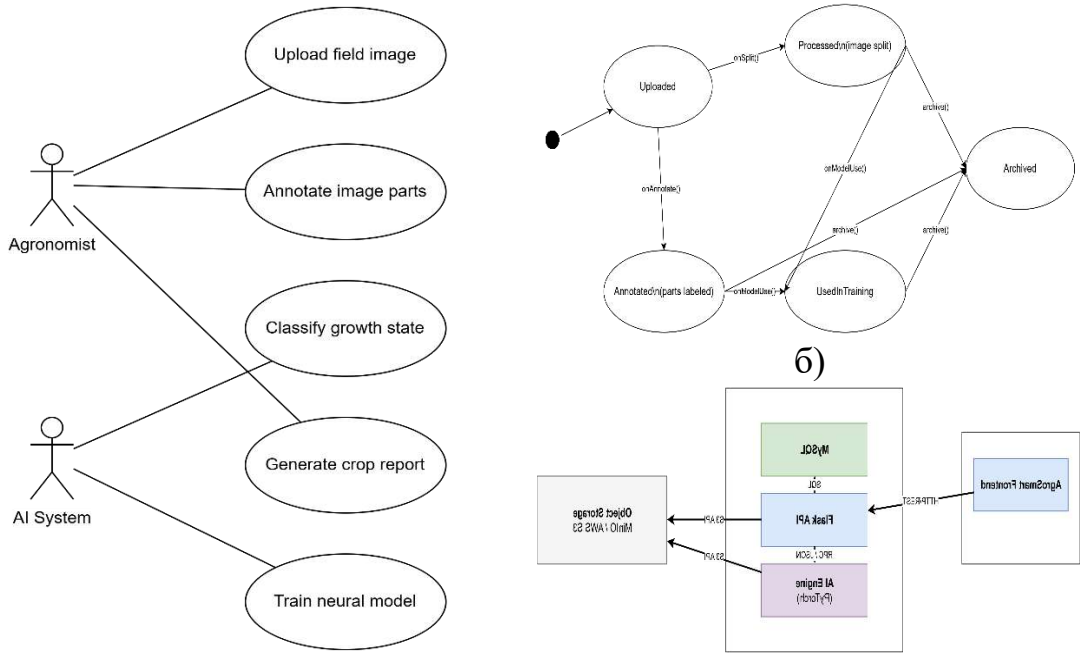


Рисунок 3 – Диаграмма последовательности (загрузка и обработка) изображения

В ходе проектирования и программной реализации БД сформировано семейство UML-диаграмм, в частности: диаграмма вариантов использования (рис. 4 (а)), состояний (рис. 4 (б)) и упрощенная клиент-серверная архитектура (рис. 4 (в)).



а) б) в)

Рисунок 4 – UML-диаграммы разрабатываемой БД

Типовой SQL-запрос для экспорта исходных и аннотированных графических объектов, а также их метаданных (при наличии) представлен на рисунке 5. Приведенный SQL-запрос обеспечивает выборку изображений пшеницы (сезон-весна (вегетативная фаза-кущение)).

```
SELECT
```

```
    fi.directory AS full_image_path,
    cg.culture_name,
    s.season_name,
    dp.period,
    fip.directory AS part_path,
    lc.category_name
FROM field_image fi
JOIN culture_group cg ON fi.culture_group_id = cg.id
JOIN season s ON fi.season_id = s.id
JOIN day_period dp ON fi.day_period_id = dp.id
JOIN field_image_part fip ON fi.id = fip.field_image_id
JOIN label_category lc ON fip.label_category_id = lc.id
WHERE cg.culture_name = 'wheat' AND s.season_name = 'spring';
```

Рисунок 5 – Фрагмент типового запроса для экспорта данных

В ходе исследования предложена методология формирования базы данных 4K-изображений посевов однолетних полевых культур, включающая проектирование реляционной модели, архитектуры системы сбора и структурированного хранения графических объектов и их метаданных (с.-х. культура, сезон, время суток и др.), а также аспекты совместимости с современными фреймворками машинного обучения [7-9]. Близкие цветоколористические характеристики изображений сформированной БД и визуальная схожесть полученных элементов набора данных требует разработки семейства ИНС на основе сверточных слоев для повышения точности выявления выделенных классов развития агрофитоценозов.

Список использованной литературы

1. Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 29.02.2024. http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/messages/73585

2. Якушев В. В. Структуризация агротехнологических знаний для построения онтологий в растениеводстве // Земледелие. 2022. № 7. С. 3-7.

3. Якушев В. В. Интеллектуальные системы поддержки технологических решений в точном земледелии // Земледелие. 2020. № 1. С. 33-37.

4. Рогачев А. Ф., Мелихова Е. В., Белоусов И. С. Исследование развития и продуктивности сельскохозяйственных культур с применением беспилотных летательных аппаратов // Известия НВ АУК. 2020. № 3 (59). С. 397-406.

5. Токарев К. Е., Рогачев А. Ф. Системный анализ и нейросетевые методы оперативного мониторинга всходов озимой пшеницы после перезимовки в условиях континентального климата // Известия НВ АУК. 2025. № 4 (82). С. 474-482.

6. Токарев К. Е., Рогачев А. Ф., Чамурлиев Г. О. Онтология классов цветных изображений посевов зерновых культур в процессе вегетации для обучения и тестирования нейросетевых моделей // Journal of Agriculture and Environment. 2025. № 10 (62).

7. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624029 Российская Федерация. Набор цветных RGB-изображений посевов однолетних полевых культур в фазе кущения для обучения и тестирования искусственных нейронных сетей, классифицирующих дефектные участки различного

происхождения: заявл. 16.09.2025: опубл. 25.09.2025 / К. Е. Токарев, А. В. Пискунов, А. Ф. Рогачев, Г. О. Чамурлиев; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет».

8. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624029 Российская Федерация. Набор размеченных RGB-изображений посевов однолетних полевых культур в системе орошаемого земледелия для обучения и тестирования классифицирующих искусственных нейронных сетей: заявл. 17.11.2025: опубл. 01.12.2025 / К. Е. Токарев, А. Ф. Рогачев, А. Ю. Наумов; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет».

9. Мелихова Е. В. Подготовка ретроспективных данных для нейросетевой системы управления программируемым аграрным производством в засушливых условиях волгоградской области // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 2. С. 19.

УДК 004.89+621.315.62

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИИ ДЕФОКТОСКОПОМ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ АВАРИЙ НА ЛЭП 110 КВ

Штырин Д. С., *преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены возможности использования модели анализа искусственного интеллекта с помощью метода учителя и без метода учителя для определения дефектов изоляторов на воздушных линиях. Изучена перспектива их внедрения в дальнейшем в российских производственных организациях, связанных с электросетями и электричеством.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, изоляторы, дефективные изоляторы, компьютерное зрение, обучение нейронных сетей, свёрточная нейронная сеть, метод детекции с помощью учителя, метод обучения с помощью готовой модели нейронных сетей.*

Актуальность. В настоящее время, искусственный интеллект используется практически во всех сферах деятельности, с целью оптимизации процессов и работ где они применяются. Производство, то есть необходимость создания более быстрых и мобильных решений проблем для блага общества внедряют искусственный интеллект. Искусственный интеллект считается перспективным направлением в развитии многих сфер технологий [1].

Современные электросети – это сложные системы, объединяющие тысячи компонентов: линии электропередач (ЛЭП), подстанции, трансформаторы, изоляторы для функционирования, которых необходим оперативный контроль и принятие решений. Научная новизна представленной работы заключается в прогнозировании и обнаружении сбоев, определении аварии на линии электропередач и изоляторов [6].

Цель: Цель данной статьи заключается в разработке и анализе методов применения искусственного интеллекта с помощью процесса обнаружения и выявления (детекции) методом учителя для диагностики и классификации дефектов изоляторов на воздушных линиях электропередачи.

Задачи: План исследования.

1. Анализ и определение ключевых проблем и оценка эволюции методов выявления дефектов изоляторов ВЛЭП – от традиционных средств к перспективным технологиям.

2. Теоретическое обоснование и формирование детализированной таксономии дефектов изоляторов, определяющей признаки для их автоматического распознавания.

3. Моделирование и разработка, настройка и верификация алгоритмов машинного обучения, направленных на оценку технического состояния изоляторов по диагностическим данным.

4. Техническая реализация и организация комплекса мониторинга на базе БПЛА, обеспечивающего сбор репрезентативного массива данных (включая изображения высокого разрешения).

5. Алгоритмическое обеспечение и апробация компьютерных алгоритмов для автоматизированного анализа визуальной информации с целью обнаружения и категоризации дефектов [5].

Анализ существующих технологий и методов, применяемых для выявления дефектов изоляторов на воздушных линиях электропередачи.

Существуют несколько методов технологий применяемый для выявление дефектов изоляторов, такие как:

1. Контактный, который, в основном, предусматривает определение распределения напряжения измерительными штангами вдоль гирлянды изоляторов, а также определение сопротивления пробитых изоляторов.

2. Косвенный, который основан на регистрации электромагнитного излучения от изоляторов.

3. Акустический, который состоит в обнаружении акустических сигналов, генерируемых каналами высокой проводимости, в ультразвуковом диапазоне частот.

4. Тепловой определяет техническое состояния изоляторов,которые можно осуществлять с помощью инфракрасной (ИК) термографии. В качестве диагностического параметра используется температурное поле объектов и связанный с ним процесс лучевого теплообмена между поверхностью объекта, окружающей средой и техническим средством диагностики путем улавливания, измерения и анализа ИК излучения, которое несет информацию о конфигурации и количественных параметрах данного температурного поля.

5. Оптический данный метод заключается в наблюдении или регистрации оптического излучения, которое взаимодействует с объектом контроля.

Классификация основных дефектов изоляторов на воздушных линиях электропередачи.

К основным повреждениям изоляторов контактной сети и воздушных линий относятся перекрытия и пробои, а также механические повреждения [7].

Перекрытия и пробои изоляторов (электрические повреждения) вызываются:

1. Атмосферными перенапряжениями.
2. Загрязнениями поверхности.
3. Ионизацией воздуха вблизи изоляторов.
4. Разрушением фарфора внутри шапок тарельчатых изоляторов вследствие химической коррозии пестиков, вызванной воздействием применявшихся ранее ускорителей отвердевания цемента заделки.
5. Внешними факторами, в том числе попаданием посторонних предметов, отключением разъединителей под нагрузкой, а также наледями, птицами и т. п.

Для того чтоб искусственный интеллект точно определял дефект изоляторов нужен сбор данных в виде фотографий качественного изолятора и изолятора с дефектом как показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Изоляторы на воздушных линиях с дефектом

После того как собраны фотографии с дефектом и без дефекта изоляторов, должны задать обработку данных и определения для искусственного интеллекта [4]. В анализе данных имеются много направлений, которые занимаются поиском аномалий: детектирование

выбросов, либо же имеет название обучение с учителем или же называемый как метод контролируемого обучения [8]. Существуют два метода контролируемого и полуконтролируемого обучения. Эти методы используют исторические данные с метками, указывающими на «нормальные» и «аномальные» наблюдения. Реализованный алгоритм использует эти метки для разработки предиктивной модели, способной обнаруживать аномалии. В этой статье мы рассматриваем метод контролируемого обучения, а вернее метод с учителем [2].

Контролируемое обучение детекции с учителем.

Данный метод позволяет опытному человеку создать опытную модель на своём опыте, обнаружения аварий с помощью назначение сеток в виде квадратов и прямоугольников для разработки более точного определения дефекта. В качестве примера, на основе контролируемого обучения искусственного интеллекта можно предоставить рисунок 2, где применяется данная заготовленная модель алгоритма с линией разметкой и вывода результата искусственного интеллекта.



а б

Рисунок 2 – Проверка изоляторов на воздушных линиях с помощью проверки искусственного интеллекта
а) с дефектом загрязнения
б) с дефектом древесной кустарниковой растительности

Интерфейс AI-Дефектоскопа.

Был разработан с помощью языка Python, приложения PyCharm, а также библиотек torchvision. AI Дефектоскоп, для использования метода детекции дефектов линии электропередач [3]. В которой можно обучать, производить обработку и загружать уже готовые модели для управления классификации и детекции дефектов. С помощью нового интерфейса, которые теперь имеется для определения дефектов линии на электропередачи 110 кВ. Пользователям, которые работают с данной программы намного проще будет разобраться в загрузке фотографий для получения быстрых результатов по наличиям дефектов или же их отсутствии. Сам рисунок интерфейса представлен на рисунке 3.

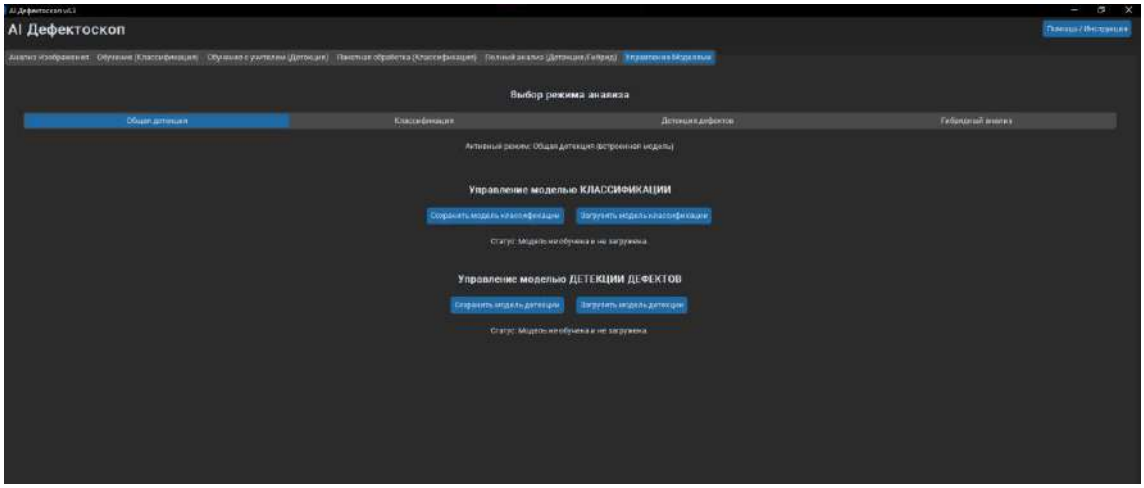


Рисунок 3 – Интерфейс “AI Дефектоскоп”

Выводы и рекомендации. На данный момент имеются около семи сотен фотографий с дефектами изоляторов на воздушных линиях для обучения машинного обучения на основе собранных данных о состоянии изоляторов. Изображения представлены ПАО “Россети ЮГ Волгоградэнерго” для определения аварий на воздушные линии с помощью нейронных сетей. Данная модель анализа с искусственным интеллектом поможет работникам организаций в электросетях находить повреждения без рисков для жизни, также ускорит процесс нахождения дефекта и позволит быстрее исправить дефекты на воздушных линиях. Снижение времени должны положительно сказаться на работе обеспечивающую фиксацию кабеля на линии в положении не допускать передачи тока на столб или опору с дальнейшим стеканием в землю.

Список использованной литературы

1. Overview of the application of artificial intelligence technologies in the electric power industry / Ya. V. Maksimov, D. V. Mazjarkin, K. K. Ershov, E. N. Lashina // Dialogue of cultures: Proceedings of the XVII All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation in English. Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 2024. Pp. 16-20.

2. Применение технологий искусственного интеллекта в электроэнергетике / А. Е. Быков, А. Р. Мухаметова, Д. Р. Бадертдинова, Н. Е. Колесников // Тинчуринские чтения - 2024 "Энергетика и цифровая трансформация»: Международная молодежная научная конференция. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 389-391.

3. Полимерные изоляторы-разрядники для молниезащиты воздушных линий электропередачи и подстанций 35 и 110 кВ / А. Г. Золотых, Е. Ю. Енькин, Г. В. Подпоркин, А. Д. Сиваев // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. 2013. № 4. С. 28-32.

4. Катковский А. Е. Обеспечение конкурентоспособности предпринимательских структур в сфере электроэнергетики на основе использования искусственных нейронных сетей: диссертация. Москва, 2012. 186 с.

5. Юров С. А. Применение нейронных сетей в электроэнергетике для диагностики электрооборудования // Электроэнергетика: материалы региональной научно-технической конференции студентов и аспирантов. Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина, 2009. Т. 3. С. 123-125.

6. Шайхутдинова А. М. Применение нейронных сетей в электроэнергетике для мониторинга и прогнозирования нагрузки и технического состояния оборудования // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В. Г. Шухова: сборник докладов. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2024. С. 75-79.

7. Карлов Д. Н. Нейронные сети в прогнозировании социально-экономических показателей в сфере электроэнергетики // Современные электротехнические и информационные комплексы и системы: материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей. Армавир, 2019. С. 92-96.

8. Вагапов А. И. Применение искусственной нейронной сети для обнаружения частичных разрядов в высоковольтных изоляторах // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы IX Национальной научно-практической конференции. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. С. 640-643.

УДК 631.6:332.05

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТРИЧНОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ АНАЛИТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ОБОСНОВАНИИ МЕЛИОРАЦИИ ЗЕМЕЛЬ НА ЮГЕ РОССИИ

[1]Щедрин В. Н., *д-р техн. наук, академик РАН, главный научный сотрудник*
[2]Медведева Л. Н., *д-р э. наук, ведущий научный сотрудник*
[3]Мелихова Е. В., *д-р техн. наук, профессор*

[1]ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»
г. Москва, Россия
[2]ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»
[3]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Актуальность проводимого исследования объясняется необходимостью дальнейшей разработки методологических основ формирования устойчиво функционирующих высокопродуктивных и экологически сбалансированных орошаемых ландшафтов в степной зоне Юга России. Используемый матричный инструментарий позволяет выделить основные факторы и риски функционирования орошаемых ландшафтов, сельскохозяйственную направленность региональной экономики, области принятия решений в условиях климатических изменений. Экономико-математическое моделирование позволяет дать оценку объекта исследования, выделить значимые факторы внешней среды, обосновать инвестиционную поддержку и сформировать платформу для разработки стратагем сельскохозяйственного производства на орошаемых ландшафтах.

Ключевые слова: *Волго-Донское междуречье, орошаемые ландшафты, матричный инструментарий, стратагемы.*

Введение. На протяжении многих веков область сельскохозяйственной деятельности определялась исходя из сложившегося опыта землепашцев. Научное выделение природно-климатической зональности с теплообеспеченностью и влажностью учеными: А. Воейковым, А. Гумбольдтом, В. Докучаевым позволило подвести под сельскохозяйственное производство научное обоснование [1]. До настоящего времени нет сложившейся точки зрения на дефиницию – агроландшафт. Сельскохозяйственный ландшафт в работах В. Докучаева представлен «территориальной единицей, с определенным пищевым, водным и тепловым режимом, находящейся в пользовании человека» [2]. Схожая точка зрения присутствует в работах В. Кирюшина, где агроландшафт является «геосистемой с единой миграцией вещества и энергии». Академик РАН И. Кружилин считает, что «территории под хозяйственной деятельностью человека в пределах природной зоны, характеризующиеся своеобразием водного режима, биологического и геохимического круговорота веществ» и являются агроландшафтами [3]. Из всего многообразия выделим несколько определений, которые в достаточно полной мере раскрывают содержание понятия агроландшафт: это территориальная система, состоящая из взаимосвязанных природных и антропогенных компонентов, с однотипным рельефом, единообразным сочетанием почв и растительности; это совокупность агроценозов в пределах административно-территориальных границ или природных зон [4]. Изменения, происходящие в агроландшафтах на протяжении длительного времени, являются весьма сложными для изучения и понимания. Для агроландшафтов степной зоны важным фактором является восполнение сезонных осадков с помощью оросительных мелиораций. По данным ФАО, прирост урожайности на орошении для кукурузы возрастает на 280 % в сравнении с результатами богарных участков, для картофеля – на 250 %, для сои – на 200 %. Методологический подход в изучении орошаемых агроландшафтов имеет в своем арсенале научные подходы, методы, технологии, в числе которых – аналитический мониторинг. В Российской Федерации около 9 480 млн га мелиорированных земель, из которых в производственном процессе используется лишь 5,0 млн га. По мнению академиков РАН И. Айдарова, В. Щедрина, И. Кружилина, для обеспечения Продовольственной безопасности и дальнейшего развития сельского хозяйства необходимо иметь не менее 20 млн га мелиорированных земель, из них – 10 млн га орошаемых [3, 4, 6]. Одной из перспективных зон увеличения площади орошаемых земель является Волго-Донское междуречье с мощным почвенным покровом и значительными водными ресурсами [7, 8]. В общем объеме использованных земель междуречья на мелиорированные приходится 1,2 %. Целью исследования стало использование матричного инструментария в оценке потенциала и рисков развития орошаемых агроландшафтов.

Материалы и методы. В доказательную базу исследования вошли научные статьи, **индексируемые в цитатно-аналитических базах**, в том числе работы академиков РАН И. Кружилина, А. Овчинникова, В. Щедрина, ученых ВНИИОЗ – филиала ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова» (далее – ВНИИОЗ). Объектом исследования выбрано Волго-Донское междуречье, в большей мере относящееся к территории Волгоградской области. В междуречье широко распространены процессы, связанные с сельскохозяйственной деятельностью, приводящие к сведению естественной природной среды, увеличению балочно-почвенной эрозии, вторичного засоления (рис. 1) [8].



Рисунок 1 – Волго-Донское междуречье с зонами антропогенной нагрузки

Материалы и рассуждения. Одним из инструментов стратегического позиционирования орошаемого земледелия в Волго-Донском междуречье (ОЗВДМ) является матричный инструментарий: «Продукционная эффективность – многофакторные риски». Для построения матрицы были выбраны четыре группы показателей, характеризующих продукционную эффективность и многофакторные риски. Поле матрицы образовано четырьмя осями, две из которых относятся к характеристике потенциала и внешних факторов ОЗВДМ, две другие отражают эффективность и риски. На общем поле матрицы, состоящем из 16 квадрантов, выделены блоки, являющиеся областями принятия решений. Блоки с рассчитанными значениями пересекающихся осей образуют точку, отражающую состояние ОЗВДМ на сегодняшний день или заданный период. Средняя оценка, аккумулирующая мнения экспертов, выводилась из формулы:

$$P_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i}{m} \quad (1)$$

где P_i – средняя оценка показателя; P_i – оценка каждого эксперта; m – число экспертов.

Средневзвешенную оценку для каждого элемента $P_{\text{взвеш}}^{\text{эл}}$ производилась по формуле:

$$P_{\text{взвеш}}^{\text{эл}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (P_i \text{x } R_i^{\text{эл}})}{\sum_{i=1}^{n} R_i^{\text{эл}}} \quad (2)$$

где $R_i^{\text{эл}}$ – вес каждого показателя в оценке элемента; n – число показателей.

Средневзвешенная оценка для каждого блока $P_{\text{взвеш}}^{\text{эл}}$ по формуле:

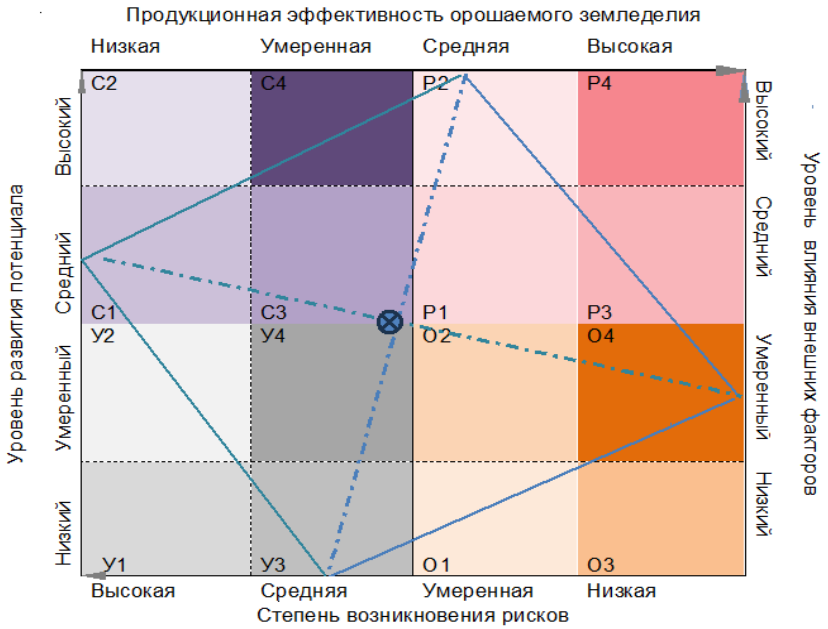
$$P_{\text{взвеш}}^{\text{эл}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (P_{\text{взвеш}}^{\text{эл}} \text{ x } R_i^{\text{бл}})}{\sum_{i=1}^{n} R_i^{\text{бл}}} \quad (3)$$

где$R_i^{\text{бл}}$ – вес каждого элемента в оценке блока.

Для формирования построена шкала оценок в баллах:

низкая оценка	от 0 до 4
средняя оценка	от 4 до 7
высокая оценка	от 7 до 9
очень высокая оценка	от 9 до 10

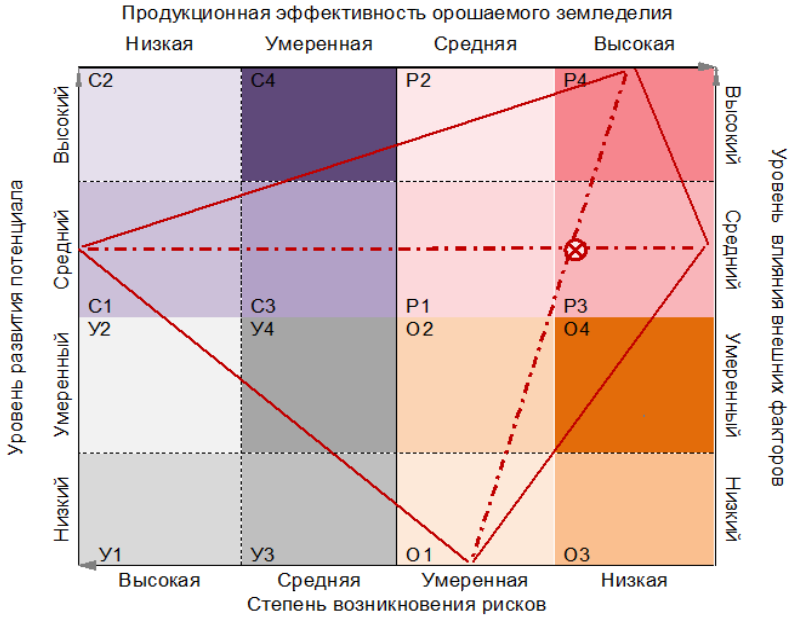
Построение матрицы (рис. 2) производилось на основе отобранных индикаторов, открытой статистики, материалов ВНИИОЗ.



Р– область развитие, У – область упадка, С – область стагнации, О – область оптимизации

Рисунок 2 – Позиционирование орошаемого земледелия Волго-Донского междуречья на стратегическом поле матрицы

Анализ точки положения ОЗВДМ на полях С3, У4, указывает на недостаточный уровень развития орошаемого земледелия, что предусматривает направленность действий по формированию стратагем на более благоприятных полях (рис. 3).



Р–область развитие, У – область упадка, С – область стагнации, О – область оптимизации

Рисунок 3 – Позиционирование орошаемого земледелия Волго-Донского междуречья на стратегическом поле по вектору «Развитие»

Во втором варианте ОЗВДМ на поле Р3 обосновывается увеличение площади орошаемых земель до 5 %, продуктивности поливного гектара – 7,0 тыс. к. е. Основные области принятия решений и разработки стратагем ОЗВДМ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Направленность сельского хозяйства Волго-Донского междуречья на основе интенсификации орошаемого земледелия [9-11]

Поле	Направленность действий
1	2
Упадок	
У1, У2 У3, У4	Оптимизация имеющих ресурсов, переход на ресурсосберегающие технологии (неорошаемое земледелие), консервацию производства. *Перемещение на поле У2*
Стагнация	
С1, С2 С3, С4	Создание оптимальных условий, направленных на сохранение бизнеса, переход на ресурсосберегающие технологии (неорошаемое земледелие), поиск государственно-частных инвестиций. *Перемещение на поле С4*

Продолжение таблицы 1

1	2
Оптимизация	
О1, О2 О3, О4	Обеспечение равнозначимости факторов на производстве (света, тепла, воздуха, воды и питания) на агроландшафтах, применение агробиологических и агротехнических мер при формировании севооборотов, применение прецизионного земледелия, механизма государственно-частного партнерства. *Перемещение на поле О2*
Развитие	
Р1, Р2 Р3, Р4	Введение в оборот новых орошаемых земель, повышение урожайности с/х культур, использование разных типов полива, ресурсосберегающих технологий, ВИЭ, искусственного интеллекта, поддержание оросительных норм, поддержание соотношения культур: зерновые – 35,0 % (кукуруза – 50 %, пшеница – 30 %, соя – 20 %); кормовые – 52,0 % (кукуруза на силос – 40 %, травы на сено –50 %, корнеплоды – 10 %); овощные – 9 %; сады, виноградники – 4 %. *Перемещение на поле Р2, Р4*

Определение рентабельности сельскохозяйственного производства на вновь вводимых орошаемых землях Волго-Донского междуречья можно произвести по формуле:

$$R_{\Pi} = \sum_{i=1}^{N} \frac{\Delta \Pi_i}{\Delta C_i} \cdot 100 \qquad (4)$$

где, R_{Π} – рентабельность производства на орошаемых землях, %; $\Delta \Pi_i$ – прирост прибыли $i-$го агропредприятия за счет орошения, тыс. руб; ΔC – прирост затрат, связанных с использованием орошаемых землях, тыс. руб; N – число агропредприятий.

Заключение. Экономико-математическое моделирование на основе матричного инструментария позволило провести оценку продукционного потенциала орошаемого земледелия, определить риски и предложить стратагемы направленности сельского хозяйства с запрограммированным выходом продукции с единицы площади Волго-Донского междуречья. Матрица эффективности орошаемого земледелия с оценкой потенциала и учетом рисков позволила установить среднюю рентабельность сельскохозяйственного производства в диапазоне – 26-32 %.

Список использованной литературы

1. Конаш В. В., Медведева Л. Н. Онтология мелиоративного комплекса Российской Федерации. Новочеркасск, 2023. С. 23-29.

2. Докучаев В. В. Наши степи прежде и теперь. М.: Сельхозиздат, 1954. С. 449-513.

3. Кружилин И. П. Мелиорация и использование орошаемых земель степной зоны. М.: Агропромиздат. 1988. 240 с.

4. Айдаров И. П., Краснощеков В. Н. Методология оценки экономической эффективности природообустройства агроландшафтов // Мелиорация и водное хозяйство. 2005. № 5. С. 40-47.

5. Сизов Ю. И., Медведева Л. Н. Природные и мелиоративные концепции формирования агроландшафтов // Орошаемое земледелие. 2022. № 4. С. 62-67.

6. Meliorative institutional environment: The area of state interests / V. N. Shchedrin, S. M. Vasilyev, A. V. Kolganovet // Espacios. 2018. Vol. 39. Pp. 28-36.

7. Горохова И. Н., Панкова Е. И. Методические подходы к оценке состоя-ния орошаемых земель сухостепной зоны Волгоградской области с использова-нием космических снимков // Экосистемы: экология и динамика. 2023. № 1. С. 5-37.

8. Дьяченко Н. П., Мелихова Е. В. Анализ природно-техногенной трансформации рельефа Волго-Донского междуречья за последнее двадцатилетие // Грани познания. ВГСПУ, 2013. С. 31-39.

9. Медведева Л. Н. Стратагемы идеального орошаемого земледелия // Агролесомелиорация и защитное лесоразведение. Волгоград, 2023. С. 209-212.

10. Рогачёв А. Ф., Медведев А. В., Медведева Л. Н., Куприянова С. В. Экономико-математическое моделирование и обоснование рационального землепользования в агроландшафтах юга // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации, 2018. № 2 (30). С. 186-208.

11. Шевченко В. А., Щедрин В. Н., Куприянова С. В. Задачи и проблемы восстановления оросительных мелиораций на Юге России // Мелиорация и водное хозяйство. 2023. С. 28-32.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В МЕЛИОРАЦИИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ВОДОСНАБЖЕНИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

УДК 631.587:004.9

ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНО-ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ: КОНЦЕПЦИЯ РАЙОННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АПК ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ахмедов А. Д., *д-р техн. наук, профессор*
Родионов В. С., *аспирант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены разработка и обоснование концепции районной геоинформационной системы как элемента цифровой трансформации управления орошаемым земледелием в условиях сухостепной зоны Волгоградской области. Сформулированы перспективы развития цифровой системы, связанные с расширением типов данных в единый цифровой аналитический контур.

Ключевые слова: *цифровая модель, геоинформационные системы, районный ГИС, цифровые данные, пространственный анализ, орошаемое земледелие.*

В условиях нарастающей аридизации климата и ограниченности водных ресурсов сухостепного Заволжья задачи устойчивого функционирования аграрного сектора напрямую связаны с внедрением цифровых технологий управления земельно-водным потенциалом. Для Городищенского района Волгоградской области эта проблема особенно актуальна, поскольку агроландшафты региона характеризуются высокой уязвимостью к деградационным процессам, пространственной неоднородностью увлажнения и значительной межгодовой изменчивостью водообеспеченности. Традиционные подходы к планированию орошения, основанные на статических данных и индивидуальных экспертных оценках, уже не обеспечивают должной оперативности и точности, что усиливает важность перехода к цифровым системам поддержки принятия решений в мелиоративной сфере [3, 9].

Одним из ключевых направлений цифровой трансформации выступает применение ГИС-технологий, позволяющих интегрировать пространственные данные о почвах, рельефе, состоянии мелиоративных сооружений, климатических параметрах и фактических режимах водоподачи [4, 7]. Несмотря на высокую востребованность таких инструментов, на районном уровне они используются фрагментарно и не образуют единого цифрового контура управления. Разработка концепции районной ГИС формирует основу для создания современного цифрового механизма управления орошаемым земледелием [3].

Городищенский район Волгоградской области расположен в пределах сухостепной зоны, где дефицит влаги и высокая испаряемость являются основными ограничителями агропроизводства. Среднегодовое количество осадков составляет 280-320 мм, причём до 70 % их годового объёма выпадает в холодный период, что делает естественное увлажнение недостаточным для стабильного выращивания большинства сельскохозяйственных культур [2]. Превышение испаряемости над поступлением влаги усиливает зависимость земледелия от регулярного орошения и увеличивает нагрузку на водохозяйственную инфраструктуру, что в совокупности делает цифровые инструменты управления водопользованием критически значимыми для региона.

Почвенный покров территории представлен преимущественно каштановыми и светло-каштановыми почвами, характеризующимися средней обеспеченностью гумусом, повышенной карбонатностью и низкой влагоёмкостью. Быстрое иссушение верхних горизонтов делает агроценозы особенно чувствительными даже к незначительным нарушениям режима полива. Полого-волнистый рельеф формирует мозаичность распределения влаги, что определяет необходимость применения пространственно ориентированных цифровых инструментов для корректного проектирования режимов орошения и оценки потенциальных рисков засушивания отдельных участков [6].

Мелиоративная инфраструктура района отличается высокой степенью изношенности и существенной неоднородностью пропускной способности каналов. На ряде участков потери воды достигают 15-20 % вследствие фильтрации и неравномерной подачи. В сочетании с природными особенностями агроландшафтов – различиями в водопоглощающей способности почв, микрорельефе и локальными зонами вододефицитности – это приводит к значительной вариативности эффективности поливов даже в пределах одного хозяйства. В такой ситуации применение единых норм орошения становится неэффективным: одни участки получают избыточные объёмы воды, в то время как другие испытывают недостаток влаги [9, 10].

Современные исследования в области использования геоинформационных технологий в АПК показывают, что интеграция пространственных данных позволяет выявлять устойчивые связи между свойствами территории и фактическими режимами орошения, формируя основу для перехода к адаптивному, цифровому управлению водопользованием. Однако существующие на уровне отдельных хозяйств информационные решения, как правило, охватывают лишь отдельные аспекты мелиоративной деятельности и не интегрируют почвенные, гидрогеологические, климатические и инфраструктурные данные в единую цифровую платформу. Это приводит к фрагментированности информации и ограничивает возможности стратегического управления земельно-водными ресурсами на муниципальном уровне [4].

В таких условиях создание районной геоинформационной системы становится ключевым элементом цифровой трансформации АПК, обеспечивая многослойный анализ факторов, влияющих на производительность агроландшафтов, и формируя предпосылки для прогнозирования водной нагрузки на оросительные системы. Для повышения эффективности управления земельно-водным потенциалом Городищенского района предлагается модель районной ГИС, основанная на интеграции разнообразных типов данных в единый цифровой аналитический контур. Структура основных функциональных блоков системы представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Основные блоки данных, формируемых в районной ГИС управления орошаемым земледелием

№ п/п	Блок данных	Содержание блока	Целевое назначение
1	Почвенно-агрохимический блок	Типы почв, влагоёмкость, мощность корнеобитаемого слоя, признаки деградации	Прогноз водопотребности и расчет оптимальных режимов полива
2	Гидрологический и климатический блок	Испаряемость, осадки, межгодовые колебания водных ресурсов, показатели дефицита воды	Моделирование доступности воды и оценка рисков дефицита
3	Блок мелиоративной инфраструктуры	Каналы, трубопроводы, насосные станции, их состояние и пропускная способность	Планирование водораздачи, предотвращение перегрузок системы
4	Блок дистанционного зондирования	Индексы NDVI, NDMI, температура поверхности, сезонная динамика вегетации	Мониторинг состояния посевов и выявление стрессовых участков
5	Блок фактических режимов полива	Объёмы поданной воды, частота, равномерность, отклонения от нормы	Контроль эффективности орошения
6	Аналитико-прогностический блок	Многокритериальные модели, расчёт сценариев, прогноз урожайности	Поддержка принятия решений на районном уровне

Представленная структурная схема позволяет объединить разрозненные данные в единую цифровую информационную систему, что существенно расширяет возможности пространственного анализа орошаемых территорий, оценки технического состояния мелиоративных объектов и оперативного выявления зон повышенного риска. Использование такого подхода обеспечивает основу для более точного распределения водных ресурсов, сокращения их нерациональных потерь и уменьшения неравномерности поливов, что особенно значимо для условий сухостепного Заволжья, испытывающего хронический дефицит влаги [6, 7].

Методологическая база исследования формируется на основе комплекса цифровых методов: пространственного анализа, дистанционного мониторинга, статистической обработки и моделирования водопользования. Применение геоинформационных технологий делает

возможной интеграцию этих методов в единую аналитическую платформу, обеспечивающую построение целостной цифровой модели управления земельно-водными ресурсами.

Основные категории данных:

– картографические материалы: топографические планы, схемы мелиоративных систем, крупномасштабные почвенные карты;

– данные дистанционного зондирования: спутниковые снимки Sentinel-2 и Landsat-8, применяемые для расчёта индексов NDVI, NDMI и мониторинга температурных аномалий поверхности [7];

– климатические данные: материалы метеостанций Волгоградской области, климатические реконструкции ERA5, локальные агрометеорологические наблюдения;

– мелиоративные характеристики: пропускная способность каналов, фактические режимы полива, сведения о техническом состоянии насосных станций;

– статистическая информация хозяйств: структура посевных площадей, урожайность, показатели водопотребления отдельных культур.

Методы анализа включают:

– пространственную интерполяцию климатических показателей для выявления локальных зон вододефицитности;

– анализ временных рядов индексов NDVI и NDMI для оценки динамики стрессовых состояний сельскохозяйственных культур;

– моделирование водопотребности по методике FAO-56, адаптированной для условий сухостепной зоны;

– многокритериальную оптимизацию распределения водных ресурсов между хозяйствами и полями;

– оценку эффективности мелиоративной инфраструктуры на основе цифрового картографирования зон водных потерь.

Для реализации всех вычислительных и картографических процедур использовались программные средства QGIS 3.x и ArcGIS Pro, а также инструменты языка Python (GDAL, Rasterio), что позволило автоматизировать обработку данных и повысить точность выполняемых расчётов.

Предложенная методология обеспечивает научную воспроизводимость результатов и формирует основу для дальнейшего расширения цифровых решений в управлении орошением на муниципальном уровне. Интеграция методов пространственного анализа, дистанционного мониторинга и цифрового моделирования водопользования создаёт платформу, способную поддерживать принятие решений в рамках процессов цифровой трансформации АПК региона.

Разработанная модель районной ГИС ориентирована на практическое применение и обеспечивает возможность повышения эффективности водопользования за счёт учёта территориальной неоднородности агроландшафтов и эксплуатационных ограничений мелиоративной инфраструктуры.

Система реализует ключевые цифровые функции:

– пространственная оптимизация норм полива с учётом локальных почвенных и рельефных характеристик, что снижает перерасход воды и уменьшает нагрузку на оросительные сети [3];

– выявление зон потенциальной вододефицитности на основе анализа климатических и гидрологических трендов, позволяющее своевременно корректировать режимы подачи воды;

– мониторинг состояния агроландшафтов с применением спутниковых данных, обеспечивающий оперативное обнаружение участков с нарушением водного режима [2, 7];

– оценка технического состояния элементов мелиоративной инфраструктуры, необходимая для предотвращения аварийных ситуаций и планирования мероприятий по её модернизации;

– формирование сценарных расчётов урожайности в зависимости от режимов полива и доступности водных ресурсов;

– повышение устойчивости регионального агропроизводства за счёт системного цифрового контроля деградационных процессов и поддержания оптимального водного режима.

В целом, интеграция геоинформационной системы на районном уровне создаёт основу для управляемого и прогнозируемого функционирования орошаемых земель, что особенно важно для условий сухостепной зоны Волгоградской области. Такой системный цифровой подход обеспечивает более высокую точность планирования, согласованность между хозяйствами и снижение рисков неэффективного использования водных ресурсов.

Апробация разработанной системы на отдельных участках Городищенского района позволила выявить ряд значимых эффектов. Анализ снимков Sentinel-2 показал зоны с пониженным NDVI, совпадающие с участками неравномерного полива и техническими ограничениями инфраструктуры. Сопоставление данных дистанционного мониторинга с картами почвенных различий подтвердило необходимость корректировки режимов орошения для отдельных полей на 15-20 % по сравнению с существующими нормами.

Моделирование водопотребности продемонстрировало возможность снижения расхода воды до 25 % без потери урожайности, тогда как анализ температурных аномалий поверхности выявил зоны скрытой засухи, приводящие к недобору урожая на 8-10 %. Картографирование пропускной способности каналов позволило выделить две проблемные зоны, где потери воды превышают 18 %. Их включение в цифровую систему обеспечивает оперативную оценку инфраструктурных рисков и обоснование приоритетных мер по модернизации.

Применение ГИС-подхода демонстрирует высокую практическую значимость, обеспечивая объединение мониторинга, анализа инфраструктуры и планирования водопотребления в единую цифровую систему управления, что соответствует стратегическим направлениям цифровой трансформации АПК региона [1, 2].

Предлагаемая концепция геоинформационной системы управления орошаемым земледелием на уровне Городищенского района Волгоградской области демонстрирует потенциал цифрового комплексного подхода к управлению земельно-водными ресурсами в условиях сухостепной зоны. Полученные результаты анализа природно-климатических характеристик территории, состояния мелиоративной инфраструктуры и выраженной пространственной неоднородности агроландшафтов подтверждают необходимость перехода от разрозненных методов сбора и обработки информации к интегрированным цифровым системам, обеспечивающим оперативную, объективную и научно обоснованную поддержку управленческих решений.

Разработанная модель ГИС позволяет объединять почвенные, гидрологические, климатические, инфраструктурные данные и данные дистанционного мониторинга в единый цифровой аналитический контур. Это значительно повышает точность расчётов норм полива, улучшает контроль состояния посевов и обеспечивает возможность прогнозирования водной нагрузки на оросительные системы. Реализация такой системы способствует снижению потерь воды, повышению устойчивости агропроизводства, предотвращению деградации почв и формированию ресурсосберегающих сценариев развития сельского хозяйства на основе цифровой аналитики.

Таким образом, результаты исследования подтверждают высокую эффективность использования геоинформационных технологий в управлении орошаемым земледелием на районном уровне и открывают перспективы дальнейшего совершенствования системы. Особенность таких систем дает возможность интегрировать, вести и совместно анализировать разные виды пространственно распределённых показателей и описательных данных на районном уровне. В качестве направлений развития следует отметить расширение типов, используемых данных, внедрение инструментов автоматизированного водораспределения и применение методов интеллектуального анализа информации, что соответствует стратегическому курсу на цифровую трансформацию агропромышленного комплекса Волгоградской области.

Список использованной литературы

1. Ахмедов А. Д., Бабаев Д. Э., Липский Д. Д., Пискунов А. В. Особенности применения геоинформационных систем в мелиорации // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 3 (71). С. 394-402.

2. Ахмедов А. Д., Кузнецов Ю. И. Использование технологий ГИС при оценке экологического состояния засоления земель Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 1 (33). С.185-189.

3. Гусев В. И. Геоинформационные технологии в управлении мелиоративными системами // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 5. С. 12-19.

4. Киселёв С. М. Применение ГИС-технологий для мониторинга земель сельскохозяйственного назначения // Геодезия и картография. 2020. № 9. С. 28-34.

5. Николаев П. Н. Пространственный анализ водных ресурсов на уровне муниципальных районов // Водное хозяйство России. 2021. № 3. С. 51-62.

6. Захарова Т. А. Моделирование водопотребления при орошении сельскохозяйственных культур // Агрохимия. 2019. № 8. С. 77-84.

7. Фёдоров К. И. Применение дистанционного зондирования для оценки состояния орошаемых земель // Земледелие. 2022. № 1. С. 39-45.

8. Минаев Ю. А. Управление земельно-водными ресурсами на региональном уровне с использованием ГИС // Экология и промышленность России. 2020. № 6. С. 22-30.

9. Поляков Д. С. Оценка риска деградации почв в сухостепных районах Поволжья // Почвоведение. 2018. № 10. С. 1182-1190.

10. Романов А. Н. Геоэкологический мониторинг агроландшафтов Волгоградской области // География и природные ресурсы. 2019. № 4. С. 104-112.

УДК 631.674.6:635(470.45)

КАПЕЛЬНЫЙ ПОЛИВ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ахмедов А. Д., *д-р техн. наук, профессор*
Жарков А. А., *аспирант*
Малышев А. В., *аспирант*
Юлин М. В., *аспирант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. В настоящее время, в условиях растущего дефицита пресной воды, рациональное использование водных ресурсов как фактор повышения урожайности овощных культур на орошаемых землях Волгоградской области становится все более ощутимым. Необходимо использовать современные системы полива и ресурсосберегающие технологии, позволяющие значительно минимизировать потери воды на единицу полученной продукции. К таким способам полива относится капельное орошение.

Ключевые слова: *капельное орошение, режимы орошения, урожайность овощных культур, оросительные нормы, суммарное водопотребление, предполивная влажность почвы, дозы внесения удобрений.*

В настоящее время рациональное использование водных ресурсов в условиях растущего дефицита пресной воды в сельском хозяйстве становится все более ощутимым, особенно в орошаемом земледелии. Поэтому необходимо использовать современные системы полива и ресурсосберегающие технологии, позволяющие значительно минимизировать потери воды на единицу полученной продукции. К таким способам полива относится капельное орошение. В отличие от традиционных способов орошения, капельное орошение в основном регулирует объем подачи воды растениям в соответствии с их потребностями. В условиях ограниченных водных ресурсов применение ка-

пельного орошения способствует снижению потерь воды на сток и испарение, поскольку вода поступает напрямую к корням или в непосредственной близости от растения [5-9].

Необходимо отметить, что одной из важнейших проблем сельского хозяйства является повышение урожайности и качества получаемой продукции. Следовательно, возделывание овощных культур на орошаемых землях Волгоградской области имеет особое значение. Для удовлетворения потребностей населения в продуктах питания необходимы рост и стабилизация производства продукции растениеводства и овощеводства. При недостаточном естественном увлажнении и невысоком плодородии зональных почв эта отрасль может успешно развиваться здесь только в условиях орошения и внесения удобрений [3, 4].

Овощные растения по биологическому составу, происхождению, хозяйственному использованию и другим признакам значительно различаются. В то же время они имеют общую биологическую особенность: повышенную требовательность к увлажнению почвы, высокое водопотребление и неустойчивость к почвенной засухе. Недостаток влаги в почве вызывает замедление или прекращение роста вегетативных органов и впоследствии приводит к гибели урожая. Повышенная чувствительность овощных культур к недостатку влаги в почве обусловливается слабой поглотительной способностью труднодоступной воды и высокой интенсивностью транспирации растений. В этом отношении каждая из овощных культур имеет свои особенности. В связи с этим особого внимания требует углубленное изучение проблемы рационального водного и пищевого режимов почвы для получения стабильных урожаев и качественной, экологически безопасной продукции овощных культур при наименьших затратах труда и материальных ресурсов. Поэтому проведение экспериментальных исследований в указанном направлении имеет большое значение для мелиоративной науки и практики [1, 2].

С учетом вышеизложенного, начиная с 2023 года, на разных участках светло-каштановых почв Волгоградской области с применением капельного полива нами проводятся экспериментальные исследования по возделыванию овощных культур, таких как морковь, столовая свекла и редька.

За весь период вегетации оросительная норма и суммарное водопотребление по вариантам опыта при выращивании моркови составили: 3180 и 4160 м^3/га (вариант – 65-75 % НВ), 3450 и 4430 м^3/га (вариант – 75-85 % НВ) и 3600 и 4580 м^3/га (вариант – 85 % НВ) соответственно. При этом урожайность моркови в зависимости от вариантов опыта была получена в среднем в пределах 59,7-92,5 т/га (табл. 1).

Необходимо отметить, что на всех вариантах опыта максимальная урожайность моркови была получена при поддержании влажности почвы на уровне 75-85 % НВ в сочетании с внесением различных

удобрений. Так, например, урожайность моркови 70 т/га обеспечивается на варианте с предполивной влажностью 75-85 % НВ в сочетании с внесением удобрений $N_{105}P_{75}K_{115}$ кг д.в./га. При этом оросительная норма составила 3450 м^3/га, а суммарный расход влаги – 4430 м^3/га.

Таблица 1 – Фактическая урожайность моркови по вариантам опытов, в среднем за 2023-2025 гг.

Урожайность, т/га		Варианты опыта		Оросительная норма, м^3/га	Суммарное водопотребление, м^3/га
планируемая	фактическая	дозы удобрений, кг д.в./га	Предполивная влажность почвы, % НВ		
70	59,7	$N_{105}P_{75}K_{115}$	65-75	3180	4160
	71,6		75-85	3450	4430
	69,8		85	3600	4580
80	67,3	$N_{145}P_{105}K_{145}$	65-75	3180	4160
	81,7		75-85	3450	4430
	79,4		85	3600	4580
90	76,1	$N_{185}P_{135}K_{175}$	65-75	3180	4160
	92,5		75-85	3450	4430
	89,2		85	3600	4580

Для урожайности га моркови 80 т/ необходимо поддерживать предполивную влажность 75-85 % НВ в сочетании с внесением удобрений $N_{145}P_{105}K_{145}$. Максимальный урожай моркови 92,5 т/га был получен при поддержании влажности 75-85 % НВ на фоне внесения повышенной дозы удобрений $N_{185}P_{135}K_{175}$.

В процессе изучения агротехники столовой свеклы, с целью обеспечения более благоприятных условий влажности почвы, в рамках схемы полевого опыта было спланировано поддержание уровня предполивной влажности почвы на уровне 65, 75 и 85 % НВ. При этом было запланировано два варианта глубины увлажнения почвы: 1-й – с постоянной глубиной увлажнения почвы – 0,5 м, 2-й вариант на глубину увлажнения 0,3 м слоя почвы в период «посадка – формирование корнеплодов» и 0,5 м в период «формирование корнеплодов – техническая спелость». В этих случаях оросительная норма по вариантам опыта при выращивании столовой свеклы для слоя 0,5 м и 0,3-0,5 м соответственно в среднем изменялась:

- от 3060 м^3/га до 3230 м^3/га (вариант – 65 % НВ);
- от 3380 м^3/га до 3520 м^3/га (вариант – 75 % НВ);
- от 3600 м^3/га до 3740 м^3/га (вариант – 85 % НВ).

В течение вегетационного периода столовой свеклы полученные данные показывают, что суммарное водопотребление при капельном орошении в зависимости от варианта опыта (65, 75, 85 % НВ) соответственно в среднем составляет 4040, 4360, 4580 м^3/га (для слоя 0,5 м) и 4210, 4500, 4720 м^3/га (для слоя 0,3-0,5 м).

Результаты расчетов по урожайности столовой свеклы показали, что при глубине увлажнения почвы 0,3-0,5 м создаются более благоприятные условия для развития растений. На данном варианте урожайность столовой свеклы в среднем изменяется от 44,2 т/га до 75,5 т/га (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность столовой свеклы по вариантам опытов, в среднем за 2023-2025 гг.

Урожайность, т/га		Варианты опыта		Оросительная норма, $м^3$/га	Суммарное водопотребление, $м^3$/га
планируемая	фактическая	дозы удобрений кг д.в./га	Предполивная влажность почвы, % НВ		
При глубине увлажнения почвы 0,5 м					
50	40,7	$N_{115}P_{85}K_{125}$	65	3060	4040
	45,2		75	3380	4360
	50,3		85	3600	4580
60	45,6	$N_{155}P_{115}K_{155}$	65	3060	4040
	53,4		75	3380	4360
	60,2		85	3600	4580
70	53,3	$N_{195}P_{145}K_{185}$	65	3060	4040
	65,8		75	3380	4360
	71,5		85	3600	4580
При глубине увлажнения почвы 0,3-0,5 м					
50	44,2	$N_{115}P_{85}K_{125}$	65	3230	4210
	48,6		75	3520	4500
	53,9		85	3740	4720
60	50,3	$N_{155}P_{115}K_{155}$	65	3230	4210
	58,5		75	3520	4500
	64,8		85	3740	4720
70	58,6	$N_{195}P_{145}K_{185}$	65	3230	4210
	69,4		75	3520	4500
	75,7		85	3740	4720

Оптимальными элементами технологии выращивания столовой свеклы на светло-каштановых почвах Волго-Донского междуречья являются: вариант с влажностью почвы 85 % НВ, с глубиной увлажнения почвы 0,3-0,5 м. При этом максимальная урожайность свеклы достигла в среднем 53,9-75,7 т/га.

Выращивание столовой свеклы при глубине увлажнения почвы 0,5 м требует поддержания влажности почвы на уровне 85 % НВ, так как урожайность в этом варианте варьируется в пределах от 50,3 т/га до 71,5 т/га.

При возделывании редьки объём оросительной воды за период вегетации изменялся в первую очередь в зависимости от исследуемых режимов орошения. При поддержании предполивной влажности почвы не ниже 60 % НВ оросительная норма составила 2830 $м^3$/га. При повышении влажности почвы до 70 и 80 % НВ оросительная норма возрастала до 3050 и 3270 $м^3$/га. Суммарное водопотребление в зави-

симости от вариантов опыта изменялось от 3840 до 4190 м^3/га. Полученные результаты позволяют установить тесную связь между суммарным водопотреблением и урожайностью редьки (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность редьки по вариантам опытов, в среднем за 2023-2025 гг.

Урожайность, т/га		Варианты опыта		Оросительная норма, м^3/га	Суммарное водопотребление, м^3/га
планируемая	фактическая	дозы удобрений, кг д.в./га	Предполивная влажность почвы, % НВ		
60	51,8	$N_{115}P_{95}K_{105}$	60	2830	3840
	57,9		70	3050	4020
	62,6		80	3270	4190
70	62,2	$N_{145}P_{125}K_{125}$	60	2830	3840
	68,4		70	3050	4020
	83,5		80	3270	4190
80	72,3	$N_{175}P_{155}K_{145}$	60	2830	3840
	78,7		70	3050	4020
	83,9		80	3270	4190

На основе полученных данных установлено, что капельное орошение в сочетании с удобрением светло-каштановых почв Волго-Донского междуречья позволяет получать планируемую урожайность редьки в пределах 60-80 т/га. На всех вариантах опыта максимальная продуктивность плодов редьки наблюдается при поддержании влажности в активном слое почвы на уровне 80 % НВ.

Урожайность редьки на уровне 60 т/га обеспечивается при поддержании влажности почвы не ниже 80 % НВ с внесением доз удобрений на уровне $N_{115}P_{95}K_{105}$. Формирование урожайности редьки от 70 до 80 т/га связанно с увеличением доз внесения удобрений соответственно от $N_{145}P_{125}K_{125}$ до $N_{175}P_{155}K_{145}$.

Таким образом, проведенные нами исследования на светло-каштановых почвах Волгоградской области показали, что столовая свекла и морковь хорошо отзываются на орошение и минеральное питание. В целом внесение минеральных удобрений оказывает значительное влияние на продуктивность формируемых к концу вегетации корнеплодов на всех вариантах режима орошения.

Список использованной литературы

1. Ахмедов А. Д., Азиева И. А., Акутнева Е. В., Галиуллина Е. Ю., Гущина И. А. Научно-экспериментальное обоснование основных параметров водосберегающих способов полива для повышения экологической безопасности устойчивых агроландшафтов в условиях Нижнего Поволжья: монография. Волгоград, 2022. 164 с.

2. Ахмедов А. Д., Липский Д. Д. Продуктивность овощных культур в зависимости от режима орошения и минерального питания // Актуальные вопросы современной науки и инноватики: сборник научных статей по материалам II Международной научно-практической конференции. Уфа: Изд. НИЦ «Вестник науки», 2023. Ч. 1. С. 212-216.

3. Бочарников В. С., Мещеряков М. П., Бочарникова О. В. Экономия оросительной воды при производстве продукции овощеводства // Перспективные направления исследований в изменяющихся климатических условиях: сборник докладов Международной научно-практической конференции. Саратов, 2014. С. 487-490.

4. Кизяев Б. М., Бородычев В. В., Мартынова А. А. Совершенствование агротехники возделывания моркови столовой в условиях Волгоградской области // Овощи России. 2020. № 3. С. 51-56.

5. Корсаков К. В., Пронько В. В., Верховцева Н. В. Продуктивность свеклы кормовой на орошаемых каштановых почвах Заволжья при использовании листовых подкормок гуминовыми удобрениями // Аграрный научный журнал. 2023. № 10. С. 42-46.

6. Курбанов С. А., Магомедова Д. С., Халимбеков А. Ш. Урожайность свеклы столовой при ленточном посеве и применении регулятора роста // Аграрная Россия. 2022. № 4. С. 18-22.

7. Новиков А. Е., Новиков А. А. Научное обеспечение орошаемого земледелия // Орошаемое земледелие. 2023. № 3 (42). С. 5-7.

8. Храбров М. Ю., Майер А. В. Совершенствование системы капельно-инъекционного орошения для полива овощных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 1 (73). С. 283-289.

9. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. Vol. 341. 012105

УДК 631.674.5+635.044

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИВА ДОЖДЕВАНИЕМ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В СЕЗОННЫХ ТЕПЛИЦАХ

Бочарникова О. В., *д-р техн. наук, профессор*
Князева А. А., *аспирант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Изучено применение полива дождеванием при выращивании овощных культур в сезонных теплицах. Проанализированы преимущества и недостатки данного метода, а также его влияние на рост, развитие и урожайность овощных культур. Описаны конструктивные особенности и достоинства сезонных теплиц, примеры организации полива дождеванием в сезонных теплицах.

Ключевые слова: *дождевание, сезонные теплицы, способы полива, овощеводство, режимы орошения.*

Одним из наиболее эффективных способов получения урожая с применением технологий для создания и поддержания оптимальных условий, обеспечивающих необходимый рост растений, является выращивание овощных культур в теплицах. Такая технология всё чаще

применяется не только в регионах с рискованным земледелием, но и в районах с достаточно предсказуемыми погодными условиями, почвами с высоким плодородием и производительностью. Даже в таких областях иногда случаются труднопредсказуемые экстремальные погодные явления, такие как заморозки, град, засуха. Кроме того, такой способ производства овощей позволяет минимизировать применение инсектицидов и гербицидов, что делает продукцию более безопасной для потребителя и экологически чистой. Важным является и экономический аспект. Выращенные в теплице овощные культуры с наибольшей вероятностью будут обладать более стандартными характеристиками. Это, в свою очередь, имеет большое значение при реализации получаемой продукции. А ресурсы необходимые для выращивания будут использоваться рациональнее и экономичнее, чем при выращивании в открытом грунте. Всё это имеет большое значение для обеспечения продовольственной безопасности страны. Позволяет в меньшей степени зависеть от других государств и экономической ситуации в мире. По назначению теплицы можно разделить на зимние и сезонные. Зимние теплицы функционируют круглый год, а сезонные используются для защиты растений от неблагоприятных погодных факторов в течение определенного сезона.

Конструкция зимних теплиц имеет несколько элементов. Обязательным является наличие бетонного или металлического фундамента, на который крепиться достаточно прочный и устойчивый каркас теплицы. Он в свою очередь может быть выполнен из прочного пластика, алюминия, дерева. В качестве укрывного материала могут быть использованы поликарбонат, полимерная пленка или стекло. Отличительной особенность зимних теплиц является наличие внутри систем отопления. Именно они позволяют выращивать теплолюбивые овощные культуры в теплицах в холодный период года. Отопление возможно на основе газовых котлов и приборов или за счет электрических обогревателей, инфракрасных панелей. Для качественного выращивания устанавливают также системы вентиляции, освещения, полива. Всё вышеперечисленное делает процесс создания зимней теплицы трудоемким, долгосрочным и дорогостоящим. Кроме того, такая конструкция обладает низкой мобильностью, требует дополнительного подвода значительного количества коммуникаций.

Сезонные теплицы имеют ряд преимуществ. Во-первых, зачастую, они имеют более низкую себестоимость, требуют меньше экономических затрат при установке и в процессе обслуживания. В них не используются сложные системы отопления и освещения, имеющие высокую стоимость. Кроме того, теплицы данного вида быстрее устанавливаются и разбираются, они более мобильны. Ещё

одним преимуществом является возможность обеспечения в них лучшей светопроницаемости, играющей важную роль для роста растений в весенний и летний период [3]. Сезонные теплицы могут быть лучше адаптированы к солнечным условиям, позволяя растениям получать достаточное количество света в летние месяцы. Простота конструкции делает сезонные теплицы более гибкими в использовании, их легко адаптировать к изменяющимся климатическим условиям, различным типам культур в зависимости от сезона. Немаловажным фактором является минимальное обслуживание, обусловленное использованием сезонных теплиц только в течение определенного времени. Выбор между сезонной и зимней теплицей зависит от специфики выращиваемых культур и климатических условий региона.

Основными компонентами сезонной теплицы можно считать каркас, покровный материал, систему вентиляции, систему полива. Каркас может быть выполнен из металла, пластика или дерева. Для покровного материала используется полиэтиленовая пленка, поликарбонат или стекло. Вентиляцию обеспечивают специальные технические средства, например, вентиляторы, создающие активный обдув [5]. Естественная вентиляция осуществляется за счет вентиляционных отверстий, создающих сквозняк окон или форточек. В рассматриваемых теплицах может использоваться капельный полив, дождевание, система подогрева и увлажнения воздуха, полив вручную.

В сезонных теплицах часто выращивают, например, сладкий и острый перец, который отлично растет в теплых условиях. Еще одной часто встречающейся в таких теплицах культурой являются огурцы, требующие тепла и высокой влажности. Хорошо подходят для такого способа возделывания баклажаны и цуккини, высокоурожайные томаты, петрушка, укроп, базилик, кинза, шпинат.

Одним из наиболее эффективных способов полива овощных культур в теплицах является дождевание. Дождевание – это механизированный способ полива, при котором вода разбрызгивается дождевальными устройствами в виде искусственного дождя, увлажняя при этом не только почву, но и приземный слой воздуха и наземные части растений [7]. Его сущность заключается в имитации естественного дождя с помощью дождевальных установок, в результате чего влага равномерно распределяется по поверхности почвы и листьям растений. Путем полива дождеванием легче обеспечить оптимальную поливную норму, так как оно способствует уменьшению колебаний оводненности почвы и растений. Это имеет большое значение для таких овощных культур, как перец, баклажаны, огурцы, фасоль, картофель, корнеплоды, которые не переносят переувлажнения почвы. Особенно хороший эффект дает дождевание для всех разновид-

ностей капусты, шпината, листового салата, кочанного салата [7]. Для реализации орошения дождеванием в теплицы размещают трубы с небольшими отверстиями или распылителями.

Распылители могут использоваться железные, устойчивые к коррозии, или пластиковые, более легкие и недорогие, но менее долговечные. Долговечность распылителей зависит не только от материала, из которого они изготовлены, но и от качества воды, соблюдения правил эксплуатации. Также распылители могут быть ротационными, обеспечивающими вращающееся водяное облако и большую площадь охвата, или плоские, способные создать широкую водяную завесу. Плоские распылители бывают статическими, распыляющими воду из определенной точки. Качающие распылители имеют способность изменять положение в пространстве. Импульсные работают по принципу прерывистого полива. Ротационные распыляют жидкость за счет центробежной силы. Подвижная головка крутиться вокруг своей оси. Им характерна достаточно большая дальность орошения. Такие распылители могут быть круговые. Сектор полива в таком случае будет составлять 360 градусов. Но существуют устройства с ограничителем, который позволяет регулировать площадь полива. В таком случае сектор может быть от 40 до 360 градусов.

В теплице размещают таймеры и сенсоры, помогающие качественно обеспечить оптимальные для выращивания конкретного растения условия. Они направлены на поддержание необходимого уровня влажности и температурных показателей. Установленные датчики могут оперативно улавливать и передавать информацию на контроллеры управления об изменении условий и физических параметров внутри теплицы. Температурные датчики контролируют температурный режим, передают информацию на контроллер для регулировки систем отопления и вентиляции. Датчики влажности фиксируют показатели увлажненности воздуха и почвы. С помощью датчика освещённости можно провести измерения количества поступающего в теплицу солнечного света. Оптимальные условия для фотосинтеза можно обеспечить с помощью датчика углекислого газа. Благодаря установке таких устройств можно своевременно отрегулировать температуру, интенсивность полива, количество поступающего к растениям света и так далее. Для автоматизации полива могут быть установлены механические или электронные таймеры.

Качество орошения дождеванием может характеризоваться рядом показателей: равномерностью распределения дождя по орошаемой площади, интенсивностью дождя (мгновенной и отнесенной к площади полива за один проход при работе в движении или за время полива на одной позиции), крупностью капель дождя, силой удара капель дождя [8]. Показатель равномерности распределения дождя по орошаемой площа-

ди указывает на качественное распределение осадков по всей площади, в результате чего исключается возможность образования поверхностного стока. Что в свою очередь благотворно влияет на качество почвы, так как вода не смывает и не переносит ее частицы, из почвы не вымываются питательные вещества. Кроме того, равномерность распределения гарантирует отсутствие переувлажненных растений или растений, недополучивших влагу. Величину слоя поливной воды, подаваемой на поверхность земли дождевальным устройством за единицу времени принято считать интенсивностью дождя. Для того чтобы не допустить переувлажнения почвогрунта в теплице и соответственно выращиваемой овощной культуры, необходимо настроить полив таким образом, чтобы интенсивность дождя не была выше скорости впитывания воды в почву на протяжении всего полива. Не менее важным показателем является крупность капель искусственного дождя. Крупные капли могут оказать негативное влияние на структуру и качество почвы в теплице. Под их влиянием она может становиться плотнее, чем необходимо для выращивания овощной культуры.

Организовать дождевание в сезонной теплице можно различными способами. Устройства, предназначенные для орошения растений возможно установить на стенах теплицы и направлять поток воды в необходимом направлении. Таким образом можно исключить наличие в теплице участков, к которым совсем не подается вода или подается в недостаточном количестве. Распылительные системы можно установить и на потолке. В таком случае вода будет подаваться растениям в виде мелких капель. Это, в свою очередь, обеспечит равномерное покрытие нуждающейся в орошении площади высаженных растений. Применяются также системы с торфяными модулями, они создают дождевую завесу за счет изменения давления. Широко применяются канальные дождеватели. Принцип их устройства основан на системе каналов, по которым проходит вода. Они позволяют осуществить дождевание абсолютно всей площади теплицы.

Для эффективного применения полива дождеванием при выращивании овощных культур в сезонных теплицах необходимо обеспечить выполнение ряда условия. В первую очередь, важно рассчитать оптимальные для конкретного выращиваемого растения интервалы полива. Они зависят от сорта растений, климатических условий, физических и химических факторов используемого в теплице почвогрунта, стадии роста растения. Кроме того, необходимо тщательно следить за равномерностью распределения подаваемой влаги, выбрать оптимальную расчетную крупность капель искусственного дождя.

Огромную роль играет температура воды, используемой в системе полива. Важно отслеживать, чтобы она не была ниже температуры воздуха в теплице. Успешность выращивания овощной культуры

значительно повышается при ежедневном контроле процессов, происходящих в теплице. Необходимо регулярно проверять работу системы дождевания, своевременно устранять поломки, при необходимости корректировать режим орошения [6]. С оптимизацией процесса контроля могут помочь системы автоматизации, состоящие из датчиков.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что выращивание овощных культур в сезонных теплицах может служить мощным инструментом обеспечения продовольственной безопасности в современных реалиях. В сравнении с зимними теплицами, сезонные имеют ряд значительных преимуществ. Простота конструкции, относительно не высокая стоимость материалов и оснащения, мобильность, низкие затраты на содержание и обслуживание делают данный способ выращивания овощных культур довольно востребованным. Лучше всего в сезонных теплицах выращивать овощи, требующие теплых условий и короткого срока созревания, такие как огурцы, помидоры, перцы, кабачки и зелень. Это дает возможность получить свежий урожай высокого качества в сезон и максимизировать плодородие в короткую теплую пору. Производственную эффективность сезонных теплиц повышает применение в них полива дождеванием. Дождевание является эффективным инструментом повышения урожайности овощных культур, выращиваемых в сезонных теплицах. Однако, успешность применения рассматриваемого способа полива возможна исключительно при обдуманном подходе, основанном на детальном изучении особенностей выращиваемой овощной культуры и подробном расчете параметров, обеспечивающих оптимальные условия для роста растений.

Список использованной литературы

1. Астапов С. В. Мелиоративное почвоведение. М.: Сельхозгиз, 1958. 367 с.

2. Воронин Н. Г Орошаемое земледелие. М.: Агропромиздат, 1989. 336 с.

3. Габибова Е. Н., Мухортова В. К. Овощеводство. Персиановский: Донской ГАУ, 2019. 180 с.

4. Изюмов В. В. Справочник по технике и способам полива сельскохозяйственных культур. Киев: Урожай, 1966. 287 с.

5. Климов В. В. Оборудование теплиц для подсобных и личных хозяйств. М.: Энергоатомиздат, 1992. 100 с.

6. Кузьмин В. А., Токарев К. Е. Обзор современных технологий мониторинга и орошения сельскохозяйственных культур в условиях интенсивного земледелия // Приоритетные научные исследования и инновационные технологии в АПК: Наука – производству. Волгоград, 2019. С. 186-192.

7. Таратунина В. А. Применение дождевания при выращивании овощных культур // Достижения молодежной науки для агропромышленного комплекса: сборник материалов LVI научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2022. Т. 2. С. 494-497.

8. Циприс Д. Б. Орошение и мульчирование на Северо-Западе Европейской территории СССР. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1974. 144 с.

УДК 635.342:631.445.51

ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Григоров С. М., *д-р техн. наук, профессор*
Смирнов А. Ю., *студент*
Лихоманов Н. Д., *аспирант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Приведены ключевые аспекты возделывания капусты белокочанной на светло-каштановых почвах Волгоградской области. Обоснована необходимость орошения как основного агротехнического приёма для получения стабильных урожаев. Представлены данные по эффективности капельного орошения в сравнении с традиционными методами полива. Описаны оптимальные параметры водного режима, дозы минеральных удобрений и их влияние на фотосинтетическую активность и урожайность. Приведены результаты годовых полевых исследований, демонстрирующие возможность достижения урожайности 80-90 т/га при соблюдении рекомендуемых агротехнологий.

***Ключевые слова*:** *капуста белокочанная, светло-каштановые почвы, капельное орошение капусты, минеральное питание капусты, урожайность капусты.*

В условиях Волгоградской области, характеризующейся резко континентальным климатом и преобладанием светло-каштановых почв, особую актуальность приобретает внедрение гибридов овощных культур, сочетающих высокую продуктивность с устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам. Среди перспективных сортов капусты белокочанной выделяется гибрид Агрессор F1, обладающий комплексом ценных агрономических признаков: высокой урожайностью (до 80-100 т/га); способностью формировать плотные кочаны при дефиците влаги; длительной сохранностью на корню без потери товарных качеств [1, 7].

Цель исследования – разработка адаптивной технологии возделывания гибрида Агрессор F1 на светло-каштановых почвах Волгоградской области, обеспечивающей стабильную урожайность не менее 80 т/га при сохранении плодородия почвы и экономическую рентабельность производства.

В задачи исследования входило:

- оценить биологические особенности гибрида в условиях региона;
- определить оптимальные параметры минерального питания;
- разработать режим орошения с учётом водопотребления гибрида;
- усовершенствовать систему защиты растений;
- рассчитать экономическую эффективность возделывания капусты белокочанной при воздействии изучаемых факторов.

Объект исследования – агроценозы капусты белокочанной гибрида Агрессор F1.

Предмет исследования – закономерности формирования урожайности гибрида под влиянием агротехнических факторов на светло-каштановых почвах.

Исследования включали определение наименьшей влагоемкости почвы, велись наблюдения за влажностью почвы, фенологические, морфометрические, и проведена стасистическая обработка данных.

Применялись следующие методики:

- Определение влажности почвы термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89) с отбором проб буром Некрасова через каждые 10 см до глубины 50 см.
- Измерение интенсивности транспирации методом быстрого взвешивания (по И. В. Красовской).
- Учёт урожайности сплошным методом с разделением продукции по товарности (ГОСТ Р 51809-2001).
- Определение качества продукции: содержание сухого вещества (высушивание до постоянной массы), сахаристость (по Бертрану), аскорбиновой кислоты (титриметрический метод).
- Оценка агрофизических свойств почвы: плотность (буровым методом), общая порозность (расчётным методом), водопроницаемость (метод заливных рамок).
- Статистическая обработка данных методом дисперсионного анализа (по Б. А. Доспехову, 1985) с использованием ПО Statistica 13.0.

По природно-климатическим и почвенным условиям регион возделывания, Волгоградская область относится к зоне рискованного земледелия с характерными признаками: среднегодовая температура: +7,5 *C*; годовое количество осадков: 350-450 мм (70 % – в тёплый период); относительная влажность воздуха летом: 40-50 %; продолжительность безморозного периода: 150-170 дней [2, 4, 5].

К критическим факторам для возделывания капусты можно отнести следующие показатели: дефицит влаги в июне-августе; высокие температуры (> 30°*C*) в период кочанообразования; риск суховеев [1-7].

Основными параметрами, характеризующими светло-каштановые почвы зоны исследования, являются: гранулометрический состав: средне- и тяжелосуглинистый; содержание гумуса: 1,8-2,5 % (низкое); реакция среды: слабощелочная (*pH*водн=7,5-8,2); ёмкость катионного обмена: 20-25 мг-экв/100 г; подвижный фосфор (P_2O_5): 15-25 мг/кг (низкий уровень); обменный калий (K_2O): 250-350 мг/кг (средний уровень).

Лимитирующими факторами, характеризующими светло-каштановые почвы зоны исследования, являются:

1. низкая влагоёмкость;

2. склонность к уплотнению;

3. высокая карбонатность, затрудняющая усвоение железа и марганца;

4. дефицит доступного азота.

По биологическим особенностям гибрид Агрессор F1 относится к среднепоздней группе спелости с вегетационным периодом 120-140 дней [1, 6-8].

Ключевые характеристики данного гибрида следующие: устойчивость к болезням; засухоустойчивость; плотность кочана: высокая (оценка 4,8-5,0 баллов); масса кочана: 3,5-5,0 кг; товарность: 92-95 % [3, 8, 9].

Критические фазы водопотребления капусты это во время высадки рассады – влажность почвы 70 % НВ.

1. Нарастание листовой массы – 75 % НВ.

2. Начало кочанообразования – подъём до 80 % НВ.

3. Интенсивный рост кочана – поддержание 80-85 % НВ.

Оптимальная система орошения – капельное орошение.

Агротехника возделывания капусты белокочанной применялась общепринятая для региона:

Для интенсификации производства капусты необходимо провести подготовку почвы.

Система обработки предусматривает выполнения следующих агротехнических мероприятий:

1) Осенняя вспашка на глубину 25-27 см с предплужником (для углубления пахотного слоя).

2) Ранневесеннее боронование в 2-3 следа при физической спелости почвы.

3) Культивация с выравниванием на 12-14 см (КПС-4 + МВ-6,0).

4) Предпосадочная обработка – рыхление на 10-12 см с внесением стартовых удобрений.

Система удобрения рассчитывалась на основании агрохимического анализа рекомендованы дозы (кг/га д. в.): азот (N): 140-160; фосфор (P_2O_5): 100-120; калий (K_2O): 140-160.

Схема внесения удобрений под белокочанную капусту предусматривалось в три этапа: основное ($P_{80}K_{120}$)–под вспашку осенью; припосевное ($N_{20}P_{20}$) – в рядки при высадке; подкормки: первая – N_{40} в фазу 5-6 листьев; вторая – $N_{40}K_{60}$ при завязывании кочана; третья – K_{60} в начале интенсивного роста кочана. Микроэлементы: бор (B): 1 кг/га (обработка семян); марганец (Mn): 2 кг/га (внекорневая подкормка в фазу 4-5 листьев).

Капуста очень требовательна к температурному фактору:

1. оптимальная температура для роста: 15-18°*C*;

2. критическая температура для формирования кочана: > 25°*C* (риск растрескивания).

Осенняя вспашка на глубину 25-27 см с предплужником (для углубления пахотного слоя). Ранневесеннее боронование в 2-3 следа при физической спелости почвы. Культивация с выравниванием на 12-14 см (КПС-4 + МВ-6,0). Предпосадочная обработка – рыхление на 10-12 см с внесением стартовых удобрений. Оптимальная система орошения – капельное орошение.

При уходе за посевами применялся целый комплекс мероприятий:

1) Рыхление междурядий (3-4 раза за сезон). Первое – через 7-10 дней после высадки, глубина: 6-8 см (первый приём), 10-12 см (последующие).

2) Окучивание (2 раза): первое – через 20-25 дней после высадки; второе – через 10-14 дней после первого.

3) Подкормки внекорневые – растворы микроудобрений (бор, марганец, молибден) в концентрации 0,1-0,2 % в фазы: 4-5 настоящих листьев; начало кочанообразования; интенсивный рост кочана.

Мероприятия по защите растений от основных вредителей капусты: крестоцветной блошки (*Phyllotreta* spp.) проводилась предпосевная обработка семян тиаметоксамом (10 г/кг), опрыскивание лямбда - цигалотрином (0,1 л/га) в фазу 2-4 листьев; капустной моли (*Plutella xylostella*) – биопрепаратами на основе *Bacillus thuringiensis* (2 кг/га), при превышении ЭПВ-хлорантранилипрол (0,05 кг/га); тли капустной (*Brevicoryne brassicae*) – ацетамиприд (0,15 кг/га), энтомофаги (златоглазка, божья коровка); капустной мухи (*Delia radicum*) применялось внесение диазинона (10 кг/га) в рядки при посадке, мульчирование.

Мероприятия по защите растений от основных болезней капустных растений: фузариозное увядание (*Fusarium oxysporum*) использование устойчивых гибридов, севооборот, известкование при pH < 6,5; фунгициды на основе флудиоксонила (2 л/га); кила капусты (*Plasmodiophora brassicae*) – севооборот (не возвращать капусту ранее чем через 5 лет), внесение коллоидной серы (50 кг/га) при посадке; применение устойчивых гибридов: Агрессор F1(ген *Rs*); серая гниль (*Botrytis cinerea*) с целью профилактики проводится вентиляция посевов, избегание переувлажнения, для лечения применяли биофунгициды (*Trichoderma harzianum*, 5 г/м²), при сильном поражении– ципродинил (0,5 кг/га); бактериозы (*Xanthomonas campestris*) профилактируются обеззараживанием семян (перманганат калия, 1 %), севооборотом, для лечение используют медьсодержащие препараты (хлорокись меди, 2 кг/га).

Сроки обработок: профилактические – в фазы 2-3 и 5-6 листьев; искореняющие – при превышении ЭПВ.

Формирование растений не требуется – гибрид Агрессор F1 генетически запрограммирован на формирование одного кочана.

Прополка – ручная или механизированная в первые 30-40 дней вегетации, пока растения не сомкнут рядки.

Подкормки внекорневые – растворы микроудобрений (бор, марганец, молибден) в концентрации 0,1-0,2 % в фазы:

• уборка и послеуборочная доработка. Сроки и признаки уборки. Оптимальный период: III декада сентября – I декада октября (через 120-140 дней после высадки).

• ручная уборка, срезка кочанов с 2-3 покровными листьями, сортировка на месте по размеру и качеству. Послеуборочная обработка включала в себя зачистку и удаление повреждённых и загрязнённых листьев, с последующей упаковкой в сетчатые мешки или ящики по 10-25 кг.

Экономический расчет показал, что прибыль составила: 1 760 000−157 000=1 603000 руб./га; рентабельность производства: (1 603 000/157 000)·100 %=1021 %; себестоимость одной тонны продукции овощеводства составила: 157 000/80=1 962,5 руб./т; точка безубыточности: 157 000/22=7 136 кг (7,14 т/га).

Анализ чувствительности: при снижении цены до 18 руб./кг прибыль составит 1 283 000 руб. (рентабельность – 817 %); при урожайности 70 т/га прибыль – 1 397 000 руб. (рентабельность – 890 %).

Рекомендации по внедрению технологии: на основании проведённых исследований сформулированы практические рекомендации для сельхозпроизводителей Волгоградской области. К ним можно отнести следующие требования: использовать капельную систему с поливной нормой 250-300 м³/га за полив. Частота поливов: до кочанообразования – раз в 7-10 дней (поддержание 70 % НВ); в период роста кочана – раз в 5-7 дней (поддержание 80-85 % НВ). Контролировать влажность почвы датчиками TDR или тензиометрами. Проводить промывные поливы (300-400 м³/га) 1-2 раза за сезон при риске засоления.

Резюмируя сказанное необходимо отметить следующее: гибрид Агрессор F1 демонстрирует высокую адаптивность к условиям светло-каштановых почв Волгоградской области, обеспечивая урожайность до 80 т/га при соблюдении технологии возделывания. Ключевые преимущества гибрида: устойчивость к фузариозу и киле, плотность кочанов, засухоустойчивость. Капельное орошение снижает водопотребление на 30-40 % и обеспечивает точное поддержание влажности почвы на уровне 70-85 % НВ, поддержание такой влажности критически важно для формирования плотных кочанов и предотвращения растрескивания. Экономическая эффективность технологии подтверждается рентабельностью на уровне 1021 % при урожайности 80 т/га и цене реализации 22 руб./кг. Точка безубыточности составляет 7,14 т/га.

Список использованной литературы

1. Анишко М. Ю., Щепотько Н. А., Соловьев А. В. Оптимальная продуктивность белокочанной капусты в зависимости от обработки почвы, воздействия водных и минеральных факторов в Нижнем Поволжье // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2024. № 2 (60). С. 26-30.
2. Горохова И. Н., Панкова Е. И., Харланов В. А. Изменения мелиоративного состояния орошаемых почв Волгоградской области в XXI веке // Почвоведение. 2019. № 3. С. 1-18.
3. Курбанов С. А. Сельскохозяйственная мелиорация: учебное пособие для СПО. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 208 с.
4. Мешков А. В., Терехова В. И., Константинович А. В. Практикум по овощеводству. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 292 с.
5. Овощеводство: учебное пособие для вузов / В. П. Котов, Н. А. Адрицкая, Н. М. Пуць [и др.]. Санкт-Петербург: Лань, 2025. 496 с.
6. Системы капельного орошения: учебное пособие / С. А. Владимиров, Е. И. Хатхоху. Краснодар: КубГАУ, 2016. 102 с.
7. Соловьева О. А., Лихоманова М. А. Влияние способов полива на эффективность возделывания овощных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 161-174.

УДК 631.61+551.495

МНОГОЛЕТНЯЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

Гринь Д. О., *аспирант*
Бочарников В. С., *член-корр. РАН, д-р техн. наук, профессор*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. На основе анализа данных мониторинга за 2014-2023 гг. выявлены пространственно-временные закономерности динамики уровня грунтовых вод (УГВ) в зоне влияния Тажинской оросительной системы. Установлена «инверсия зон подтопления». На периферии массива фиксируется устойчивый подъем УГВ, тогда как в приканальной зоне наблюдается стабилизация. Выявлено формирование техногенного режима вод со смещением пика уровней на осенний период, что обусловленное задержкой поступления поливных вод в водоносный горизонт. Полученные результаты обосновывают необходимость корректировки мелиоративных мероприятий для снижения рисков вторичного засоления земель.

Ключевые слова: *уровени грунтовых вод, УГВ, режимы грунтовых вод, наблюдательные скважины, оросительные системы, динамика УГВ.*

Введение. Изучение динамики уровня грунтовых вод (УГВ) имеет ключевое значение для оценки состояния водных ресурсов и обеспечения устойчивого развития территорий, особенно в аридных и семиаридных регионах, подверженных как климатическим изменениям, так и интенсивному антропогенному воздействию [2]. Для Волго-

градской области, расположенной в зоне рискованного земледелия, этот вопрос стоит особенно остро. Орошение здесь играет основную роль при производстве овощной, плодово-ягодной продукции, а также животноводческих кормов [8]. Результаты многих исследований направлены на совершенствование технологий и технических средств орошения, обеспечивающих снижение расходов оросительной воды и минимизацию экологического воздействия [9, 10].

Проблема изучения режима грунтовых вод и его влияния на окружающую среду привлекает внимание многих исследователей. Так, значимость критического уровня залегания грунтовых вод как критерия эколого-мелиоративного состояния почв подробно рассматривается в работах М. Т. Устинова и М. В. Глистина [6]. Региональные исследования, в частности, в Ишимской степи и на полигоне Каменная Степь, демонстрируют тесную связь режима УГВ с климатическими особенностями и распределением атмосферных осадков [3, 5, 7]. Работы С. Я. Семененко, И. Н. Гороховой освещают современное мелиоративное состояние орошаемых земель Волгоградской области в целом, указывая на существенные изменения, произошедшие за последние десятилетия [1, 4].

Несмотря на имеющиеся исследования, детальный ретроспективный анализ многолетней и сезонной динамики УГВ на локальном уровне для многих территорий Волгоградской области остается недостаточно изученным.

Объектом исследования стала, Тажинская оросительная система, включающая в себя магистральный канал протяженностью 30 километров, и обеспечивающая подачу воды на площади порядка 6 тысяч гектар. Исследуемая оросительная система расположена на юге Быковского района Волгоградской области.

Грунтовые воды Быковского района имеют высокую природную минерализацию (преимущественно 3-10 г/л) и сульфатно-хлоридный состав. В таких условиях любой неконтролируемый подъем уровня неизбежно ведет к вторичному засолению плодородных почв.

Целью работы было выявить пространственно-временные закономерности динамики уровня грунтовых вод в зоне влияния оросительной системы для оценки рисков вторичного засоления в условиях климатических изменений.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели был проведен ретроспективный анализ данных режимных наблюдений за десятилетний период – с 2014 по 2023 год.

Базой исследования послужили данные по 19 стационарным наблюдательным скважинам (рис. 1).

Для выявления пространственных закономерностей был применен метод группировки скважин по удаленности от магистрального канала и были определены три основные группы:

Группа 1: удаленность до 1000 м (8 скважин: №№ 4, 5, 9, 13, 17, 18, 22, 23) (зона непосредственного влияния);

Группа 2: удаленность от 1000 до 2000 м (5 скважин: №№ 3, 7, 11, 12, 14) (переходная зона);

Группа 3: удаленность свыше 2000 м (6 скважин: №№ 6, 8, 10, 15, 16, 24) (периферийная зона).



▲ – скважина; – – – – магистральный канал.

Рисунок 1 – Карта-схема района исследований

Результаты и обсуждение. Анализ данных за 10 лет выявил сложную, пространственно-неоднородную картину (табл. 1), которая на первый взгляд кажется парадоксальной.

Вопреки ожиданиям, что максимальный подъем воды будет происходить непосредственно у источника орошения (то есть у канала), наблюдается обратная ситуация.

В первой зоне (вблизи канала), где сосредоточены основные орошаемые площади, преобладает понижение или стабилизация УГВ (средний тренд слабоотрицательный: -0,85 см/год).

Это свидетельствует о том, что облицовка русла канала эффективно предотвращает избыточную фильтрацию, а сама система в текущем режиме эксплуатации не создает критического напора, местами даже выполняя дренирующую функцию.

Похожая картина наблюдается и во второй зоне, Общий средний тренд для этой группы близок к нулю (-0,28 см/год), что может свидетельствовать о переходной зоне, где прямое влияние оросительной системы ослабевает, но еще может сказываться.

Таблица 1 – Обобщенная характеристика многолетних трендов УГВ по группам скважин (2014-2023 гг.)

Характеристика тренда	Группа 1 (до 1000 м)	Группа 2 (1000-2000 м)	Группа 3 (> 2000 м)	Всего по 19 скважинам
Количество скважин с понижением УГВ (< -1,0 см/год)	4	3	0	7 (36,8 %)
Средняя скорость понижения (см/год)	-3,32	-2,54	-	-2,99
Количество скважин с повышением УГВ (> +1,0 см/год)	1	2	4	7 (36,8 %)
Средняя скорость повышения (см/год)	3,85	1,62	8,69	6,33
Количество скважин со стабильным УГВ (±1,0 см/год)	3	0	2	5 (26,3 %)
Общий средний тренд по группе (см/год)	-0,85	-0,28	+6,12	+1,65

Совершенно иная картина наблюдается в третьей зоне (на удалении свыше 2 км). Здесь уже фиксируется устойчивый рост уровня грунтовых вод – в среднем + 6,12 см/год.

В отличие от приканальной зоны, эти земли сейчас выведены из севооборота и используются как пастбища. Одной из причин может являться эффект перетока, то есть фильтрационные воды не задерживаются у канала, а стекают по уклону местности накапливаясь в периферии, в естественных понижениях. Отсутствие там дренажа, а также преобладание тежело-суглинистых светло-каштановых почв может приводить к аккумуляции влаги и подъему уровня.

Чтобы понять причины этого процесса, был проведен корреляционный анализ. Полученные результаты опровергли стандартную гипотезу о том, что летняя жара должна снижать уровень вод за счет испарения.

Взглянув на корреляционную матрицу (табл. 2). Можно увидеть, что была получена статистически значимая положительная связь (r = 0,537) между температурой воздуха и уровнем грунтовых вод.

Это может говорить о том, что вероятнее всего задействован антропогенный фактор. Высокая температура воздуха является триггером для более интенсивного полива. В жаркие месяцы (июль-август)

магистральный канал работает на полную мощность, объемы подаваемой на поля воды максимальны. С учетом времени фильтрации (так называемого «лага» в 2 месяца), эта вода поступает в горизонт грунтовых вод к началу осени.

Таблица 2 – Корреляционная матрица (Пирсон r) между УГВ по группам и температурой (N=119)

Перем.	Группа 1	Группа 2	Группа 3	Темп-ра	Темп-ра (Лаг 1)	Темп-ра (Лаг 2)
Группа 1	-					
Группа 2	0,788***	-				
Группа 3	0,363***	0,321***	-			
Темп-ра	0,146	0,159	0,103	-		
Темп-ра (Лаг 1)	0,399***	0,351***	0.259**	0,834***	-	
Темп-ра (Лаг 2)	0,537***	0,443***	0.348***	0,473***	0,834***	-

Таким образом, климат влияет на гидрогеологию опосредованно – через режим работы оросительной системы. Чем жарче лето, тем выше техногенная нагрузка и тем сильнее подъем воды.

Статистически значимой корреляции с осадками обнаружено не было.

Окончательно природу этого процесса подтверждает анализ сезонной динамики.

На гидрографах среднемесячных УГВ характерных скважин каждой группы (рис. 2) отчетливо видно смещение гидрологического цикла, характерное именно для орошаемых земель.

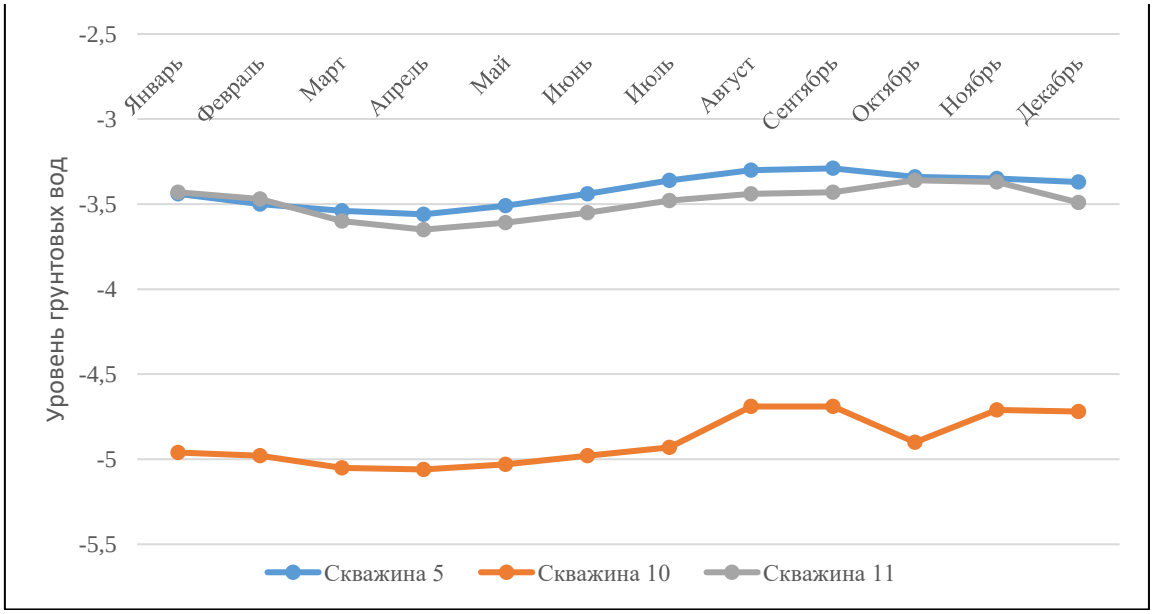


Рисунок 2 – Гидрографы среднемесячных УГВ характерных скважин из каждой группы

Вместо природного весеннего пика (связанного с таянием снега), наблюдаются минимумы уровня весной. Максимальные уровни (пики подъема) фиксируются в августе, сентябре и октябре. Это смещение на осенний период четко коррелирует с окончанием поливного сезона.

Особенно ярко это проявляется в Группе 3 (на периферии), где сезонная амплитуда максимальна. Вода, поданная на поля летом, к осени достигает периферийных зон, вызывая тот самый подъем.

Заключение. В результате исследования, были выявлены следующие закономерности:

Временная закономерность (сезонная инверсия). Говорит о том, что на территории Тажинской системы сформировался техногенный тип режима грунтовых вод. Фаза максимального стояния уровня сместилась с весеннего периода (снеготаяние) на летне-осенний (август-октябрь).

Пространственная закономерность (инверсия зон подтопления). Выявлена зона повышенного риска. Это не приканальная полоса, где ситуация контролируется, а периферийная зона массива.

Именно на удалении от канала происходит аккумуляция фильтрационных вод. Отсутствие там дренажа в сочетании с притоком вод со стороны орошаемого массива ведет к вторичному заболачиванию и создает угрозу засоления земель.

Полученные результаты позволяют более точно планировать водохозяйственные мероприятия, учитывая, что риски подтопления на данной территории имеют выраженную зональность.

Список использованной литературы

1. Горохова И. Н. Изменение мелиоративного состояния орошаемых земель в Волгоградской области за 2001-2018 годы // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2022. № 110. С. 51-89.

2. Гаспарян Н. Мониторинг и значение грунтовых вод для окружающей среды // Молодежь и XXI век – 2020: материалы X Международной молодежной научной конференции. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020. Т. 4. С. 15-17.

3. Кравцов Ю. В. Влияние многолетней динамики уровня грунтовых вод на зимнее перераспределение влаги в пахотных почвах Ишимской степи // Почвы и окружающая среда. 2024. Т. 7. № 1.

4. Семененко С. Я. Показатели мелиоративного состояния орошаемых земель Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1(69). С. 114-123.

5. Турусов В. И. Динамика изменения уровня грунтовых вод за период с 2010 по 2014 год на полигоне Каменная Степь // Успехи современного естествознания. 2020. № 7. С. 157-161.

6. Устинов М. Т. Критический уровень грунтовых вод как критерий эколого-мелиоративного состояния почв // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 3. С. 14-16.

7. Кравцов Ю. В. Внутригодовая динамика уровня грунтовых вод в черноземах Ишимской степи // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2016. № 3 (6). С. 18.

8. Овчинников А. С. Регулирование водного и пищевого режимов почвы при капельном орошении в условиях Волгоградской области // Плодородие. 2012. № 3 (66). С. 35-36.

9. Овчинников А. С. Совершенствование технических средств капельного и внутрипочвенного орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 2(26). С. 146-150.

10. Технологические схемы обеспечения эффективности систем капельного и внутрипочвенного орошения / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 1 (45). С. 170-175.

УДК 631.67:634.8

ОСОБЕННОСТИ ПОЛИВНОГО РЕЖИМА ВЗРОСЛЫХ РАСТЕНИЙ ВИНОГРАДА В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Лихоманова М. А., *канд. с.-х наук, доцент*
Никифорова А. А., *аспирант*
Овсянников Л. А., *аспирант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Обоснована критическая роль рационального водопользования в засушливых условиях региона при возделывании виноградников. Подробно раскрыты принципы капельного орошения, зависимость водопотребления от фазы вегетации и типа почвы, а также стратегия контролируемого дефицита орошения (КДО), позволяющая улучшать качество винограда. Описаны инструменты мониторинга водного статуса растений. Продемонстрирован потенциал виноградарства Волгоградской области при условии системного решения климатических и агротехнических задач, включая оптимизацию поливного режима и защиту насаждений от неблагоприятных погодных явлений.

Ключевые слова: *виноградарство, Волгоградская область, урожайность винограда, транспирация, контролируемый дефицит орошения, КДО, капельное орошение винограда.*

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 09.04.2021 № 913-р в территориальное деление земель Российской Федерации от 31.12.2020 № 3720-р внесены изменения в части включения Волгоградской области в перечень виноградопригодных земель Российской Федерации: виноградо-винодельческая зона – Нижняя Волга, виноградо-винодельческие районы – Дубовский, Камышинский и Среднеахтубинский. Общая площадь сельскохозяйственных угодий в границах указанных районов – 445 574 га.

Эффективное управление водными ресурсами является одним из ключевых факторов, определяющих качество и количество урожая винограда, а также его биологическую устойчивость. В условиях Волгоградской области, характеризующихся засушливым климатом и низким уровнем естественных осадков, особое значение приобретает оптимизация поливных режимов для взрослых виноградных насаждений [1, 3].

Особенностью производства винограда в регионе является отсутствие филлоксеры – одного из основных вредителей винограда, а, следовательно, отсутствует необходимость в проведении обработок от этого вредителя, что является преимуществом для развития органического виноделия. Информация о развитии виноградарства представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Статистические данные о развитии виноградарства в Волгоградской области

Показатель	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Площадь виноградных насаждений, всего, га	74	81	83	82	87	90

В природно-климатических условиях Волгоградской области выращиваются такие отечественные сорта винограда как Красностоп, Мариновский. Они прекрасно приспособлены к местным условиям и используются как основа для благородных вин, отражающих несравненный терруар (совокупность почвенно-климатических факторов) и сортовые характеристики продукта.

Особое внимание сельхозтоваропроизводители Волгоградской области уделяют закладке виноградников морозоустойчивых сортов, а также критически важно уделять внимание устойчивости сортов к болезням и вредителям.

Площадь виноградных насаждений в коллективном секторе в 2024 г. составила 90 га (2023 г. – 87 га) рост на 3,4 % к уровню 2023 г., из них в плодоносящем возрасте – 78 га (2024 г. – 70 га) увеличение на 11,4 % по сравнению с 2023 г. Объем собранного винограда в 2024 г. составил 196,4 тонн (2023 г. – 343 тонны) (падение на 42,7 % относительно 2023 г. Урожайность в 2024 г. составила 2,5 т/га (2023 г. – 4,9 т/га) снижение на 49 %.

Таблица 2 – Валовый сбор винограда с 2021 г. по 2024 г.

Показатель	2021	2022	2023	2024
Площадь виноградных насаждений в плодоносящем возрасте, га	64	68	70	78
Валовой сбор, тонн	192,5	333,8	343	196
Урожайность, т/га	3,0	4,9	4,9	2,5

На рисунке 1 наглядно прослеживается устойчивая положительная динамика изменения исследуемого показателя. Анализ данных демонстрирует, что на протяжении четырёхлетнего периода зафиксировано увеличение площади на 14 га, что соответствует относительному приросту в 22 %.

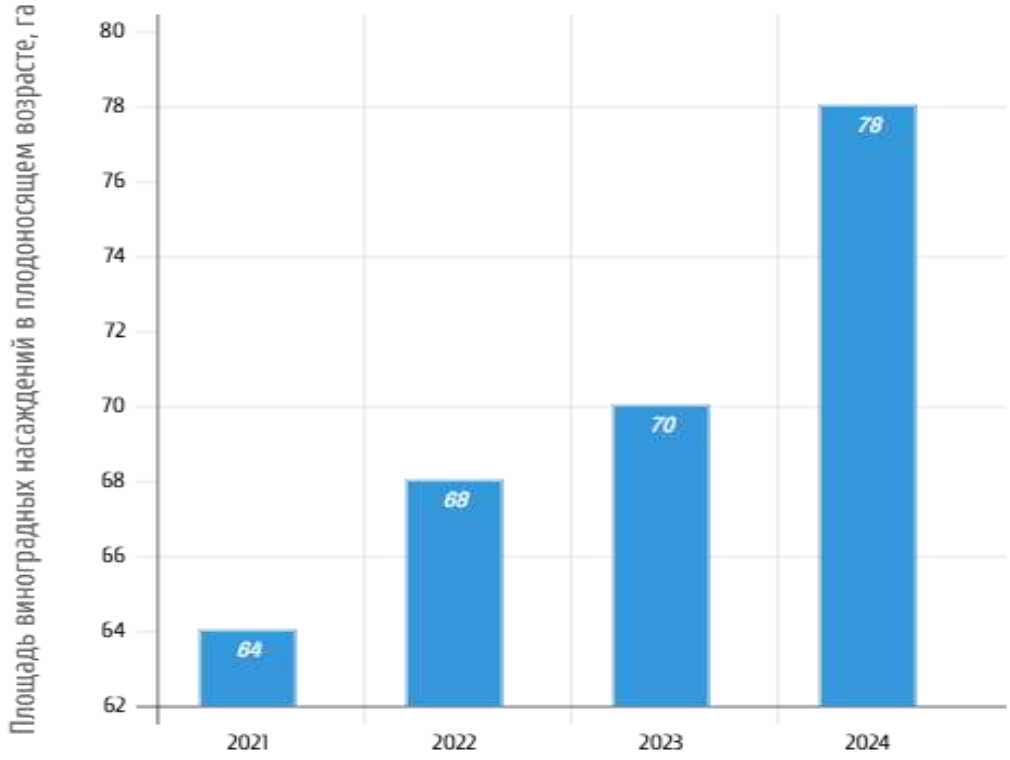


Рисунок 1 – Площадь виноградных насаждений
в плодоносящем возрасте, га с 2021 г. по 2024 г.

Вследствие воздействия опасных природных явлений агрометеорологического характера (заморозков), наблюдавшихся в начале мая 2024 года, на территории Волгоградской области постановлением Губернатора Волгоградской области от 14.05.2024 № 251 введён режим чрезвычайной ситуации регионального характера.

На площади 15,6 га в результате весенних заморозков погибли побеги, формирующие урожай текущего года, на площади 54,4 га произошло повреждение побегов, формирующих урожай текущего года, что привело к снижению урожайности и, как следствие, валового сбора винограда.

Для дальнейшего развития и расширения территория занятыми под виноградниками необходимо уделить внимание поливному режиму взрослого виноградника.

Для формирования оптимальных условий роста и развития виноградных лоз применяются системы капельного орошения, позволяющие обеспечить равномерное распределение влаги по всей площади

корневой зоны. В зависимости от фазы вегетации, погодных условий и типа почвы, объемы и частота поливов варьируются. Основной целью является поддержание влажности почвы в пределах, способствующих максимальному фотосинтезу и накоплению сахаров в ягодах, без риска переувлажнения и развития гнилей.

Капельное орошение оптимально для виноградников и других культур с обширной корневой зоной. Метод экономит воду, поддерживая нужную влажность только в прикорневом слое, и оставляет междурядья сухими (снижая испарение). Также он позволяет совмещать полив с защитными обработками от вредителей, сорняков и болезней [4].

Виноградная лоза считается засухоустойчивой культурой благодаря своей корневой системе, способности накапливать воду и физиологической адаптации, которая выражается в частичном закрытии устьиц. Однако эти качества не означают, что потребность лозы в воде не может быть удовлетворена (с помощью орошения), чтобы она могла восстанавливаться и осуществлять газообмен, необходимый для её выживания и роста. Чем больше площадь поверхности листьев лозы, тем выше её потребность в воде [5].

Чтобы определить время и объём полива, важно знать особенности и значение орошения для виноградника. Атмосфера нуждается в воде, получаемой из солнечного излучения через устьица растений, которые обеспечивают газообмен между водой и CO_2, что позволяет осуществлять фотосинтез. Это основное условие для роста и продуктивности виноградной лозы, образования сахара и метаболизма производных веществ, таких как органические кислоты, полифенолы, ароматические вещества и т. д.

Виноградная лоза должна испарять определённое количество воды на каждую единицу сухого вещества (СВ), которое она производит, будь то листья, стебли или гроздья винограда. По оценкам, для производства 1 кг сухого вещества лоза должна испарить около 500 литров воды. Таким образом, чтобы получить 8000 кг винограда с гектара, растение должно испарить воду, необходимую для производства 4000 кг сухого вещества, поскольку виноград содержит 20 % сухого вещества по массе, что составляет 40 % от общего веса лозы. В этом случае 50 л х 4000 кг сухого вещества/га = 200 000 литров/га, 200 мм (2000 $м_3$/га). Если это количество не будет поступать в почву в течение всего вегетационного периода, виноградник будет давать меньше урожая.

Вода, которую растение выделяет в атмосферу, извлекается из почвы корнями, но матричный потенциал почвы, то есть её способность в большей или меньшей степени удерживать воду в зависимости от её структуры и текстуры, таков, что растению будет сложно извлекать воду

из почвы, что, в свою очередь, зависит от количества воды, доступной в каждом типе почвы. Если в почве мало воды, то, естественно, эвапотранспирация и рост виноградной лозы будут снижены.

Дефицит воды у растений возникает, когда потребность в воде для испарения и транспирации в атмосферу превышает количество воды, которое растение может получить из почвы. Уровень дефицита зависит от интенсивности испарения и транспирации, площади листьев и содержания влаги в почве.

При расчёте количества воды, необходимого для полива в течение определённого периода, необходимо учитывать водный баланс, вычитая количество осадков (в миллиметрах) из расчётного коэффициента транспирации. С другой стороны, можно учитывать количество воды, легкодоступной в почве, особенно весной. Легкодоступная вода в почве – это разница между содержанием воды в почве при полной влагоёмкости и точкой увядания растений, которая определяется, например, на глубине первого метра от поверхности почвы.

Почва представляет собой резервуар, который удерживает воду в зависимости от своей текстуры и структуры. Песчаная почва обладает меньшей водоудерживающей способностью, чем глинистая, хотя при одинаковом объёме удерживаемой воды песчаная почва удерживает её с меньшим напряжением (всасыванием) и отдаёт её быстрее, чем глинистая.

Цель орошения – обеспечить доступ воды к корням в тех слоях почвы, где они расположены. Следовательно, количество воды и частота полива должны соответствовать глубине и структуре этих слоёв в почвенном профиле. Необходимо знать запас воды в слоях почвы, исходя из их полевой влагоёмкости и точки увядания. Таким образом можно избежать избыточного или недостаточного полива [2].

Умеренный дефицит воды в почве может улучшить качество винограда, поскольку стресс скорее влияет на вегетативный рост, чем на развитие виноградных ягод.

Это наблюдение привело к разработке стратегии контролируемого дефицита орошения (КДО), которая заключается в ограничении подачи воды на определенных этапах цикла, в основном между завязыванием плодов и началом созревания винограда (вересён), чтобы регулировать размер ягод, улучшать соотношение кожицы и мякоти и, следовательно, концентрацию метаболитов, влияющих на качество винограда.

Для внедрения системы орошения с контролируемым дефицитом воды необходимо использовать инструменты, позволяющие рассчитать содержание воды в почве или её натяжение, например датчики влажности или тензиометры, которые упрощают управление поливом. Особенно важно, чтобы система орошения была хорошо спроектирована и имела достаточное количество минимально однородных и

равномерно распределённых участков, потому что в противном случае использование хороших индикаторов и методов расчёта полива не принесёт никакой пользы, если система орошения не различает разные типы почвы в зависимости от её структуры, уклона или глубины.

Для объективной оценки состояния растений и заблаговременного прогнозирования потребности в поливе на основе визуального наблюдения можно использовать различные инструменты.

Для этой оценки чаще всего используется прибор под названием «барокамера», который измеряет водный потенциал листьев или силу, удерживающую воду в растении.

Уровень водного стресса, соответствующий водному потенциалу, должен соответствовать типу требуемого вина, поскольку увеличение градиента водного стресса приводит к тому, что вино становится то травянистым, то кислым, то фруктовым и танинным, то очень алкогольным (сухим) и терпким.

В заключении отметим, что развитие отечественного виноградарства в Волгоградской области имеет стратегическое значение по ряду причин: оно способствует созданию рабочих мест в сельской местности, увеличивает налоговые поступления от переработки винограда, стимулирует развитие агротуризма (включая винные туры и дегустации), укрепляет продовольственную безопасность за счёт импортозамещения, а также помогает сохранять агробиоразнообразие благодаря поддержке местных сортов.

Несмотря на временные трудности, отрасль демонстрирует устойчивость и нацеленность на долгосрочное развитие. Ключевыми факторами успеха выступают ставка на отечественные сорта, применение научно обоснованных агротехнологий и диверсификация продукции – это позволяет рассчитывать на восстановление и рост показателей в ближайшие годы.

При этом особое внимание уделяется оптимизации орошения: его стратегия должна соответствовать объективным критериям, обеспечивать необходимый водный баланс для каждого конкретного участка виноградника и учитывать особенности сорта винограда и тип производимого вина, поскольку унифицированный подход к управлению орошением на разных виноградниках невозможен.

Список использованной литературы

1. Уржумова Ю. С., Малышева В. А., Егоров С. В. Способы орошения виноградников в условиях Ростовской области // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием. посвящ. Новочеркасск: Лик, 2019. Ч. 1. С. 136-141.

2. Щербак А. А. Комплекс мелиоративных мероприятий при возделывании виноградников в Дубовском районе Волгоградской области // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: сб. ст. XI Междунар. науч.-практ. конф. С. 156-159.

3. Борисенко М. Н., Березовская С. П. Орошение виноградников Крыма – стратегически важный элемент получения винограда высокого качества // Плодоводство и Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 1. С. 165-183.

4. Ferrara G., Denora M., Mazzeo A. Irrigation of grape and pomegranate by using soil sensors in Apulia Region, Italy // ISHS Acta Horticulturae 1335: IX International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. 2022. Vol. 1335. Pp. 349-354.

5. Юдаев И. В., Буланова Ю. А. Влияние орошения виноградников на продуктивность и качество винограда в зоне Волго-Донского междуречья // Плодородие. 2013. № 5. С. 21-22.

6. Сторчоус В. Н. Капельное орошение – резерв экономии воды при выращивании винограда, плодовых и овощных культур в Крыму // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования.

УДК 631.674.6:635.342

ОСОБЕННОСТИ ПОЛИВА КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ ПРИ ДОЖДЕВАНИИ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Лихоманова М. А., *канд. с.-х. наук, доцент*
Парамонов И. А., *студент*
Суликаев Д. Н., *студент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Орошение становится ключевым фактором стабильного производства капусты белокочанной – одной из важнейших овощных культур региона. На основе результатов исследований по оптимизации спринклерного орошения капусты белокочанной (*Brassica oleracea* var. *capitata*) в засушливом климате Волгоградской области установлены критические фазы водопотребления, рассчитаны рациональные поливные нормы, определены оптимальные параметры работы спринклеров. Доказано, что спринклерное орошение при научно обоснованном режиме повышает урожайность на 85-95 % относительно неорошаемых участков при сохранении высоких товарных качеств продукции.

Ключевые слова: *капуста белокочанная, спринклерное орошение капусты, водный режим капусты, урожайность капусты, агротехника овощных культур.*

Волгоградская область относится к зоне рискованного земледелия с резко континентальным климатом и недостаточным естественным увлажнением (среднегодовое количество осадков – 300-450 мм). В таких условиях орошение становится ключевым фактором стабильного производства капусты белокочанной – одной из важнейших овощных культур региона [1, 2, 7].

Актуальность исследования определяется следующими параметрами:

- необходимостью повышения урожайности в условиях дефицита влаги;
- потребностью в современных технологиях орошения, адаптированных к региональным условиям;

- важностью ресурсосбережения и минимизации потерь воды;
- возрастающими требованиями к качеству овощной продукции.

Цель работы – разработка оптимального режима спринклерного орошения капусты белокочанной, обеспечивающего максимальную урожайность и качество продукции при рациональном водопотреблении в условиях Волгоградской области.

Задачи исследования:

1. Определить критические периоды водопотребления капусты белокочанной.
2. Рассчитать рациональные поливные нормы для разных фаз развития.
3. Установить оптимальные параметры работы спринклеров.
4. Оценить влияние спринклерного орошения на агрофизические свойства почвы.
5. Проанализировать влияние режимов полива на урожайность и качество продукции.
6. Обосновать экономическую эффективность рекомендуемых режимов орошения.

Научная новизна заключается в:

- уточнении критических фаз водопотребления для условий Волгоградской области;
- разработке дифференцированных поливных норм с учётом фаз развития культуры и параметров спринклерных систем;
- установлении оптимальных параметров работы спринклеров (интенсивность, диаметр капель, равномерность распределения);
- оценке комплексного влияния спринклерного орошения на каштановые почвы.

Практическая значимость состоит в возможности внедрения разработанных режимов орошения в сельскохозяйственное производство для повышения урожайности капусты белокочанной на 22-28 т/га при сохранении качества продукции и снижении водопотребления на 15-20 % по сравнению с традиционными методами полива.

Исследования проводятся с 2021-2025 гг. на опытных полях ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (Юго-Восточный агроландшафтный район).

Объект исследования является сорт капусты белокочанной «Слава 1305» – среднеспелый, вегетационный период 100-130 дней. Характеризуется высокой товарностью, плотностью кочана и устойчивостью к основным болезням региона.

Климатические параметры региона проведения исследований имеют следующие характеристики: сумма активных температур (>10°С) – 3200-3600°С; средняя температура июля – +24-26°С; относительная влажность воздуха в июле – 45-55 %; гидротермический ко-

эффициент (ГТК) – 0,5-0,7; продолжительность безморозного периода – 150-160 дней; число дней с относительной влажностью воздуха < 30 % – 45-60 в год [3-6].

Почвенный покров представлен светло-каштановыми почвами: содержание гумуса – 2,1-2,5 % (по Тюрину); плотность сложения – 1,25-1,35 г/см³; полевая влагоёмкость – 22-24 %; pH почвенного раствора – 7,2-7,6; ёмкость катионного обмена – 20-25 мг-экв/100 г почвы; содержание подвижного фосфора – 18-22 мг/кг (по Мачигину); содержание обменного калия – 320-380 мг/кг (по Масловой) [1, 7].

Схема опыта разрабатывалась по методике Доспехова Б. А. Опыт заложен в четырёх вариантах с трёхкратной повторностью, расположение делянок рандомизированное. Площадь учётной делянки – 50 м², общая – 120 м².

Варианты опыта:

1. Контроль (без орошения).
2. Спринклерный полив при пороге влажности – 70 % НВ.
3. Спринклерный полив при пороге влажности – 80 % НВ.
4. Спринклерный полив при пороге влажности – 90 % НВ.

Исследования включали определение наименьшей влагоемкости почвы, велись наблюдения за влажностью почвы, фенологические, морфометрические, и проведена стасистическая обработка данных.

Применялись следующие методики:

- Определение влажности почвы термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89) с отбором проб буром Некрасова через каждые 10 см до глубины 50 см.
- Измерение интенсивности транспирации методом быстрого взвешивания (по И. В. Красовской).
- Учёт урожайности сплошным методом с разделением продукции по товарности (ГОСТ Р 51809-2001).
- Определение качества продукции: содержание сухого вещества (высушивание до постоянной массы), сахаристость (по Бертрану), аскорбиновой кислоты (титриметрический метод).
- Оценка агрофизических свойств почвы: плотность (буровым методом), общая порозность (расчётным методом), водопроницаемость (метод заливных рамок).
- Статистическая обработка данных методом дисперсионного анализа (по Б. А. Доспехову, 1985) с использованием ПО Statistica 13.0.

Для спринклерного орошения использовались спринклеры модели R-33 со следующими параметрами:

- рабочее давление – 3,5-4,0 бар;
- радиус действия – 8-10 м;
- интенсивность дождя – 0,20-0,25 мм/мин;

- диаметр капель – 1-1,5 мм;
- равномерность распределения осадков – коэффициент Кристиана 88-92 %;
- расход воды – 1,8-2,2 м³/ч.

Поливы проводились в утренние (5:00-9:00) или вечерние (18:00-22:00) часы. Расстояние между спринклерами – 8 м, между линиями – 10 м.

Результаты исследований показали, что развитие растений капусты идет по определенным фазам. На основании мониторинга влажности почвы и интенсивности транспирации выявлены периоды максимальной потребности в воде, т. е. критические фазы водопотребления капусты белокочанной:

Первая фаза развития – период рассады (15-25 дней после высадки):
- оптимальная влажность почвы – 80-90 % НВ;
- дефицит влаги снижает приживаемость на 20-30 %;
- суточное водопотребление – 20-25 м³/га.

Вторая фаза развития – интенсивный рост листьев (на 30-50 день после высадки):
- максимальная потребность в воде – 40-50 м³/га в сутки;
- критическое снижение влажности до 70 % НВ вызывает замедление роста на 15-20 %.

Третья фаза развития – начало образования кочана (на 50-70 день после высадки):
- критический период: снижение влажности до 60 % НВ уменьшает массу кочана на 35-45 %;
- оптимальное увлажнение – 75-80 % НВ;
- суточное потребление воды – 35-40 м³/га.

Четвертая фаза развития – налив кочана (на 70-100 день после высадки):
- оптимальная влажность – 75-85 % НВ;
- недостаток влаги приводит к образованию рыхлых кочанов;
- избыток вызывает растрескивание и снижение товарности.

Рациональные поливные нормы при спринклерном орошении рассчитываются на основе баланса влаги и учёта глубины активного слоя. Мы применяли дифференцированные поливные нормы (табл. 1). При расчётах учитывались:
- динамика потребления воды по фазам развития;
- глубина увлажнения (0-20 см в начальный период, 0-50 см в фазу налива кочана);
- допустимое иссушение почвы (по вариантам опыта);
- коэффициент водопотребления культуры.

Таблица 1 – Рациональные поливные нормы для капусты белокочанной при спринклерном орошении (м³/га)

Фаза развития	Глубина активного слоя, см	Порог влажности, % НВ	Поливная норма
Приживаемость рассады (15-25 дней после высадки)	0-20	80	180-200
Интенсивный рост листьев (30-50 дней)	0-30	70	250-280
Начало образования кочана (50-70 дней)	0-40	75	300-330
Налив кочана (70-100 дней)	0-50	80	350-380

Обоснование поливных норм:

- В фазу приживаемости важна умеренная, но стабильная влажность: избыток воды провоцирует корневые гнили, недостаток снижает приживаемость на 20-30 %.
- В период интенсивного роста листьев возрастает транспирация, требуется более глубокое увлажнение (до 30 см).
- При образовании кочана критична стабильность режима: резкие колебания влажности провоцируют растрескивание.
- В фазу налива кочана поливная норма максимальна, но не должна превышать 85 % НВ во избежание переувлажнения и снижения товарности.

На основании многолетних исследований (2021-2025 гг.) по спринклерному орошению капусты белокочанной сорта «Слава 1305» в условиях Волгоградской области можно сформулировать следующие выводы:

Критические фазы водопотребления чётко дифференцированы:

- период рассады (15-25 дней после высадки) – оптимальная влажность 80-90 % НВ;
- интенсивный рост листьев (30-50 дней) – максимальная потребность 40-50 м³/га в сутки;
- начало образования кочана (50-70 дней) – критично поддержание 75-80 % НВ;
- налив кочана (70-100 дней) – оптимальный диапазон 75-85 % НВ.

Рациональные поливные нормы варьируют по фазам развития:

- приживаемость рассады: 180-200 м³/га;
- рост листьев: 250-280 м³/га;
- образование кочана: 300-330 м³/га;
- налив кочана: 350-380 м³/га.

Нормы обеспечивают баланс между потребностью культуры и минимизацией потерь воды.

Влияние на почву: спринклерное орошение (при пороге 80 % НВ) улучшило агрофизические свойства каштановых почв:

- плотность снизилась с 1,32 до 1,28 г/см³;
- общая порозность возросла с 52 до 55 %;
- водопроницаемость увеличилась на 12-15 %;
- содержание агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм) выросло с 62 до 68 %.

При пороге 90 % НВ отмечено кратковременное переувлажнение, снижающее аэрацию.

Урожайность и качество продукции максимально повысились при пороге влажности 80 % НВ:

- урожайность – 54,2 т/га (+ 91 % к контролю);
- доля товарной продукции – 92 %;
- масса кочана – 2,9 кг (+ 61 % к контролю);
- плотность кочана – 4,5 балла (против 3,2 в контроле);
- содержание сухого вещества – 9,3 % (против 8,1 %);
- аскорбиновой кислоты – 41 мг/100 г (против 32 мг/100 г);
- сахаристость – 5,1 % (против 4,2 %).

При пороге 90 % НВ урожайность и товарность снижались из-за риска растрескивания кочанов.

Экономическая эффективность наиболее высока при пороге 80 % НВ:

- выручка – 813 000 руб./га (при цене 15 руб./кг);
- прибыль – 695 000 руб./га (затраты – 118 000 руб./га);
- рентабельность – в 1,8 раза выше контроля.

Варианты с порогами 70 и 90 % НВ показали меньшую прибыль из-за снижения урожайности или роста затрат.

Спринклерное орошение при пороге влажности 80 % НВ и соблюдении установленных поливных норм и параметров работы спринклеров является оптимальным для выращивания капусты белокочанной в Волгоградской области. Оно обеспечивает:

- прирост урожайности на 91 % относительно неорошаемых участков;
- повышение товарности продукции до 92 %;
- улучшение биохимических показателей кочанов;
- позитивное влияние на агрофизические свойства почвы;
- высокую экономическую рентабельность (прибыль 695 000 руб./га).

Рекомендации по внедрению:

- поддерживать порог влажности почвы на уровне 80 % НВ в течение вегетации;
- применять дифференцированные поливные нормы по фазам развития;

• использовать спринклеры R-33 с параметрами: интенсивность дождя 0,20-0,22 мм/мин, диаметр капель 1,0-1,2 мм, давление 3,7-3,9 бар;

• проводить поливы в утренние или вечерние часы для минимизации потерь воды.

Список использованной литературы

1. Анишко М. Ю., Щепотько Н. А., Соловьев А. В. Оптимальная продуктивность белокочанной капусты в зависимости от обработки почвы, воздействия водных и минеральных факторов в Нижнем Поволжье // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2024. № 2 (60). С. 26-30.

2. Бородычев В. В. Водный режим почвы и продуктивность белокочанной капусты при капельном орошении // Научная жизнь. 2017. № 2. С. 42-51.

3. Современные перспективные водосберегающие способы полива в Нижнем Поволжье: монография / М. С. Григоров, А. С. Овчинников, Е. П. Боровой, А. Д. Ахмедов. Волгоград: Волгоградская ГСХА, 2010. 244 с.

4. Дубенок Н. Н. Система комбинированного орошения и эффективность производства овощной продукции // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 253-265.

5. Майер А. В., Бочарников В. С., Долгополова Е. А. Разработка технических средств и метод определения интервала времени между увлажнениями в системе комбинированного орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1. С. 150-155.

6. Майер А. В., Пенькова Р. И. Разработка мелиоративной системы для малообъемных способов орошения при возделывании овощных и садовых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 201-209.

7. Соловьева О. А. Влияние способов полива на эффективность возделывания овощных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 161-174.

УДК 633.18:631.867

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ И ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ АЭРОБНОГО РИСА

[2]Овчинников А. С., *д-р с.-х. н., профессор, академик РАН*
[1,2] Варенова Е. А., *аспирант*
[1]Родин К. А., *канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник*
[1]Невежина А. Б., *канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник*

[1]ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»
[2]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлен двухфакторный опыт по изучению влияния водного режима почвы и органоминеральных удобрений на получение устойчивой урожайности аэробного риса сорта Суходол. Полученные результаты исследова-

ния показали, что при водном режиме преполивного порога влажности не ниже 80 % НВ в слое 0,3 и 0,5 м в сочетании ОМУ Биострат (аналог азофоски) складываются благоприятные условия для роста и развития растений риса и формирования максимальной урожайности, которая составила 5,59 т/га.

Ключевые слова: *рис, органоминеральные удобрения, оросительные нормы риса, суммарное водопотребление риса, урожайность риса.*

Введение. Рис наряду с пшеницей, кукурузой и ячменем довольно распространенная зерновая культура выращиваемая практически на всех континентах и имеющая ежегодную динамику роста потребления во всем мире. Во многих азиатских странах и не только, рисоводство – стратегически важная отрасль напрямую влияющая на продовольственную безопасность государств и тем самым являясь залогом благосостояния для постоянно растущего населения. Однако устойчивое развитие данной отрасли требует решение ряда задач направленных на повышение эффективности производства путем снижения себестоимости выпускаемой продукции без потери ее качества. При интенсификации рисопроизводства необходимо избегать негативного влияния на окружающую среду, исключая применение повышенных доз удобрений и пестицидов, своевременно проводить мероприятия по сохранению плодородия почв, использовать районированные стрессоустоичивые сорта риса с высоким потенциалом урожайности, внедрять инновации направленные на сбережение ценейших водных ресурсов [4, 6, 7].

В настоящее время в Российской Федерации, странах Азии и других государствах возникает определенное ограничение забора воды на орошение, таким образом, бесперебойное обеспечение необходимым обьемом оросительной воды сельскохозяйственных земель, а в особенности задействованных в рисоводстве из-за дефицита водных ресурсов носит лимитирующий характер для данной отрасли. В недалеком будущем в связи с глобальным изменением климата и увеличением его аридизации, значительным ростом населения, интенсификацией технологий возделывания культур, отсутствием экологических ограничений природопользования дефицит пресной воды и продовольствия может достигнуть критических значений. Поэтому поиск путей снижения затрат воды на орошение риса, как самой водозатратной культуры, имеет большое экономическое, социальное и экологическое значение [1, 5].

Стоит отметить, что исследования по водосберегающим технологиям орошения аэробного риса проводились, но в большей части они базировались на способах полива по полосам, бороздам и дождеванием. Опытным путем была доказана экономия оросительной воды, но и существуют некоторые недостатки, связанные с потерями воды.

По этому показателю они существенно проигрывают системам капельного орошения. Несмотря на это, использование систем капельного орошения на рисовых полях даже в мировой практике пока изучено очень мало [3].

По мнению Мехера и др. [10], использование технологии капельного орошения в рисоводстве – лучший способ повысить производительность, используя при этом наименьшее количество оросительной воды для получения максимальной урожайности, снизить стоимость оросительной воды в рисоводстве по сравнению с традиционным способом и сократить общее потребление воды при выращивании риса до биологически обоснованного уровня. По словам Партасарати и др. [9], капельное орошение повысило урожайность риса при аэробном выращивании на 29 %, увеличило эффективность экономии оросительной воды на 50 % и, следовательно, повысило продуктивность поливной воды, способствовало увеличению корневой массы и фотосинтеза. Рао и др. [11] также показали, что система капельного орошения для выращивания риса более эффективна, чем традиционное выращивание риса-сырца при постоянном затоплении, с точки зрения повышения продуктивности использования оросительной воды и экономии электроэнергии.

Для достижения устойчивого сельского хозяйства становится всё более важным внедрять системы, которые могут обеспечить более высокую производительность и эффективность в обеспечении питательными веществами. Несмотря на усовершенствования и новые методы в современном ведении сельского хозяйства, по всему миру попрежнему используются неорганические удобрения, что приводит к проблемам с плодородием почвы, потому что внесение больших доз минеральных удобрений приводит к засаливанию почвы. Изучение и использование органоминеральных удобрений (ОМУ), которые работают согласованно друг с другом, увеличивают содержание органического вещества в почве, питательных веществ, удерживают влагу в почве и доступность катионов по сравнению с неорганическими удобрениями, является актуальным [2, 8].

Таким образом, возделывание аэробного риса с использованием капельного орошения в сочетании с водным режимом почвы и ОМУ, как в условиях Нижнего Поволжья, так и в других регионах России мало изучены. Эти исследования актуальны и направлены на получение устойчивой урожайности, что позволит в свою очередь увеличить валовой сбор риса, а также расширить географию и вовлечь ранее неиспользуемые для данной культуры земельные угодья с подходящими климатическими условиями для культуры рис.

Целью исследований является оптимальное сочетание параметров водного режима почвы и комплексного органоминерального удобрения пролонгированного действия, обеспечивающее получение устойчивой урожайности.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытном участке ВНИИОЗ (п. Водный, Советский район, г. Волгоград) в двухфакторном полевом опыте с использованием точного орошения на посевах нового аэробного сорта Суходол.

Фактор А (водный режим почвы):

- A_1 – поддержание влажности почвы в слое 0,5 м не ниже 80 % НВ в течение всего периода вегетации (контроль);

- A_2 – поддержание влажности почвы не ниже 80 % НВ в слое 0,3 м от посева до начала фазы «кущение», с последующим увеличением активного слоя почвы до 0,5 м;

- A_3 – поддержание влажности почвы в слое 0,3 м не ниже 70 % НВ от посева до начала фазы «кущение», а в остальной период 80 % НВ в слое 0,5 м.

Фактор В (виды удобрений):

- B_1 – минеральные удобрения (азофоска $N_{16}P_{16}K_{16}$, доза внесения 560 кг/га) (контроль);

- B_2 – комплексное органоминеральное удобрение (ОМУ) Биострат (аналог азофоски) на основе навоза крупного рогатого скота (доза внесения 600,0 кг/га);

- B_3 – комплексное органоминеральное удобрение (ОМУ) Биострат микробиология на основе низинного торфа (доза внесения 600,0 кг/га).

Опыт закладывался методом расщепленных делянок при одноярусном систематическом расположении. Площадь делянки по режиму орошения 129 м^2 и дозам удобрений составляла 15 м^2. Площадь опыта 0,28 га. Норма посева составляла 5 млн всхожих семян на 1 га. Способ полива – капельное орошение. Посев проводили сеялкой СН-16 узкорядным способом при прогревании почвы до 14˚С на глубине заделки семян 0,06-0,08 м. Планируемая урожайность аэробного риса сорта Суходол 6 т/га.

Результаты и обсуждения. Результаты исследований по структуре суммарного водопотребления аэробного риса сорта Суходол, по вариантам опыта показали, что наибольшее водопотребление растений риса сложилось в варианте опыта с дифференцированным режимом почвы 80 % НВ, h=0,3 и 0,5 м и составило 6407 м^3/га. Наименьшие показатели суммарного водопотребления составили 5791 м^3/га в варианте водного режима 70 и 80 % НВ, h=0,3 и 0,5 м (табл. 1)

Таблица 1 – Структура суммарного водопотребления аэробного риса, сорт Суходол, 2025 г.

Водный режим почвы	Приходные статьи водного баланса						Суммарное водопотребление	
	оросительная норма		атмосферные осадки		запасы почвенной влаги			
	$м^3$/га	%	$м^3$/га	%	$м^3$/га	%	$м^3$/га	%
80 % НВ, h=0,5 м	3570	58	2505	40	48	2	6124	100
80 % НВ, h=0,3 и 0,5 м	3870	60		39	32	1	6407	100
70 и 80 % НВ, h=0,3 и 0,5 м	3150	54		43	136	3	5791	100

Максимальное значение затрат оросительной воды за вегетационный период сложился в варианте водного режима почвы 80 % НВ в слое 0,3 и 0,5 м и составил 3870 $м^3$/га, по сравнению с другими вариантами опыта, где значения составили 3570 и 3150 $м^3$/га соответственно (рис. 1).



Рисунок 1 – Посевы аэробного риса сорта Суходол при капельном поливе

Таблица 2 – Затраты оросительной воды по вариантам опыта, 2025 г.

Водный режим почвы (А)	Виды удобрений (В)	Урожайность, т/га	Оросительная норма, $м^3$/га	Затраты оросительной воды, $м^3$/т
$А_1$	$В_1$	4,91	3570	727,1
	$В_2$	5,24		681,3
	$В_3$	4,68		762,8
$А_2$	$В_1$	5,33	3870	726,1
	$В_2$	5,59		692,3
	$В_3$	5,32		727,4
$А_3$	$В_1$	4,54	3150	693,8
	$В_2$	4,81		654,9
	$В_3$	4,36		722,5

В таблице 2 представлены затраты оросительной воды по вариантам второго фактора опыта и продуктивность растений риса сорта Суходол. Данные показывают, что минимальные затраты оросительной воды были в варианте водного режима предполивного порога влажности 70 и 80 % НВ в слоях 0,3 и 0,5 м в сочетании с ОМУ Биострат микробиология и составили 654,9 $м^3$/т. Максимальное количество оросительной воды на производство одной тонны продукции было затрачено в варианте водного режима почвы 80 % НВ в слое 0,5 м и составило 762,8 $м^3$/т.

Максимальная продуктивность растений риса составила 5,59 т/га и была получена на варианте водного режима почвы не ниже 80 % НВ в слое 0,3 и 0,5 м в сочетании ОМУ Биострат (аналог азофоски). Минимальный сбор зерна, 4,36 т/га, получен в варианте водного режима почвы 70 и 80 % НВ в слоях 0,3 и 0,5 м в сочетании с ОМУ Биострат микробиология



Рисунок 2 – Цветение аэробного риса сорта Суходол

Выводы. Сочетание дифференцированных режимов почвы с использованием комплексных органоминеральных удобрений пролонгированного действия обеспечили получение устойчивой урожайности аэробного риса на системах капельного орошения. Установлено, что в условиях влажного года (22 % обеспеченности) при водном режиме почвы 80 % НВ в слое 0,3 и 0,5 м в сочетании с ОМУ Биострат (аналог азофоски) была сформирована самая высокая урожайность зерна риса – 5,59 т/га.

Список использованной литературы

1. Бандурин М. А., Волосухин. В. А. Актуальные проблемы использования рисовых оросительных систем в условиях изменения климата. Москва: Русайнс, 2024. 247 с.

2. Исследование процесса производства гуминовых органоминеральных удобрений в системе экономической безопасности страны / А. М. Бондаренко, Л. С. Качанова, С. М. Челбин, А. Н. Головко // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. № 1 (61). С. 95-103.

3. Гераськина Т. В., Бандурин М. А., Приходько И. А. Совершенствование технологии водопользования на рисовых системах для устойчивого рисоводства // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 4. С. 114-130.

4. Зеленский П. Г., Зеленская О. В. Мировое производство риса пути его инновационного развития. Обзор // Рисоводство. 2022. № 4 (57). С. 6-11.

5. Коваленко Л. В., Серая Н. Н. Проблемы и перспективы рисоводства в Краснодарском крае // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 98. С. 172-176.

6. Сидоренко О. В. Эффективное развитие зерновой отрасли как стратегический приоритет аграрной политики РФ //Вестник аграрной науки. 2022. № 3 (96). С. 147-153.

7. Современное состояние и тенденции мирового производства зерна / А. Л. Золкин, Е. В. Матвиенко, Е. Н. Шанина и др. // Управленческий учет. 2021. Т. 7. № 1. С. 231-237.

8. Ремесло Е. В. Применение органоминеральных удобрений при возделывании озимого ячменя в условиях степного Крыма // Плодородие. 2021. № 1 (118). С. 20-22.

9. Evaluation of drip irrigation system for water productivity and yield of rice / T. Parthasarathi, K. Vanitha, S. Mohandass, E. Vered // Agron. J. 2018. № 110. Pp. 2378-2389.

10. Integration of on-farm drip irrigation system in rice cultivation (more crop-per drop) / W. Meher, P. Sagar, K. Kumar, G.S. Meher, G. Priyabhavana // Int. J. Creat. Res. Thoughts. 2020. № 8. Pp. 3555-3561.

11. Effects of drip irrigation system for enhancing rice (Oryza sativa L.) yield under system of rice intensification management / K. V. R. Rao, S. Gangwar, R. Keshri, L. Chourasia, A. Bajpai, K. Soni // Appl. Ecol. Environ. Res. 2017. № 15. Pp. 487-495.

УДК 631.674.5

КОМПЛЕКСНОЕ РЕШЕНИЕ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ, МОНИТОРИНГУ И УПРАВЛЕНИЮ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

Соловьёв А. В., *канд. техн. наук, зав. кафедрой*
Ходяков Е. А., *д-р с.-х. наук, профессор*
Милованов С. Г., *канд. с.-х. наук, научный сотрудник*
Бондаренко К. В., *канд. с.-х. наук, младший научный сотрудник*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Обоснована актуальность импортозамещения и автономной цифровизации мелиорационных систем. Представлено инновационное решение – совместный проект ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ и российской технологической компании ООО «Аросса» – единая электронная платформа управления «Зелёный робот». Платформа обеспечивает высокоточное позиционирование, телеметрию, удалённое управление и интеллектуальную контроль ирригации на основе анализа физических параметров.

Ключевые слова: *широкозахватные дождевальные машины, цифровая платформа управления, удалённый мониторинг, магнитный энкодер, CAN-шина, импортозамещение техники.*

Цифровизация и автоматизация сельского хозяйства, в частности поливной техники, в современном мире является важной и актуальной задачей, которой занимаются множество учёных [1-8].

Инновационные решения для модернизации систем управления широкозахватными дождевальными машинами становятся критически важными в условиях ухода с рынка крупных международных компаний и прекращения обслуживания через облачные системы управления в мелиорации. Это создает необходимость в разработке и внедрении новых технологий, которые обеспечат автономность и надежность систем управления.

Модернизация включает установку «интеллектуальных модулей», которые позволяют контролировать работу дождевальных машин в реальном времени, анализировать физические данные (расход, давление воды, климатические условия, влажность почвы и направление движения), а также адаптировать поливные нормы под текущие условия. Такие системы обеспечивают своевременный полив, минимизируют потери воды и повышают урожайность.

Для решения поставленной цели и задач ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ объединился с российской малой технологической компанией ООО «Аросса» для совершенствования и дальнейшего широкого внедрения совместного продукта «Зелёный робот».

ООО МТК «Аросса» – российская технологическая компания. Самостоятельно разрабатывает и производит радиоэлектронное оборудование и программное обеспечение для создания сложных автоматизированных и автоматических систем высокой надежности в различных отраслях.

Входит в реестр аккредитованных российских ИТ-компаний № АО-20231116-15473690636-3 (реестр организации, осуществляющей деятельность в области информационных технологий).

На рынке компания представлена следующими торговыми марками:

- IOOT PRO;
- цифровая IIoT платформа PromUC.

Команда проекта «Зелёный робот» осуществляет свою деятельность на современном производственном комплексе, оснащённом передовыми автоматическими линиями поверхностного монтажа.

Благодаря этому высокотехнологичному оборудованию специалисты имеют возможность создавать отечественные электронные решения, отвечающие самым строгим требованиям качества и надёжности.

Инновационная единая электронная платформа управления, разработанная ООО МТК «Аросса» совместно с ФГБОУ ВО Волгоградским ГАУ, представляет собой комплексное решение для эффективного управления дождевальными машинами.

В её основе лежат интегрированные блоки управления и уникальный запатентованный высокоточный магнитный энкодер (рис. 1) собственной разработки, которые обеспечивают прецизионное позиционирование и точный контроль скорости движения техники.

Благодаря такому техническому решению система легко дополняется новыми блоками и датчиками, успешно адаптируется под разнообразные задачи агропромышленного комплекса.

Технологическая база системы построена на современной шине данных CAN и электронных блоках управления с плоской интеграцией, что не только существенно упрощает техническое обслуживание, но и делает платформу гибкой и масштабируемой.



Рисунок 1 – Высокоточный магнитный энкодер разработки ООО МТК «Аросса»

Предлагаемое решение обладает широким функционалом, который включает:

- **Виртуальный контроллер**. Функция виртуального контроллера обеспечивает централизованный мониторинг и управление всеми устройствами Зеленого робота, объединяя разрозненные системы в единую сеть с доступом из любой точки мира.

Технология оптимизирует работу с крупномасштабными проектами: ускоряет настройку оборудования, анализирует данные в режиме реального времени и автоматически отслеживает сбои, снижая риски ошибок при конфигурации множества систем. Для каждой организации создаётся индивидуальный виртуальный контроллер, размещённый на российских облачных ресурсах.

Доступ к контроллеру предоставляется бесплатно, а оплата требуется только за передачу данных через блок телеметрии. В стоимость включены все расходы: услуги сотовых операторов, серверные вычисления и хостинг данных.

- **Удаленное управление объектом**. Зеленый робот – предоставляет пользователям возможность полного контроля над сельскохозяйственным оборудованием через защищённый веб-интерфейс и мобильное приложение.

Система позволяет запускать и останавливать насосы, настраивать параметры полива, регулировать работу дождевальных машин и других механизмов в режиме реального времени, находясь в любой точке мира с доступом в интернет.

Управление осуществляется с учётом всех технических ограничений и требований безопасности.

- **Сводка по ключевым параметрам**. Зеленый робот формирует персонализированную сводку ключевых параметров для каждого объекта, наглядно отображая основные показатели состояния системы и их динамику в едином информационном окне, что позволяет мгновенно оценить общее положение дел и выявить важные тенденции развития ситуации.

- **Развёрнутый анализ параметра**. Система предоставляет расширенные возможности для анализа любых параметров работы оборудования за выбранный период времени.

Пользователи могут просматривать детальные графики изменения показателей, сравнивать различные временные интервалы, выявлять тенденции и закономерности в работе системы.

Это помогает оптимизировать режимы работы и повысить эффективность использования ресурсов.

- **Мониторинг состояния объекта**. Зеленый робот – осуществляет непрерывный контроль всех систем и оборудования, отслеживая сотни параметров в режиме 24/7. При обнаружении отклонений от заданных значений система автоматически отправляет уведомления ответственным лицам, что позволяет оперативно реагировать на нештатные ситуации и предотвращать серьёзные поломки.

Мониторинг включает контроль давления, температуры, уровня жидкости и других критически важных показателей.

- **Визуализация данных**. Интуитивно понятный интерфейс системы «Зеленый робот» представляет сложные технические данные в виде понятных графиков, диаграмм и информационных панелей.

Визуализация позволяет быстро оценить состояние системы, выявить проблемные места и проанализировать эффективность работы оборудования. Все графические элементы интерактивны и могут быть настроены под конкретные задачи пользователя.

- **Журналы всех действий и событий**. Детальный журнал событий хранит полную историю всех операций, изменений параметров и действий пользователей в системе. В записи фиксируются время и дата событий, имена пользователей, тип выполненных действий и их результаты.

Это позволяет проводить расследования инцидентов, оценивать эффективность работы персонала и обеспечивать прозрачность всех процессов управления оборудованием.

- **Контроль ирригации**. Точное определение влажности почвы в нужное время помогает снизить потребление водных ресурсов и сопутствующие косвенные затраты, связанные с нерациональным использованием удобрений, потерей урожая и ухудшением качества продукции.

Благодаря определению точного количества воды, необходимого для растений, предотвращается вымывание удобрений, стимуляторов и гербицидов в нижних слоях почвы, а также исключается дефицит влаги для растений, обеспечивая получение высокого урожая экологически чистой продукции.

В 2025 года началась опытная эксплуатация 60 новых дождевальных машин «Кубань» с современным пультом управления «Зелёный робот» (рис. 2). Эти машины были установлены в Воронежской области, Пензенской области и Татарстане. Параллельно в Ростовской и Волгоградской областях были внедрены 5 панелей управления для дождевальных машин иностранного производства Reinke и Bauer.

Внедрение модернизированных отечественных дождевальных машин «Кубань» стало важным шагом в развитии сельского хозяйства России. Эти машины не только соответствуют современным требованиям к эффективности и надежности, но и способствуют снижению зависимости от импортного оборудования. Это особенно важно в условиях текущей экономической ситуации и необходимости укрепления продовольственной безопасности страны.

Реализуемый проект «Зелёный робот» представляет собой важный шаг в цифровой трансформации российского АПК в области орошения. Разработанная отечественная платформа не только замещает ушедшие зарубежные аналоги, но и превосходит их по гибкости, открытости архитектуры и уровню интеграции агрономических дан-

ных. Внедрение системы повышает надёжность эксплуатации широкозахватных дождевальных машин, снижает эксплуатационные издержки и способствует экологически устойчивому использованию водных и почвенных ресурсов.



Рисунок 2 – Современным пульт управления дождевальной машиной «Зелёный робот»

Опытная эксплуатация в 2025 году подтвердила техническую и экономическую целесообразность масштабирования решения по всей территории РФ. Перспективы развития включают интеграцию с ГИС, применение ИИ для прогнозирования поливных норм и построение цифровых двойников поливных систем.

Список использованной литературы

1. Сунцов, М. Е. Умное сельское хозяйство: как автоматизация помогает оптимизировать производственные процессы // Информационные технологии в экономике, управлении, образовании: сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции. Киров: Вятский государственный агротехнологический университет, 2024. С. 366-367.

2. Бояринов Е. Автоматизация в вертикальном сельском хозяйстве // Аграрная наука в контексте времени: сборник трудов LX международной научно-практической конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюмень: Государственный аграрный университет Северного Зауралья, 2025. С. 462-464.

3. Бояринов Е. Возможности использования автоматизации в сельском хозяйстве // Аграрная наука в контексте времени: сборник трудов LX международной научно-практической конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2025. С. 335-338.

4. Габачиев Д. Т. Автоматизация в сельском хозяйстве: повышение эффективности и устойчивости аграрного производства // Энергоресурсосбережение и энергоэффективность: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ им. В.М. Кокова, 2024. С. 53-55.

5. Маркова Г. А. Внедрение систем автоматизации и роботизации в сельском хозяйстве // Актуальные проблемы и приоритетные направления развития современной ветеринарной медицины и биотехнологий: материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Оренбург: Оренбургский государственный аграрный университет", 2025. С. 522-523.

6. Калитов А. С. Изучение и анализ автоматизации технологических процессов в сельском хозяйстве // Инновации в науке: вызовы и перспективы будущего: сборник статей Международной научно-практической конференции. Москва: Цифровое научное издательство, 2025. С. 27-31.

7. Пугачев В. В. Перспективы применения программируемых контроллеров для автоматизации технологических процессов в сельском хозяйстве // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем: материалы международной научно-практической конференции. Оренбург: Агентство пресса, 2020. С. 103-107.

8. Чуба А. Ю. Современные решения в области цифровизации и автоматизации сельского хозяйства // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 163-165.

УДК 631.674:633.2.03

СУЩЕСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ ОРОШЕНИЯ ФИТОМЕЛИОРАНТОВ В УСЛОВИЯХ СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ПАСТБИЩ

Слива Я. В., *аспирант*
Бочарникова О. В., *д-р техн. наук, профессор*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлен комплексный анализ современных отечественных и зарубежных научных данных и практических наработок в области оптимизации режимов орошения фитомелиоративных культур для восстановления деградированных сухостепных пастбищ. Детально рассмотрены методологические критерии выбора фитомелиорантов, специфические особенности водного режима деградированных почв и теоретико-методические принципы нормирования орошения. Проведен многоаспектный сравнительный анализ агроэкологической и экономической эффективности различных способов полива и инновационных стратегий водопользования, таких как дефицитное орошение и метод частичного подсушивания корневой зоны. Выявлены ключевые пробелы в современных исследованиях, включая отсутствие дифференцированных рекомендаций для различных пар «тип деградации – вид фитомелиоранта» и недостаток долгосрочного мониторинга агрофизических и биологических показателей.

Ключевые слова: *фитомелиорация, деградированные пастбища, режимы орошения, водосбережение, мелиоративные культуры, дефицитное орошение, капельное орошение, солонцеватость почв, опустынивание пастбищ.*

Введение. Деградация пастбищных угодий в сухостепных регионах Российской Федерации (Республика Калмыкия, Астраханская область, южные районы Волгоградской области, Оренбургской обла-

сти и Забайкальского края) приобрела характер масштабного экологического и социально-экономического кризиса, угрожающего продовольственной безопасности и устойчивому развитию этих территорий [1]. Основными проявлениями деградации являются прогрессирующее опустынивание, интенсивная ветровая и водная эрозии, вторичное засоление и осолонцевание почв, что приводит к резкому снижению продуктивности и биоразнообразия естественных травостоев, нарушению структуры почвенного покрова и уменьшению емкости пастбищ [2]. В этих условиях фитомелиорация признается большинством исследователей наиболее экологичным, экономически оправданным и устойчивым методом восстановления агроэкологического потенциала деградированных территорий [3].

Ключевым лимитирующим фактором успеха фитомелиоративных мероприятий в сухостепной зоне выступает острый дефицит водных ресурсов, усугубляемый климатическими изменениями и антропогенной нагрузкой на водные экосистемы [4]. С одной стороны, введению фитомелиорантов в начальный, наиболее критический период их развития необходимо обеспечить достаточное водопотребление для гарантированной приживаемости, укоренения и последующего активного роста. С другой стороны, традиционное обильное орошение в условиях аридного климата не только экономически нецелесообразно и энергозатратно, но и может провоцировать вторичное засоление, подъем минерализованных грунтовых вод и недоступно в большинстве районов, испытывающих дефицит водных ресурсов [5]. Таким образом, возникает фундаментальное агроэкологическое и водохозяйственное противоречие: между экологической потребностью растений во влаге на начальных стадиях развития и необходимостью жесткой, рациональной экономии водных ресурсов в условиях аридного климата.

Целью данного обзора является комплексная систематизация и критический анализ современных научных данных, методологических подходов и практических наработок в области оптимизации режимов орошения фитомелиоративных культур для восстановления деградированных сухостепных пастбищ.

Классифицировать фитомелиоративные культуры по комплексу критериев засухо- и солеустойчивости, мелиоративной эффективности и адаптивности к конкретным типам деградации почв.

Проанализировать влияние различных режимов и способов орошения на физико-химические свойства почв и физиолого-биологические показатели развития растений-мелиорантов.

Оценить потенциал и эффективность применения водосберегающих стратегий и технологий орошения в фитомелиорации сухостепных агроландшафтов.

Выявить актуальные пробелы и противоречия в современной изученности вопроса и сформулировать перспективные направления для дальнейших научных и прикладных исследований.

1. Фитомелиоративный потенциал культур в сухостепных условиях и критерии их выбора.

Успех фитомелиорации в экстремальных условиях сухостепной зоны напрямую зависит от методологически правильного выбора видового и популяционного состава растений, обладающих комплексом адаптационных механизмов к абиотическим стрессорам аридного климата и специфическим типам деградации почв.

1.1. Методологические критерии выбора и классификация культур.

Основными критериями при научно обоснованном подборе фитомелиорантов для условий сухостепной зоны являются:

Засухоустойчивость – комплексная физиолого-биохимическая способность растений переносить длительные периоды почвенной и атмосферной засухи благодаря развитию ксероморфных структурных адаптаций (глубокие и разветвленные корневые системы, способные использовать влагу из нижних горизонтов почвы; опушение листовой поверхности; восковой налет; мелкие листовые пластины с устьицами, погруженными в ткань листа). Многочисленные исследования, проведенные в условиях Прикаспийской низменности, показали, что житняк пустынный сохраняет клеточный тургор и физиологическую активность при влажности почвы всего 5-7 % от наименьшей влагоёмкости (НВ) в корнеобитаемом слое, демонстрируя уникальные механизмы осморегуляции [6].

Солеустойчивость (галофитность) – специфическая толерантность к высокому осмотическому давлению почвенного раствора, ионной токсичности и нарушению минерального питания. Многолетние экспериментальные работы, проведенные на солонцах Волгоградского Заволжья, демонстрируют высокую выживаемость и продуктивность тамарикса при концентрации солей в почвенном растворе до 2,5 %, что связано с наличием специализированных солевых желез и механизмами компартментации ионов в вакуолях [7, С. 89].

Мелиоративная эффективность – интегральная способность растений целенаправленно улучшать почвенную структуру за счет формирования мощной корневой системы, обогащать почву органическим веществом посредством ежегодного опада и разложения биомассы, фиксировать атмосферный азот (у бобовых видов) и оказывать положительное влияние на биоценоз ризосферы.

1.2. Наиболее перспективные группы фитомелиорантов для сухостепной зоны.

Для специфических условий сухостепной зоны с учетом разнообразия типов деградации наиболее перспективны следующие экологические и функциональные группы растений:

Древесно-кустарниковые породы: лох серебристый (Elaeagnus argentea), тамарикс (Tamarix spp.), саксаул (Haloxylon aphyllum), солянка палевая (Kochia prostrata). Данные виды формируют устойчивые ветроломные полосы и куртины, эффективно закрепляют подвижные пески, выполняют снегозадерживающую функцию и служат кормовой базой в зимний период.

Многолетние злаки (дерновинные и корневищные): житняк ширококолосый и пустынный (Agropyron cristatum, A. desertorum), пырей сизый (Elymus junceus), волоснец песчаный (Leymus racemosus), овсяница луговая (Festuca pratensis). Эти виды создают плотный, сомкнутый дерновый покров, эффективно препятствующий ветровой и водной эрозии, улучшающий структуру пахотного горизонта.

Бобовые травы: люцерна синегибридная и желтая (Medicago sativa, M. falcata), донник желтый и белый (Melilotus officinalis, M. albus), эспарцет песчаный (Onobrychis arenaria). Бобовые фитомелиоранты играют crucial роль в обогащении почвы биологическим азотом за счет симбиотической фиксации, значительно улучшая азотный режим питания сопутствующих видов и повышая общее плодородие деградированных почв.

Галофиты (солеустойчивые специалисты): полынь черная (Artemisia pauciflora), кермек Гмелина (Limonium gmelinii), солерос европейский (Salicornia europaea), бескильница (Puccinellia distans). Данная группа специализирована для фитомелиорации засоленных и солонцеватых участков, обладает уникальными механизмами солеустойчивости и способствует процессам рассоления и химической мелиорации солонцов.

2. Водный режим деградированных почв и научные принципы нормирования орошения

Разработка научно обоснованного, оптимизированного режима орошения должна базироваться на точном понимании специфики водного баланса деградированных земель, закономерностей влагопереноса в почвенной толще и физиологических потребностей растений-мелиорантов на разных этапах онтогенеза.

2.1. Особенности водного баланса деградированных пастбищ.

Для почвенного покрова сухостепных пастбищ, подверженных процессам деградации, характерны следующие особенности водного режима:

Резко выраженный дефицит водного баланса, обусловленный низким количеством атмосферных осадков (менее 300 мм/год) и их резко неравномерным распределением в течение года с преобладанием ливневого характера выпадения.

Значительный уровень испаряемости (более 1000-1200 мм/год), многократно превышающий количество осадков и создающий постоянный дефицит влаги в почве и приземном слое атмосферы.

Неглубокое залегание минерализованных грунтовых вод (часто на глубине 2-4 метра), провоцирующее процессы восходящего движения влаги и активного засоления корнеобитаемого слоя за счет испарения и транспирации.

Плохая водопроницаемость и высокая плотность солонцовых почв, ведущая к формированию поверхностного стока, водной эрозии и потерям продуктивной влаги.

2.2. Расчет поливных норм и оптимизации сроков полива. В условиях нарастающего дефицита водных ресурсов наиболее актуальными становятся адаптивные водосберегающие стратегии орошения:

Дефицитное орошение – стратегия преднамеренного сокращения поливных норм или полного прекращения поливов в периоды, не критические для формирования жизнеспособности растений-мелиорантов (например, для усиления развития корневой системы в ущерб росту надземной биомассы). Многочисленные полевые эксперименты демонстрируют, что стратегия дефицитного орошения позволяет достичь экономии оросительной воды до 30-40 % без значительного ущерба для конечной выживаемости и мелиоративной эффективности фитомелиорантов [8].

Концепция «частичного подсушивания корневой зоны» – инновационная стратегия попеременного орошения разных секций корневой системы, стимулирующая выработку гормонов (в первую очередь, абсцизовой кислоты), которые вызывают частичное закрытие устьиц и значительное снижение транспирации без остановки процессов фотосинтеза.

Критические периоды влагообеспеченности – для большинства видов фитомелиорантов критическим периодом, определяющим успех всего мероприятия, является фаза всходов и период начального роста после посадки/посева, когда формируется первичная корневая система. Например, агроэкологические исследования, проведенные Сидоровым С. В. (2021), установили, что для люцерны изменчивой критическим является период от прорастания семян до формирования стержневого корня глубиной 30-40 см, когда недостаток влаги приводит к необратимой гибели всходов [9].

3. Сравнительный анализ эффективности различных режимов и способов орошения в фитомелиорации.

Эффективность фитомелиоративных мероприятий определяется не только количеством поданной воды, но и способом ее подачи, который напрямую влияет на коэффициент полезного использования воды, равномерность распределения влаги в корневой зоне и энергетические затраты.

3.1. Комплексный сравнительный анализ способов полива.

Капельное орошение:

Агротехнические и экологические преимущества: локальная подача воды непосредственно в корневую зону растений (КПД использования воды достигает 90-95 %), возможность точной автоматизации

и совмещения с фертигацией (внесением водорастворимых удобрений и мелиорантов), минимальные потери влаги на испарение с поверхности почвы и инфильтрацию за пределы корнеобитаемой зоны.

Экономические и технические ограничения: высокая первоначальная капиталоемкость и стоимость системы, риск засорения эмиттеров взвешенными частицами и биологическими обрастаниями, необходимость квалифицированного обслуживания.

Пример практического применения: длительные полевые исследования, проведенные в условиях Черных земель Калмыкии (Бадмаев Б. Б., 2022), показали, что при капельном орошении с поливной нормой 800-1000 м³/га приживаемость саксаула за первый вегетационный период составила 85-90 %, в то время как на вариантах с лиманным орошением этот показатель не превышал 45-50 % [10].

Внутрипочвенное орошение: более технологически сложный и дорогой, но агрономически еще более эффективный способ, полностью исключающий испарение с поверхности почвы и потери на снос ветром. Особенно перспективно для глубокоукореняющихся кустарниковых фитомелиорантов со стержневой корневой системой.

Дождевание: менее эффективно в условиях сухостепной зоны из-за частых сильных ветров и высоких температур воздуха (потери воды на снос капель ветром и испарение с поверхности растений и почвы могут достигать 30-40 %). Однако может ограниченно использоваться для создания благоприятного микроклимата в приземном слое и для гидропосева семян в подпочву.

Лиманное орошение: низкозатратный, но экстенсивный и неуправляемый метод, сильно зависящий от объема и сроков паводкового стока. Часто приводит к значительной неравномерности увлажнения и возникновению локального переувлажнения и заболачивания одних участков при одновременном недостатке влаги на других.

Заключение. Проведенный систематический анализ убедительно свидетельствует о том, что научно обоснованная оптимизация режимов орошения является не вспомогательным агротехническим приемом, а стратегически ключевым элементом всей технологии восстановления деградированных сухостепных пастбищ. Принципиальный отход от устаревших принципов «полива по возможности» к точному, научно обоснованному управлению водным режимом на основе физиологических потребностей растений-мелиорантов и мониторинга состояния почвы позволяет достичь двойной стратегической цели: обеспечить успешность и долговременную устойчивость фитомелиорации и минимизировать антропогенную нагрузку на ограниченные водные ресурсы аридных регионов. Дальнейшие исследования должны быть сконцентрированы на создании адаптивных, ресурсосберегающих, «умных» технологий, основанных на комплексном системном

подходе, глубокой математизации и цифровизации процессов, что и составляет актуальную научную и практическую задачу для современных междисциплинарных изысканий в области аграрной экологии, мелиорации и устойчивого природопользования.

Список использованной литературы

1. Бадмаев Б. Б. Эффективность капельного орошения при создании фитомелиоративных насаждений в условиях Калмыкии // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 4. С. 32-39.

2. Геертс С., Раес Д. Дефицитное орошение как стратегия для максимизации продуктивности воды в засушливых регионах = Geerts S., Raes D. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas // Agricultural Water Management. 2009. Vol. 96. № 9. Pp. 1275-1284.

3. Иванов И. И. Водопотребление и засухоустойчивость житняка пустынного в условиях аридной зоны Прикаспия // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 3 (80). С. 30-40.

4. Корнева О. В., Барвинко Н. М. Современное состояние и динамика пастбищных экосистем сухостепной зоны Юга России // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 4 (81). С. 75-85.

5. Кулик К. Н., Юферев В. Г. Борьба с опустыниванием: теория и практика. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2019. 412 с.

6. Перейра Л. С., Кордери И., Яковидес И. Преодоление нехватки воды: решение проблем. Dordrecht: Springer Science+Business Media, 2017. 382 p.

7. Петрова П. С. Солеустойчивость древесно-кустарниковых пород в условиях засоления почв Волгоградского Заволжья: диссертация. Волгоград, 2019. 218 с.

8. Сидоров С. В. Формирование корневой системы люцерны в зависимости от режима орошения на светло-каштановых почвах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 75-85.

9. Шамсутдинов З. Ш., Шамсутдинов Н. З. Фитомелиорация аридных пастбищ: теория и практика. Москва: Наука, 2021. 288 с.

10. Зонн И. С., Куст Г. С. Деградация земель в аридных регионах России: причины, последствия и пути решения. Москва: Издательство Московского университета, 2018. 345 с.

УДК 626.86

ВОДОВЫПУСКИ В МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КАНАЛЫ

Суханов Д. А., *магистрант*
Марченко Л. А., *магистрант*
Шишкин И. И., *магистрант*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены водовыпускные сооружения, используемые для подачи воды из магистральных каналов в межхозяйственные распределители. Изучено их назначение, конструктивные типы, принципы работы и условия применения.

Ключевые слова: *водовыпуски, межхозяйственные каналы, гидротехнические сооружения, регулирование подачи воды, трубчатые водовыпуски.*

Введение. Межхозяйственные каналы являются важным звеном в мелиоративных системах, которые обеспечивают транспортировку воды от водных источников к хозяйственным распределителям и непосредственно к поливным участкам. Эффективное управление водораспределением затруднительно без надежных и функциональных водовыпускных сооружений. Водовыпуски предназначены для дозированной подачи воды из канала более высокого порядка в канал низшего порядка или в оросительную сеть.

Актуальность темы обусловлена необходимостью повысить эффективное водопользования в условиях возрастающего дефицита водных ресурсов и требований к точному водораспределению. Современная мелиорация направлена на автоматизацию процессов управления, что предъявляет новые требования к конструкциям водовыпусков, их надежности и способности к точному регулированию расходов.

Назначение и классификация водовыпусков. Основное назначение водовыпусков – регулирование объема воды, которая подаётся в межхозяйственный канал. Они обеспечивают:

- Забор расчетного расхода воды.
- Полное перекрытие подачи.
- Защиту от попадания в канал мусора.
- В некоторых случаях – измерение расходов воды.

Классификация водовыпусков может быть проведена по нескольким признакам:

1. По конструкции**:**

- трубчатые: представляют собой трубу, прокладываемую под насыпью канала. Могут быть безнапорными или напорными, оснащаться задвижками или затворами на входе либо выходе;
- лотковые: открытые лотки, перекинутые через дамбу канала или расположенные в теле насыпи. Используются при небольших перепадах;
- шахтные: используются при больших перепадах уровней между каналами. Вода из верхнего канала поступает в вертикальную или наклонную шахту, соединенную с отводящей трубой или туннелем.

2. По типу регулирования**:**

- регулируемые: оборудованы затворами, позволяющими плавно изменять расход;
- нерегулируемые: пропускная способность зависит от уровня воды в питающем канале.

3. По материалу: железобетонные, бетонные, металлические и полимерные.

Конструктивные особенности и принцип работы. Трубчатый водовыпуск является одним из самых надежных и распространенных решений. Конструктивно он включает:

- входной оголовок: обеспечивает плавный вход потока, часто оборудуется решеткой для задержания плавающего мусора;

- тело трубы: круглого, прямоугольного или арочного сечения. Укладывается на подготовленное основание с учетом предотвращения фильтрации;
- выходной оголовок: стабилизирует поток, гасит избыточную энергию, предотвращает размыв отводящего русла. Часто выполняется в виде расширяющегося конфузора или гасителя энергии.

Принцип работы основан на создании перепада уровней между бьефами. При открытии затвора вода самотеком поступает из магистрального канала в межхозяйственный. Пропускная способность рассчитывается по формулам гидравлики для трубопроводов.

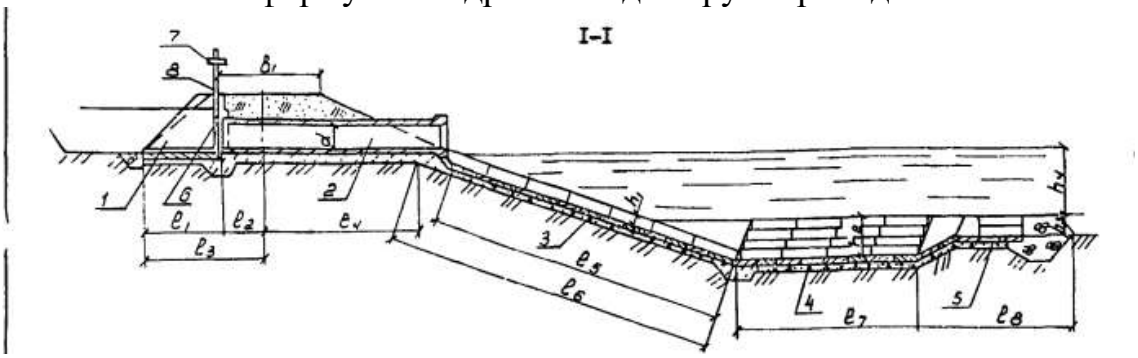


Рисунок 1 – Трубчатый водовыпуск
1 – оголовок; 2 – водопроводящая труба; 3 – водоскат; 4 – водобой; 5 – рисберма; 6 – затвор; 7 – винтовой подъемник; 8 – металлическая рама

Лотковый водовыпуск – это открытое сооружение, которое применяется при пересечении трассы межхозяйственного канала с оврагами, балками, другими каналами или при необходимости подать воду через насыпь с минимальным перепадом уровней.

Основные конструктивные элементы**:**

1. Подводящий канал**:** участок канала, подводящий воду непосредственно к водовыпуску.

2. Входной оголовок**:** конструкция, обеспечивающая плавный и безударный вход потока в лоток. Часто выполняется в виде устоев и лопаток, направляющих поток. Для защиты от попадания мусора устанавливаю сороудерживающую решетку.

3. Тело водовыпуска**:** это основная часть сооружения, представляющая собой открытый желоб (лоток), по которому вода перемещается самотеком.

- Форма поперечного сечения**:** самыми распространёнными являются прямоугольные и трапецеидальные сечения, реже используют – параболические. Выбор формы зависит от величины расхода и технологичности изготовления.
- Материал**:** лоток изготавливается из сборного или монолитного железобетона, обеспечивающего прочность и долговечность. Для малых расходов могут использоваться бетонные блоки или полимерные композитные материалы.

• Конструктивное исполнение**:** лоток может быть выполнен в виде:

- однопролетной балки, перекинутой между двумя устоями;

- неразрезной многопролетной конструкции, опирающейся на промежуточные опоры (бычки), если требуется перекрыть значительную ширину.

• Деформационные швы: для компенсации температурных расширений лоток разбивается по длине на секции с помощью деформационных швов, заполняемых герметизирующими материалами (резиной или битумными мастиками).

4. Опоры (устои и бычки):

• Устои – это крайние опоры, воспринимающие давление грунта от насыпи и передающие нагрузку на основание.

• Бычки – промежуточные опоры, уменьшающие пролет лотка и его толщину. Обычно их применяют при длине лотка более 10-15 метров.

5. Выходной оголовок: аналогичен входному, предназначен для плавного сопряжения потока из лотка с отводящим каналом. Для гашения избыточной энергии воды при больших скоростях в конце лотка может устраиваться водобойный колодец или рисберма из камня или бетонных плит для предотвращения размыва дна.

6. Отводящий канал (сброс): участок канала, отводящий воду от водовыпуска в межхозяйственный распределитель.

Принцип работы и условия применения: Вода из магистрального канала самотеком поступает во входной оголовок, проходит по лотку и сбрасывается в отводящий канал. Сооружение работает в безнапорном режиме, имея свободную поверхность воды. Лотковые водовыпуски применяются при относительно небольших расходах (в основном до 5-10 м³/с) и при невысоких насыпях (до 4-6 метров). Их главное преимущество – простота конструкции и обслуживания. Главный недостаток – подверженность засорению мусором и влияние на него низких температур.

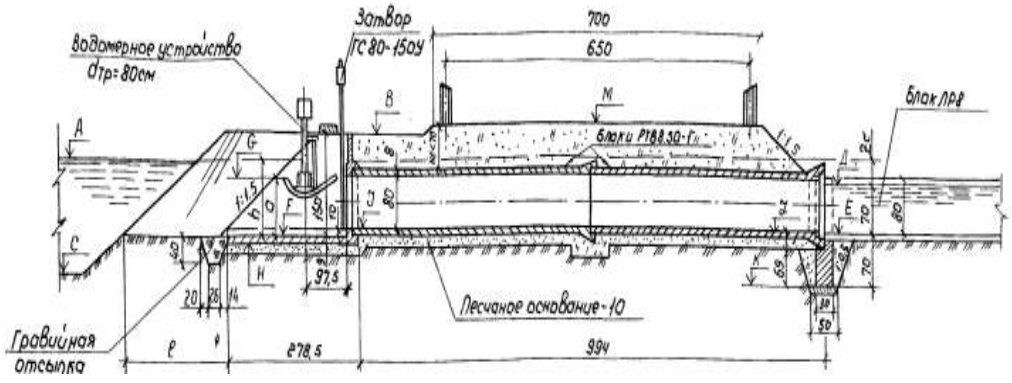


Рисунок 2 – Лотковый водовыпуск

Шахтный водовыпуск – это закрытое напорное или безнапорное сооружение, используемое в условиях значительного перепада уровней между магистральным и межхозяйственным каналом, а также при сложном рельефе местности.

Основные конструктивные элементы:

1. Водоприемный оголовок: располагается в магистральном канале. Может иметь форму:

- Водослива с широким порогом (для поверхностного забора воды).
- Глубинного отверстия с решеткой, расположенного ниже уровня воды для исключения попадания плавающих предметов.
- Затвор (плоский или сегментный) для регулирования расхода и полного перекрытия потока.

2. Вертикальная: Основной вертикальный элемент конструкции.

- Сечение: Круглое (гидравлически выгодное и устойчивое к внешнему давлению грунта) или прямоугольное.
- Конструкция: может быть цилиндрической (постоянного сечения) или конической (сужающейся книзу). Коническая форма обеспечивает лучшие гидравлические условия, уменьшая риск срыва потока и образования вакуума в нижней части.
- Материал: Монолитный или сборный железобетон. При сложных условях применяется стальная обделка.

3. Колено (переходный участок): Криволинейная часть внизу шахты, где поток меняет направление с вертикального на горизонтальное. Это зона наибольшего гидродинамического воздействия и риска кавитации. Для борьбы с кавитацией в эту зона может организовываться подвод воздуха через специальные воздуховоды.

4. Отводящий трубопровод (туннель): Горизонтальная или слабонаклонная часть, отводящая воду от шахты в межхозяйственный канал.

- Работает в напорном режиме.
- Выполняется из железобетонных труб или монолитный тунель с бетонной обделкой.

5. Выходной оголовок: располагается в начале отводящего канала. Представляет собой плавное расширение, предназначенное для снижения скорости потока. Часто включает в себя водобойный колодец или другие типы гасителей энергии.

6. Система вентиляции: при высоких скоростях потока в колене и отводящем трубопроводе возникает разрежение, которое может привести к срыву струи, кавитации и вибрациям. Для предотвращения этого устанавливаются воздуховоды, соединяющие атмосферу с зоной вакуума, обеспечивая подсос воздуха.

Принцип работы и условия применения: вода из магистрального канала поступает во входной оголовок и под действием силы тяжести, устремляется вниз по шахте, набирая высокую скорость. В вертикальной

шахте потенциальная энергия воды преобразуется в кинетическую. Пройдя колено, поток попадает в отводящий трубопровод и далее в отводящий канал. Шахтные водовыпуски применяются при больших перепадах высот (более 10-15 м) и значительных расходах воды. Их основное преимущество – эффективная работа в сложных топографических условиях. Недостатки – сложность конструкции и гидравлического расчета, высокая стоимость строительства, повышенные риски кавитационного разрушения и необходимость в системе аэрации**.**

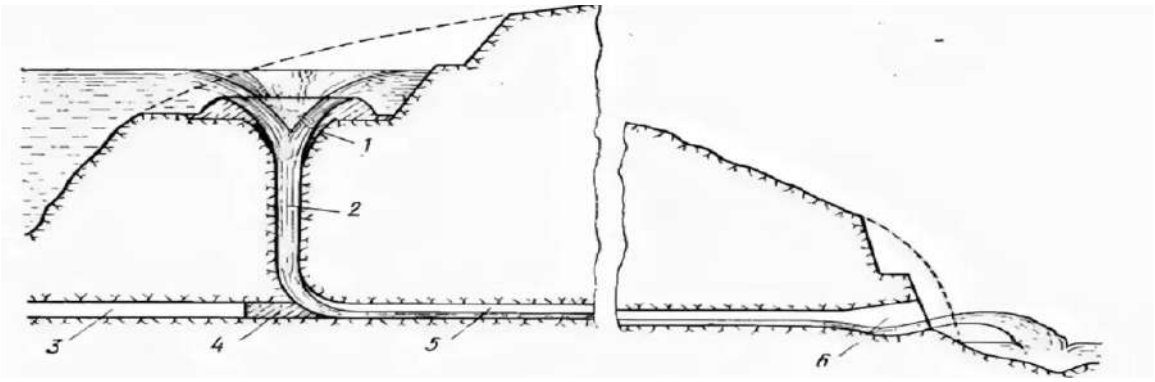


Рисунок 3 – Шахтный водовыпуск
1 – воронка; 2 – шахта; 3 – строительный туннель; 4 – бетонная пробка; 5 – отводящий туннель; 6 – концевой участок

Выбор типа водовыпуска. Выбор оптимального типа водовыпуска зависит от следующих факторов:

- Величина расхода: для малых и средних расходов часто применяют трубчатые и лотковые типы, для больших – могут потребоваться комбинированные или шахтные решения.
- Перепад уровней между каналами: определяет необходимость применения напорных (трубчатых, шахтных) или безнапорных (лотковых) конструкций.
- Геологические условия: определяют тип фундамента и меры борьбы с фильтрацией и осадками.
- Требования к регулированию: необходимость точного дозирования расхода решает применение регулируемых затворами сооружений.
- Экономическая эффективность: производится технико-экономическое сравнение вариантов с учетом капитальных затрат и стоимости эксплуатации.

Заключение. Водовыпуски в межхозяйственные каналы являются важнейшими элементами мелиоративных систем, от надежности и эффективности которых зависит рациональное распределение водных ресурсов. Широкий спектр конструктивных решений – от простых трубчатых до сложных шахтных, позволяет выбрать оптимальный вариант для условий эксплуатации.

Современное развитие мелиорации ставит перед проектировщиками и исследователями задачи по совершенствованию конструкций водовыпусков, направленные на повышение их долговечности, удобства эксплуатации, возможности дистанционного управления и интеграции в системы автоматизированного управления технологическими процессами. Дальнейшие изыскания в области применения новых материалов, методов гидравлического моделирования и оптимизации режимов работы будут способствовать созданию более экономичных и эффективных водовыпускных сооружений, отвечающих вызовам современного водного хозяйства.

Список использованной литературы

1. Ткачев А. А. Гидротехнические сооружения: учебное пособие. Новочеркасск: Новочерк. инж.-мелиор. ин-т Донской ГАУ, 2019. 178 с.
2. Гидротехнические сооружения мелиоративно-водохозяйственного комплекса: учебное пособие / Д. В. Козлов, А. Н. Юрченко, А. Г. Журавлева, Н. Т. Джумагулова. Москва: МИСИ-МГСУ, 2024. 112 с.
3. Мелиоративные системы и сооружения: СниП 2.06.03-85.

УДК 631.67+635.21

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ОРОШЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОГЕЛЯ НА ПРИМЕРЕ КАРТОФЕЛЯ

[1]Цепляев А. Н., *ведущий науч. сотрудник, д-р с.-х. наук, профессор*
[1]Семененко С. Я., *главный науч. сотрудник, д-р с.-х. наук, профессор*
[1]Куприянов А. А., *канд. техн. наук, научный сотрудник*
[2]Кузнецова Е. А., *канд. с.-х. наук, доцент, зав. кафедрой*
[2]Непокрытый Р. А., *аспирант*

[1]ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»
[2]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Возделывание картофеля на орошении увеличивает затраты на 16,5-18 % за счет подачи оросительной воды, которая достигает 4500-5000 м^3/га. Снижению ее объема способствуют искусственно полученные, прошитые сополимеры (гидрогели). Исследования направлены на определение эффективности гидрогелей, а также нахождение экономической выгоды от их применения.

Ключевые слова: *коэффициенты водопотребления, возделывание картофеля, поливные нормы, дозы гидрогеля, абсорбция гидрогеля.*

Первые исследования по применению гидрогелей в сельскохозяйственном производстве относится к началу 60-х годов прошлого 20-го века. При применении ракушечника для улучшения структуры почвы академик Прянишников Д. М. обратил внимание на его способность удерживать почвенную влагу, а при ее снижении передавать растениям через корневую систему.

Однако наибольшая активность ученых на изучение процесса накопления влаги различными абсорбирующими веществами приходится на 21 век. При этом изучали вещества естественного происхождения. В качестве водонакопителей рассматривали: фактические – вермикулит, торф, цеолит, а также на основе химических процессов – Аквасин (на основе калия) и Аквасорб (на основе натрия) [1, 2, 3].

Известно, что искусственно полученные гидрогели способны накапливать большой объем воды, чем органические, но их стоимость достаточно высока и составляет 600-700 рублей за 1 кг. Поэтому более рационально их вносить локально, т. е. в зону рядка [4, 5, 6].

Абсорбционные способности гидрогелей в виде прошитых сополимеров изменяются от 1:150 до 1:1000, т. е. один грамм гидрогеля абсорбирует 150 или 1000 мл дистиллированной воды. При, этом следует учитывать, что гидрогели с повышенной абсорбцией от 1:500 до 1:1000 используют в промышленном производстве, а ниже в сельскохозяйственном [7, 8, 9]. Поэтому в опытах по применению гидрогеля при возделывании картофеля использовали: Аквасин – на основе калия (*K*) и Аквасорб – на основе натрия (*Na*). Водопоглощающая способность Аквасина – 1:180, Аквасорба – 1:420. Необходимо отметить, что оросительная вода с наличием в ней различных солей, снижает объем накопления воды до значений 1:118 – Аквасин и 1:380 – Аквасорб. Следовательно, в расчетные дозы гидрогеля необходимо внести соответствующие поправочные коэффициенты.

Безусловно, возделывания культур на орошении предусматривает применение удобрений. В опытах по изучению эффективности применения гидрогеля в качестве удобрений использовали нитроаммофоску.

Схема проведения опыта по изучаемым факторам приведена на рисунке 1.

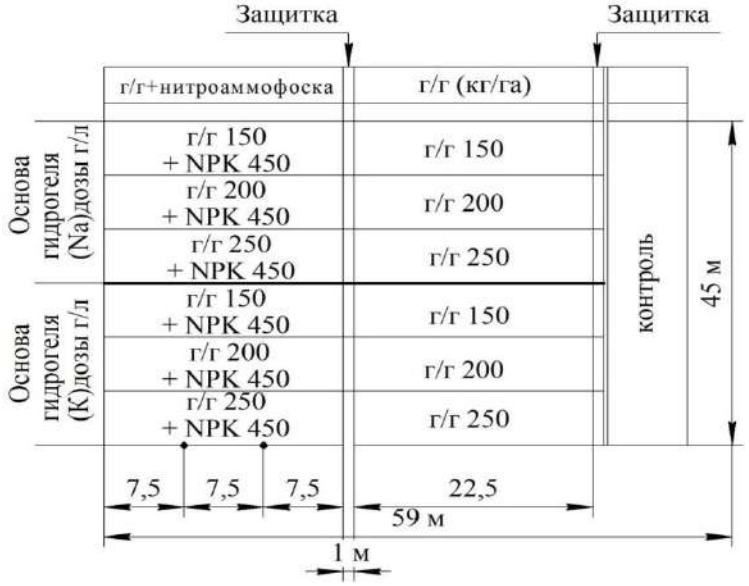


Рисунок 1 – Схема опыта по изучению влияния гидрогеля на технологические показатели при выращивании картофеля

Опыт представлен в трехфакторном эксперименте:

Фактор А – типы гидрогелей по вариантам:

- $А_1$ – гидрогель на основе калия Аквасин;
- $А_2$ – гидрогель на основе натрия Аквасорб.

Фактор В – дозы гидрогеля по вариантам:

- $В_1$ – 150 кг/га;
- $В_2$ – 200 кг/га;
- $В_3$ – 250 кг/га.

Фактор С – дозы гидрогелей по вариантам ($В_1$, $В_2$, $В_3$) плюс удобрения (нитроаммофоска - 450 кг/га), обозначение ГГ+NPK:

Контроль – без гидрогелей (поливы + фон NPK 100 кг/га нитроаммофоски) [10].

Для локального внесения гидрогеля с удобрениями при посадке картофеля применяли специально разработанную картофелесажалку, защищенную патентами на изобретение: патент РФ № 2798920 и патент РФ № 2833843. Общий вид картофелесажалки представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Модернизированная картофелесажалка для штучной посадки картофеля и дозированного внесения гидрогеля и удобрений

Орошение выполняли поливной машиной «Bauer» в виде дождевания.

Водный блок в опыте представлен на рисунках 3 и 4 (на контроле и в эксперименте).

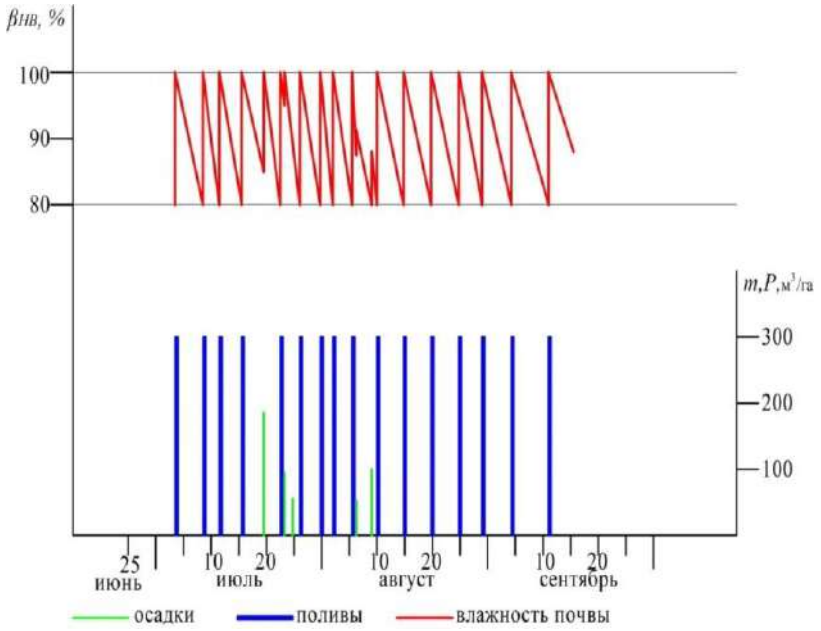


Рисунок 3 – Динамика влажности почвы, вариант контроль

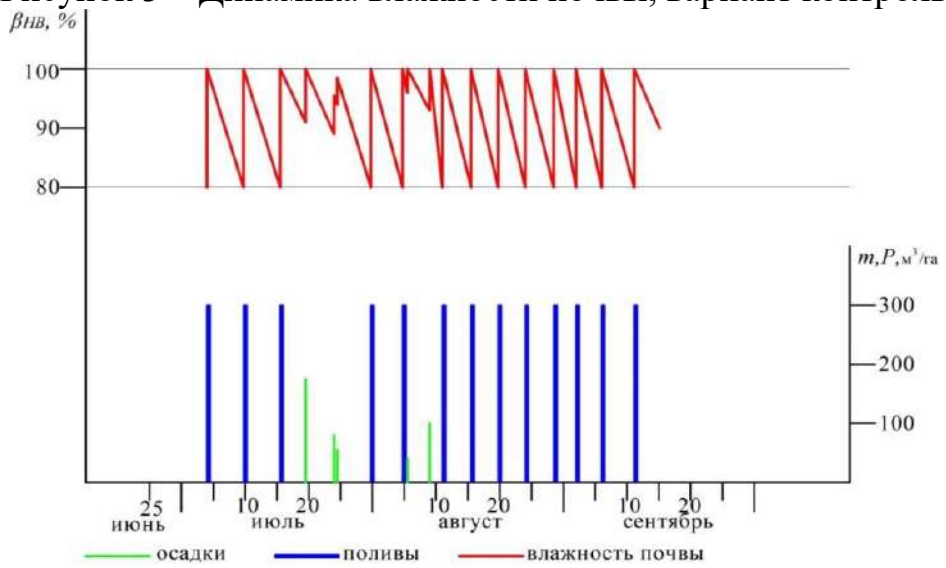


Рисунок 4 – Динамика влажности почвы, вариант А1,2 В1-3 С

На межполивной период серьезное влияние оказывает температура воздуха и фазы развития картофеля. Летний сезон 2024 г. был весьма жарким и температура с 19.07 до 08.08.2024 г. доходила до 42°С. Поэтому межполивной период на контроле составлял 4-5 дней, а в опытах с применением обогащѐнного гидрогеля – 8-9 дней. Кроме абсорбционных способностей гидрогеля, следует отметить их влияние на разрастание вегетационной массы картофеля за счет удержания питательных элементов в прикорневом слое и снижение испарения с поверхности почвы из-за увеличенного проективного покрытия меж рядкового пространства посевов. Сравнивая динамику изменения влажности на контроле и в опытах необходимо отметить, что количе-

ство поливов в опыте снизилось на 3 (рис. 4) и за сезон было проведено 13 поливов тогда, как на контроле 16. Из расчета поливной нормы 300 м^3/га, экономия воды составила 900 м^3/га за сезон.

В июле и августе выпали осадки, что способствовало уменьшению числа поливов в сравнении с контролем. Следовательно, гидрогель, абсорбируя почвенную влагу, передает ее растениям более длительный период, снижая ее испарения из верхних слоев почвы и перемещая в глубокие гиризонты.

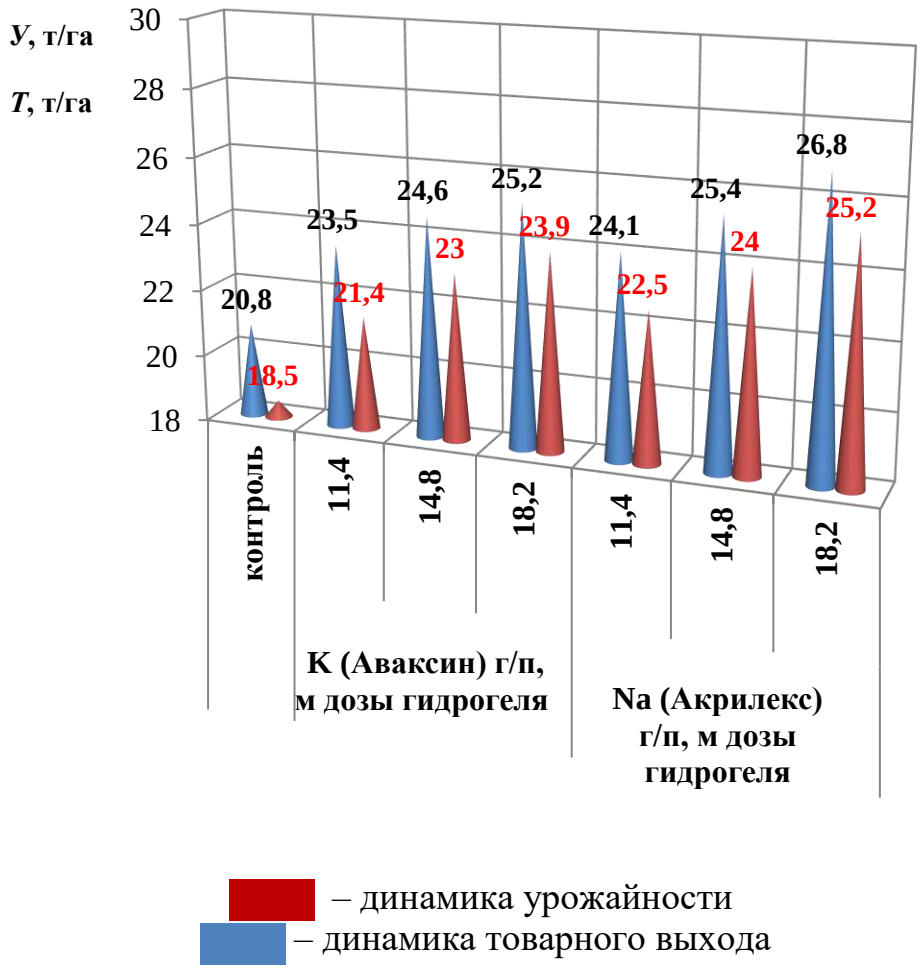


Рисунок 5 – Диаграмма изменения средней урожайности и товарного выхода картофеля Гулливер в зависимости от вида и доз гидрогеля

Сравнительный анализ выхода товарной продукции по исследуемым факторам и вариантам опыта указывает на наличие следующих закономерностей:

- по фактору А – тип гидрогелей, наилучшими показателями обладает гидрогель на натриевой основе «Аквасорб», на котором при использовании гидрогелей в чистом виде средняя прибавка товарного выхода была получена на 21, а при обогащении гидрогелей амофоской (фактор С) – на 15 % выше, чем на калиевой основе «Аквасин»;

- по фактору В – дозы внесения гидрогелей, установлена прямая зависимость урожайности от увеличения дозы с 11,4 до 18,2 г/п. м независимо от типа гидрогеля, при этом максимальная прибавка товарного выхода продукции получена при внесении дозы 18,2 г/п. м в чистом виде гидрогелей: «Аквасин» – 2,5, «Аквасорб» – 2,7 т/га, при обогащении гидрогелей амофоской (фактор С) – на 2,4 и 1,7 т/га соответственно.

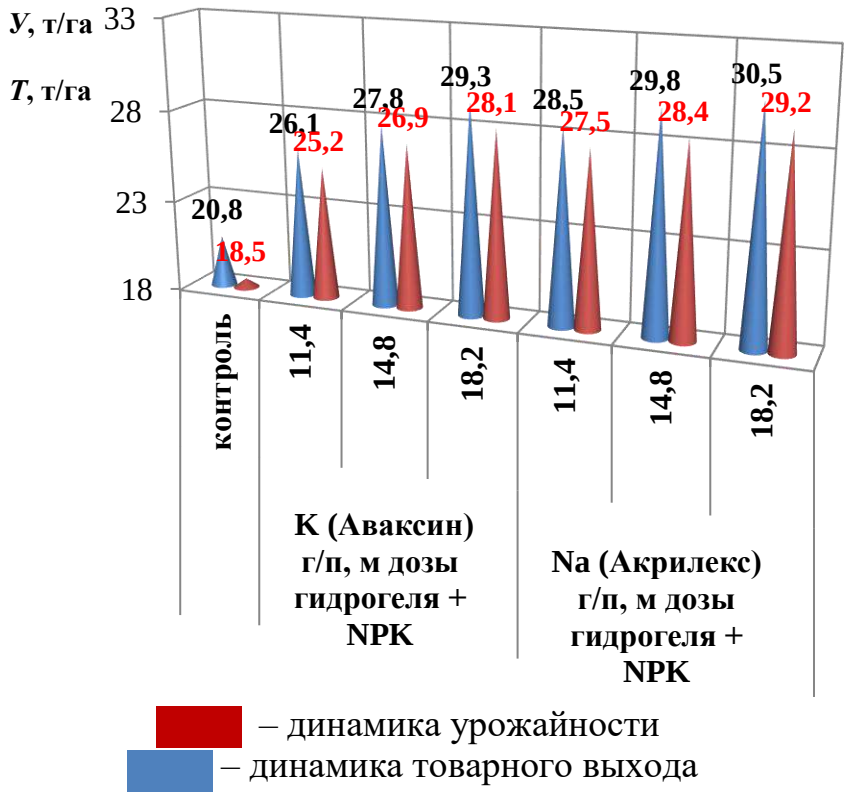


Рисунок 5 – Диаграмма изменения средней урожайности и товарного выхода картофеля Гулливер в зависимости от вида и доз обогащенного гидрогеля и удобрений

Таким образом, по результату проведенных исследований необходимо отметить, что применение гидрогелей, обогащенных удобрениями при выращивании картофеля сорта «Гулливер»:

– снижает расход оросительной воды с 4800 м^3/га до 3900 м^3/га (на 18,8 %);

– товарный выход продукции и урожайность возрастают на 57,8 % и 46,6 % соответственно при дозах внесения гидрогеля 18,2 г на 1 погонный метр.

Список использованной литературы

1. Wang L., Schjoerring K. J. Seasonal variation in nitrogen pools and 15N/13C natural abundances in different tissues of grassland plants // Biogeoscicnes. 2012. Vol. 9. Pp. 1583-1595.

2. Мещеряков М. П. Эффективность природных мелиорантов в сорбционных технологиях очистки // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: сборник IX Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2024. С. 1876-1878.

3. Tibirkov A. P. Spring barley grain yield and quality at soil moisture sorbent using on light chestnut soil of the Lower Volga region // International Journal Of Applied And Fundamental Research. 2013. № 2. www.science-sd/com/455-24275

4. Новиков А. Е., Цепляев В. А., Семененко С. Я., Цепляев А. Н. Ресурсосберегающая технология возделывания картофеля с применением современных мелиоратор // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 1. С. 13-21.

5. Данилова Т. Н., Аннабаева А. В. Возможности применения полимерных гелей для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития: материалы Международной научно экологической конференции. Краснодар. 2020. С. 540-542.

6. Шеркузиев Д. Ш., Арипов Х. Ш. Технология получения новых гидрогелей комплексного действия для сельского хозяйства // Промышленные биотехнологии. 2020. № 4 (73).

7. Tibirkov A. P., Tibirkova N. N., Filin V. I., Kuzin A. G. The effectiveness of using soil hydrogel on light chestnut soils between the Volga and Don rivers to stimyulate the germination of agricultural seeds. Engineering Research and Cooperation in Global Agricultural Production // IOP Conf. Ser. Earth Environ. 2021. V. 659. 01.

8. Агафонов О. М., Ревенко В. Ю. Возможности полимерного гидрогеля как накопителя почвенной влаги в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2017. № 10. С. 35-38.

9. Годунова Е. И., Гундырин В. Н. Роль гидрогеля в улучшении влагообеспеченности озимой пшеницы по полупару в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Достижение науки и техники АПК. 2015.Т. 29. № 5. С. 57-59.

10. Цепляев А. Н. Комплексное решение проблемы ресурсосбережения при выращивании картофеля на орошении с использованием гидросорбентов // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14. № 3. С. 31-45.

УДК 626.823

РЕКОНСТРУКЦИЯ УЧАСТКА КАНАЛА С ПК 161 ПО ПК 191 РАЙГОРОДСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНО-ОБВОДНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СВЕТЛОЯРСКОГО РАЙОНА ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Шишкин И. И., *магистр*
Марченко Л. А., *магистр*
Суханов Д. А., *магистр*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Представлен углубленный анализ актуальных проблем, связанных с динамическими процессами отложения наносов и эрозии русла каналов. Рассмотрены процессы, существенно влияющие на гидравлические характеристи-

ки водных путей, вызывая их деградацию, снижение пропускной способности и увеличение рисков затопления. Особое внимание уделено нарушениям профиля защитных дамб и отсутствию крепления откосов, что создает угрозу их устойчивости и безопасности прилегающих территорий.

Ключевые слова: *отложения наносов, размывы русла, гидродинамика потока, морфология русла, эрозионные процессы, стабильность дамб.*

Водные каналы являются жизненно важными элементами инфраструктуры, обеспечивая бесперебойное водоснабжение для сельского хозяйства. Их эффективное функционирование критически важно не только для региональной экономики и благосостояния, но и для поддержания экологического баланса и устойчивого развития. Однако устойчивость этих систем постоянно подвергается угрозе со стороны динамичных гидрологических процессов, в частности, интенсивного отложения наносов и активного размыва русла, которые являются следствием как естественных факторов, так и антропогенного воздействия, включая изменения климата, неконтролируемую вырубку лесов и нерациональное землепользование. Понимание механизмов этих явлений, их мониторинг и управление приобретают первостепенное значение для обеспечения долгосрочной функциональности, безопасности и экономической целесообразности инвестиций в водные ресурсы [8].

Деградация каналов вследствие накопления наносов и эрозии приводит к значительному снижению их пропускной способности, что непосредственно угрожает надежности водоснабжения и увеличивает риск наводнений в прилегающих населенных пунктах и сельскохозяйственных угодьях. Эксплуатационные издержки, связанные с регулярной очисткой, например, дорогостоящие дноуглубительные работы, которые могут обходиться в миллионы ежегодно, а также ремонтом, включающим укрепление берегов, восстановление гидротехнических сооружений и дамб, неуклонно растут, оказывая существенное давление на бюджеты управляющих организаций и в конечном итоге перекладываясь на потребителей. В отсутствие адекватных защитных и предупредительных мер эти процессы могут привести к полной утрате функциональности каналов, требуя капитальных вложений в реконструкцию или строительство новых объектов, что часто сопряжено с многомиллиардными затратами, длительным простоем и значительными социальными и экономическими потрясениями. Актуальность этой проблемы особенно возрастает на участках с высокой гидродинамической активностью, где деформации русла могут вызвать, подмыв оснований критически важных сооружений, таких как плотины гидроэлектростанций, мостовые опоры, береговые укрепления и водозаборные сооружения, ставя под угрозу всю гидротехническую систему и безопасность людей, а также создавая потенциал для техногенных катастроф [7].

Механизм накопления наносов, при котором взвешенные частицы оседают в русле при снижении скорости потока, приводит к его заиливанию и снижению эффективности транспортировки воды, создавая самоподдерживающийся цикл деградации: любое замедление течения способствует еще более интенсивному оседанию частиц, усугубляя проблему. Типичным примером является заиление оросительных каналов в Центральной Азии или на юге России, которое блокирует подачу воды на поля, приводя к массовой гибели урожая и деградации почв. Одновременно размыв русла, особенно выраженный на внешних изгибах каналов под действием центробежных сил и турбулентности потока, вызывает опасные изменения профиля, которые могут привести к критическому ослаблению дамб и береговых структур. Это может проявляться в виде обрушения берегов, образования оползней, вызванных насыщенностью грунта водой и его неустойчивостью, и даже прорывов, как это часто наблюдается в районах с неустойчивыми лёссовыми или песчаными грунтами, особенно после длительных дождей или паводков. Подобные нарушения не только угрожают прорывами, катастрофическими экономическими потерями, включая ущерб жилым домам, промышленным объектам и сельскому хозяйству, но и несут серьезные экологические риски, такие как загрязнение территорий вымытыми токсичными отложениями, изменение гидрологического режима рек с последующим воздействием на их экосистемы и потеря биоразнообразия из-за изменения среды обитания водных организмов, а также нарушение миграционных путей рыб. Осознание глубины этих последствий подчеркивает острую необходимость разработки и внедрения комплексных и эффективных стратегий для защиты и устойчивого управления водными объектами, включая использование современных методов моделирования, инновационных инженерных решений и адаптивного управления [6].

Данное исследование направлено на углубленный анализ механизмов отложения наносов и размыва русла каналов, а также на оценку их комплексного воздействия на целостность и долговечность гидротехнических сооружений. Главная цель состоит не только в выявлении и систематизации ключевых факторов, способствующих деградации водных объектов, но и в разработке научно обоснованных рекомендаций и инновационных методик, способных эффективно предотвратить эти негативные процессы, обеспечив устойчивость и функциональность водной инфраструктуры на долгие годы.

Для достижения поставленных целей будут применены комплексные методы исследования, каждый из которых вносит свой уникальный вклад в понимание проблемы. В первую очередь, это полевые наблюдения и измерения, которые предусматривают проведение систематических измерений параметров потока, скорости осадкона-

копления и эрозии в различных типах каналов. Эти эмпирические данные, собранные непосредственно в реальных условиях, служат основой для валидации теоретических моделей и обеспечивают высокую достоверность результатов. Дополнительно, будут проведены лабораторные эксперименты, где в строго контролируемых условиях моделируются гидродинамические процессы. Это позволяет детально изучить поведение наносов и устойчивость русел при различных режимах течения, выявить критические пороговые значения и разработать экспериментально подтвержденные механизмы предотвращения деградации. Неотъемлемой частью методологии является численное моделирование – разработка и применение усовершенствованных математических моделей. Эти модели не только позволяют прогнозировать долгосрочные изменения русла, но и дают возможность оценивать эффективность различных защитных мер, оптимизируя инженерные решения еще на стадии проектирования. Наконец, будет проведен глубокий анализ существующих данных, включающий изучение исторической информации и различных кейсов деградации каналов. Такой подход помогает выявить общие закономерности, характерные для различных географических регионов, а также специфические региональные особенности, что критически важно для формирования комплексных и адаптивных стратегий.

Ожидаемые результаты исследования включают создание ряда ключевых инструментов и подходов. Одним из таких результатов является разработка уточненных моделей прогнозирования, способных с высокой точностью предсказывать темпы отложения наносов и размыва русла в зависимости от сложных гидрологических и морфологических условий. Эти модели станут мощным инструментом для превентивного управления и планирования. Далее, будут сформулированы оптимизированные проектные решения – это рекомендации по проектированию каналов и гидротехнических сооружений, которые будут изначально предусматривать максимальную устойчивость к деградационным процессам, снижая потребность в дорогостоящих ремонтах и обслуживании. Также исследование приведет к созданию эффективных стратегий управления, представляющих собой научно обоснованные подходы к эксплуатации и техническому обслуживанию водных систем, направленные на минимизацию эксплуатационных затрат и значительное продление срока службы инфраструктуры. И, конечно же, будет уделено внимание разработке или адаптации инновационных методов мониторинга, обеспечивающих оперативный контроль состояния каналов и раннее выявление потенциальных рисков, что позволит своевременно реагировать на изменения и предотвращать крупные аварии.

Результаты исследования внесут значительный вклад в оптимизацию проектирования и эксплуатации водных систем, обеспечивая их устойчивость и надежность в долгосрочной перспективе, что особенно актуально в условиях изменяющегося климата и растущей антропогенной нагрузки. Это будет способствовать развитию новых подходов к адаптации инфраструктуры к изменению климата и значительному повышению ее устойчивости к природным воздействиям, что является фундаментальным аспектом современного управления водными ресурсами, имеющим критическое значение для продовольственной безопасности, промышленного развития и экологического благополучия всего региона.

Проведенный комплексный анализ, включающий детальные полевые наблюдения, точное гидродинамическое моделирование с применением передовых программных комплексов, а также многофакторный статистический анализ собранных данных, позволил выявить фундаментальные закономерности русловых процессов и их сложное, порой синергетическое, влияние на эксплуатацию ирригационных каналов. Обсуждение полученных результатов структурировано вокруг анализа доминирующих гидроморфологических процессов: динамики отложения наносов, интенсивности размыва русла и потенциальной дестабилизации гидротехнических сооружений, а также их совокупного воздействия на общее функционирование и устойчивость всей водной системы [5].

Установлено, что отложение наносов является преобладающим процессом в тех участках каналов, где скорость потока значительно снижается, опускаясь ниже критических значений, обычно составляющих 0,3-0,5 м/с для мелкозернистых фракций. Это также происходит при заметном расширении живого сечения русла, что неизбежно уменьшает транспортирующую способность водного потока и вызывает интенсивное осаждение взвешенных и влекомых наносов. Основные зоны аккумуляции этих отложений включают внутренние стороны поворотов, где центробежные силы ослабляют течение, участки непосредственно перед гидротехническими сооружениями, такими как шлюзы, водосбросы и мостовые опоры, где создаются зоны замедления потока, а также зоны сброса сточных вод, часто несущих дополнительные взвеси. Гранулометрический состав отложений крайне разнообразен, варьируясь от тонких илов до крупнозернистого песка, при этом средняя скорость накопления составляет 0.1-0.5 метра в год, но многократно возрастает во время паводков, когда приносится огромное количество седиментационного материала. Численное моделирование не только подтвердило, но и количественно описало, как неравномерное распределение скоростей потока, вызванное естественной извилистостью русла или искусственными неровностями

дна, активно способствует формированию донных форм рельефа, таких как отмели и перекаты, что в свою очередь усиливает процесс аккумуляции. Практические последствия этого процесса выходят за рамки простого снижения пропускной способности канала; они также включают существенное увеличение эксплуатационных расходов на регулярную механическую или гидравлическую очистку, которая необходима для поддержания проектных параметров канала. Более того, эти отложения создают благоприятные условия для бурного роста водной растительности, которая, в свою очередь, дополнительно снижает скорость потока, способствуя дальнейшей аккумуляции наносов и заметно ухудшая качество воды [2].

Параллельно с процессом аккумуляции, процессы размыва русла зафиксированы и детально изучены в участках с аномально высокими скоростями потока, часто превышающими 1,5-2,0 м/с, что приводит к значительному увеличению напряжений сдвига на дно и берега. Моделирование позволило с высокой точностью спрогнозировать интенсивность и локализацию эрозии, особенно на внешних сторонах поворотов, где происходит активный вынос более крупных фракций наносов, а также в сужениях русла, приводящих к его углублению и переформированию. Статистический анализ выявил сильную и прямую корреляцию между ключевыми гидродинамическими параметрами, такими как скорость и глубина потока, и интенсивностью эрозии, что позволило с помощью геостатистических методов не только точно локализовать, но и количественно оценить эти процессы в различных морфологических условиях. Размыв русла имеет крайне негативные последствия, включая подмыв оснований берегоукрепительных сооружений, таких как габионы, бетонные плиты или фашины, а также критическую потерю устойчивости дамб и береговых откосов. В особо критических случаях это может привести к катастрофическим обрушениям и затоплению прилегающих территорий, несущих угрозу для инфраструктуры и населения. Наблюдения показали, что в необлицованных каналах интенсивный боковой размыв может вызывать смещение оси канала до 0,5-1 метра в год, что требует постоянных и дорогостоящих работ по берегоукреплению, восстановлению проектной геометрии русла и предотвращению дальнейшей деградации [3].

Оценка устойчивости дамб и откосов показала прямую зависимость их состояния от прочности грунтов (угол внутреннего трения 25-35 градусов, сцепление 10-30 кПа) и фильтрационных характеристик, а также от влияния подмыва. Моделирование выявило критическое снижение коэффициента устойчивости (до 1,1-1,3) при резком падении уровня воды в канале или снижении уровня грунтовых вод в теле дамбы, что значительно увеличивает риск оползней. Подмыв основания дамб и береговая эрозия признаны ключевыми факторами де-

стабилизации откосов. Эти выводы легли в основу детальных рекомендаций по укреплению дамб, включая применение геотекстиля и создание защитных берм [4].

Совокупное воздействие отложения наносов, размыва русла и снижения устойчивости дамб оказывает значительное негативное влияние на эксплуатационную надежность и экономическую эффективность ирригационных систем. Это увеличивает риски затопления при паводках и требует ежегодных затрат на ремонт гидротехнических сооружений, исчисляемых миллионами рублей. Таким образом, выявленные закономерности и механизмы подтверждают необходимость разработки превентивных мер и оптимизации проектных решений для обеспечения долгосрочной устойчивости водных систем [1].

Процессы отложения наносов и размыва русла каналов представляют собой одну из наиболее серьезных и многогранных угроз для их долгосрочного функционирования, эксплуатационной надежности и общей устойчивости. Это исследование убедительно подтвердило, что данные явления приводят к значительным и необратимым морфологическим изменениям гидротехнических сооружений. К таким изменениям относятся не только критическое уменьшение пропускной способности каналов, что напрямую влияет на их эффективность в ирригации, водоснабжении и водоотведении, но и деформация профиля дамб, что неизбежно ведет к ослаблению их конструктивной прочности. Эти факторы, в свою очередь, становятся причиной существенного увеличения эксплуатационных расходов, связанных с необходимостью частых дноуглубительных работ и дорогостоящего ремонта защитных сооружений. Более того, они значительно повышают риски возникновения аварийных ситуаций, таких как прорывы дамб и последующие затопления обширных территорий, что может иметь катастрофические экономические и социальные последствия. Особую уязвимость демонстрируют участки поворотов канала, где центробежные силы потока и повышенное сдвиговое напряжение в сочетании с отсутствием адекватного крепления откосов провоцируют наиболее интенсивный размыв, создавая критические точки дестабилизации всей системы.

Применение комплексного подхода, охватывающего глубокий теоретический анализ гидродинамических процессов, скрупулезные полевые измерения с использованием современных геодезических и гидрологических приборов, а также передовое численное моделирование с применением специализированного программного обеспечения, позволило нам достигнуть глубокого понимания механизмов, лежащих в основе этих разрушительных процессов. Благодаря этому удалось не только выявить ключевые физические и гидравлические факторы, влияющие на интенсивность отложения наносов и размыва

русла, но и количественно оценить их воздействие. Полученные результаты неопровержимо подчеркивают острую необходимость внедрения интегрированного подхода к управлению водными ресурсами. Этот подход должен выходить за рамки традиционного проектирования и строительства каналов, требуя непрерывного и систематического мониторинга их состояния на протяжении всего жизненного цикла, а также своевременного и проактивного применения защитных и восстановительных мер. Это включает в себя не только превентивные работы, но и оперативное реагирование на любые изменения, выявленные в процессе эксплуатации.

В свете полученных данных, дальнейшие исследования должны быть целенаправленно ориентированы на разработку значительно более совершенных прогностических моделей. Эти модели должны быть способны учитывать сложные, динамические и многофакторные взаимодействия между потоком воды, транспортируемыми наносами и изменяющейся морфологией русла каналов, обеспечивая более высокую точность прогнозов. Кроме того, критически важным направлением является изучение и апробация эффективности новых материалов и инновационных технологий, предназначенных для долговременного крепления откосов и эффективного управления движением наносов. Только такой всеобъемлющий, научно обоснованный и технологически оснащенный подход позволит обеспечить устойчивое, безопасное и максимально эффективное использование водных каналов в долгосрочной перспективе, минимизируя негативные воздействия на окружающую среду и экономику регионов.

Список использованной литературы

1. Воскобойников А. Е., Доровских Г. И. Основы гидротехники и гидротехнические сооружения: учебное пособие. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2014. 288 с.

2. Водные ресурсы. Гидротехнические сооружения. Термины и определения: ГОСТ 26775-97. М.: Изд-во стандартов, 1998. 12 с.

3. Гришин М. М. Гидротехнические сооружения. Специальные сооружения на каналах. М.: Стройиздат, 1986. 310 с.

4. Иванов П. С. Автоматизированные системы управления водными ресурсами в оросительных системах: монография. М.: Наука, 2019. 345 с.

5. Козлов А. Н. Новые материалы и технологии в строительстве и ремонте гидротехнических сооружений. СПб.: Политехника, 2022. 180 с.

6. Петров В. А., Сидорова Е. К. Энергоэффективные решения при реконструкции оросительных систем // Вестник аграрной науки. 2021. № 3. С. 78-85.

7. Мелиоративные системы и сооружения: СНиП 2.06.03-85. М.: Госстрой СССР, 1986. 48 с.

8. Справочник по гидротехнике / под ред. А. М. Борисова. М.: КолосС, 2010. Т. 1. 620 с., Т. 2. 580 с.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВЕТЕРИНАРИИ

УДК 619:578.824.11(470.45)

ЭПИЗООТИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ ПО БЕШЕНСТВУ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Акимова С. А., *канд. вет. наук, доцент*
Фоменко С. А., *ст. преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Приведены результаты изучения эпизоотической ситуации по бешенству по материалам отчетности, статистических обзоров Комитета ветеринарии Волгоградской области и областной ветеринарной лаборатории с 1996 года по октябрь 2025 года.

Ключевые слова: *бешенство собак, собаки, эпизоотические ситуации, зоонозы, раневые инфекции собак, Волгоградская область*

Бешенство – острая вирусная болезнь животных и человека, характеризующаяся признаками полиэнцефаломиелита и абсолютной летальностью [4]. Бешенство вызывает РНК-содержащий нейротропный вирус [7] из семейства Rabdoviridae, его штаммы различаются по вирулентности [4]. Относится к зоонозам и раневым инфекциям [2].

На сегодняшний день бешенство регистрируется во многих странах мира [10]. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно в мире от бешенства умирает 600 тысяч человек, в основном в странах Африки и Азии. Бешенством, как известно, болеют более чем в 150 странах, на территории всех континентов, кроме Антарктиды [3]. Эпизоотическая ситуация по бешенству животных остается сложной [9]. Ежегодно от этой болезни вакцинируются миллионы животных. Но, несмотря на серьезную профилактическую работу, регистрируются случаи возникновения очагов бешенства не только у животных, но и у людей [10]. Основной резервуар и источник возбудителя инфекции – дикие хищные животные, бродячие собаки и кошки. Заражение происходит при непосредственном контакте с источниками возбудителя в результате укуса или ослюнения поврежденных кожных покровов или слизистых оболочек [5]. Максимальный подъем заболеваемости осенью и в зимне-весенний период. Установлена трехчетырехлетняя цикличность бешенства, что связано с динамикой численности основных носителей болезни [1]. Одна из причин того, что бешенство остается эндемичным в большинстве регионов планеты, – большой спектр поражаемых бешенством диких и домашних живот-

ных [8]. Абсолютная фатальность (смертельность), несмотря на спорадический характер заболеваемости, а также паразитосистемный полиморфизм и эволюция природно-очагового бешенства придают чрезвычайный характер каждому случаю и ставят эту ветеринарно-медицинскую проблему в ряд первостепенных [6].

Все это указывает на необходимость изучения распространенности бешенства животных и проведения анализа по численности случаев возникновения и сезонности и цикличности интенсивности эпизоотического процесса на территории Волгоградской области.

Изучение эпизоотической ситуации по бешенству проводили по материалам отчетности, статистических обзоров Комитета ветеринарии Волгоградской области и областной ветеринарной лаборатории.

Территория Волгоградской области является неблагополучной по бешенству животных, о чем свидетельствует динамика эпизоотического процесса за период 2023 – 10.2025 годов представлена в таблице 1 и на рисунке 1, за прошедшие 12 месяцев (с ноября 2024 по октябрь 2025 годов) на рисунке 2.

Таблица 1 – Количество животных больных бешенством на территории Волгоградской области в 2023-10.2025 годах

Год	Месяц												
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Итого
2023	0	1	0	0	2	3	1	8	7	6	8	6	42
2024	7	3	1	6	5	0	5	5	5	2	5	3	47
2025	2	5	1	3	2	0	0	2	1	1			17
Итого	9	9	2	9	9	3	6	15	13	9	13	9	106



Рисунок 1 – Сезонная цикличность бешенства на территории Волгоградской области в 2023-10.2025 годах

Цикличность эпизоотического процесса – это подъемы и спады заболеваемости с интервалом в несколько лет, что также отмечается при бешенстве, и что привело к изучению и изложению данного вопроса прогнозирования эпизоотического процесса при бешенстве.

Основные всплески активности эпизоотического процесса по бешенству наблюдаются в период с августа 2023 по февраль 2024 и с июля 2024 по февраль 2025 годов.



Рисунок 2 – Сезонная цикличность бешенства на территории Волгоградской области с ноября 2024 по октябрь 2025 года

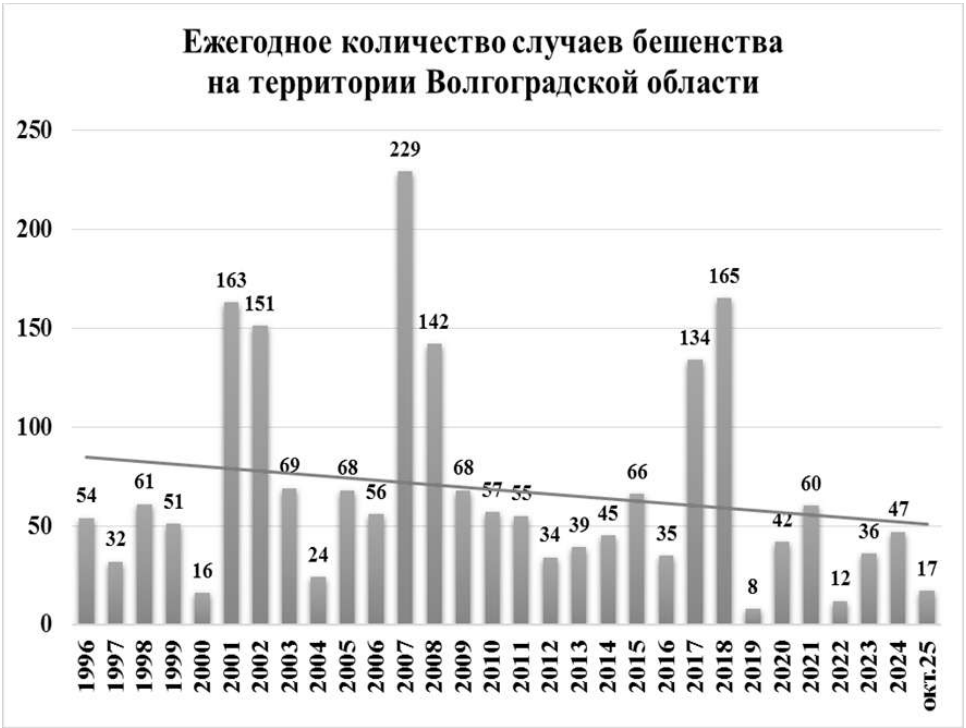
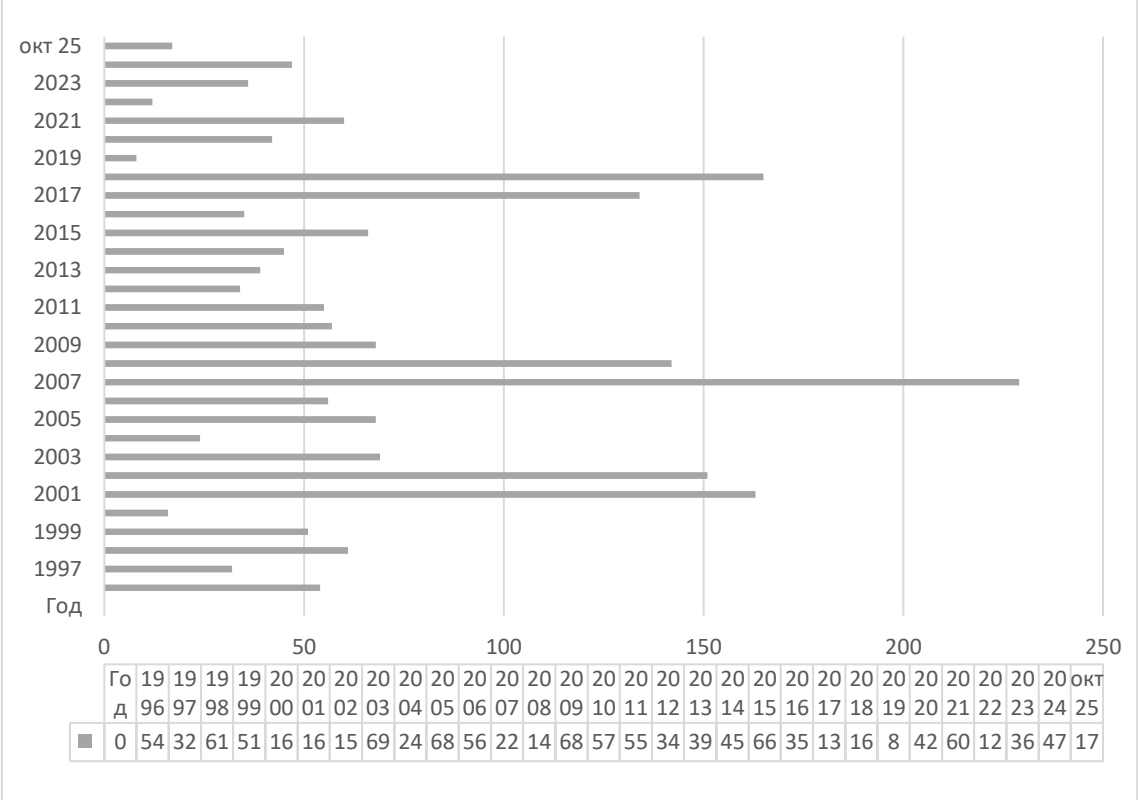


Рисунок 3 – Ежегодное количество случаев бешенства на территории Волгоградской области



Год	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	окт 25
0	54	32	61	51	16	16	15	69	24	68	56	22	14	68	57	55	34	39	45	66	35	13	16	8	42	60	12	36	47	17

Рисунок 4 – Ежегодное количество случаев бешенства на территории Волгоградской области

В 2025 году активность бешенства наблюдается также с августа, но в значительно меньших соотношениях с предыдущими годами. Для наглядности на рисунках 3 и 4 отражена инцидентность (и цикличность) рабической инфекции в Волгоградской области с 1996 года по октябрь 2025 года.

Анализируя показатели за 30 лет, можно сказать, что наибольшее количество случаев бешенства наблюдалось в 2007 году (229 случаев), затем идет 2018 год (165 случаев), затем 2001 год (163 случая). Изучая рисунок 3 видно, что всплеск болезни наблюдается каждые 4-8 лет, с начало идет всплеск, длится два года, затем начинает спускаться и может доходить до 8-24 случает в год, но затем опять начинается подъем.

Наши выводы:

1. Доводы, изложенные наукой, подтверждаются в Волгоградской области. Вместе с этим, наблюдается тренд на снижение активности эпизоотического процесса (полагаем это связано с работой ветеринарных специалистов, что будет продолжено).

2. Цикличность эпизоотического процесса, несмотря на проведение комплекса профилактических мероприятий, отмечается по всей территории России.

3. С осени 2023 по 2027 годы ожидается очередной резкий всплеск бешенства. Имеется в виду увеличение количества инцидентов (вспышек) в периоды: 2025-2026, или 2026-2027 годы. Ответ в сезонности (осенне-зимний и весенний периоды, как раз на стыке годов). Вместе с этим, на территории Волгоградской области отмечается подъем с конца летнего периода до конца февраля. В апреле и мае также отмечается повышение активности эпизоотического процесса, возможно по причине биологических особенностей основных источников бешенства – диких животных (лисицы).

4. Сезонная и цикличная активность эпизоотического процесса взаимосвязаны между собой.

Учитывая изложенное, государственная ветеринарная служба Волгоградской области продолжает проводить комплекс профилактических мероприятий по сдерживанию резких скачков неблагополучия по бешенству в границах Волгоградского региона.

Список использованной литературы

1. Бакулин В. Ф. Бешенство млекопитающих и птиц // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. 2016. № 4. С. 46-52.

2. Гаврилов А. В., Зотова А. В. Бешенство: учебное пособие. Благовещенск: Амурская ГМА Минздрава России, 2020. 38 с.

3. Глебова М. И. Эпизоотическая ситуация по бешенству в мире, России и УРФО // Молодежь и наука. 2014. № 3. С. 18-23.

4. Даниелян Н. А., Глазунова Л. А. Эпизоотическая ситуация по бешенству среди животных в Тюменской области (2019-2023 гг.) // Стратегические ресурсы Тюменского АПК: люди, наука, технологии: сборник LVII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2024. С. 26-33.

5. Инфекционные болезни, общие для многих видов животных: учебно-методическое пособие / В. К. Тихонов, Г. П. Тихонова, О. Ю. Петрова, Н. Г. Иванов. Чебоксары: ЧГАУ, 2018. 557 с.

6. Макаров В. В., Барсуков Ю. И., Барсуков О. Ю. Бешенство: учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2026. 164 с.

7. Масимов Н. А., Лебедько С. И. Инфекционные болезни собак и кошек: учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург: Лань, 2025. 128 с.

8. Собчак Д. М. Бешенство. Столбняк. Актуальные вопросы клиники, дифференциальной диагностики, профилактики: учебное пособие. Нижний Новгород: ПИМУ, 2017. 90 с.

9. Толстова И. Э., Калошина Т. Ю., Магеров А. И. Государственный контроль (надзор) как форма государственно-управленческой деятельности и его реформирование (на примере Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Новосибирской области): монография. Новосибирск: НГАУ, 2021. 145 с.

10. Эпизоотическая ситуация по бешенству / Э. В. Родина [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (188). С. 138-143.

УДК 619:618.14-078.37

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ МАТКИ У КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ

[1]Будтуев О. В., *канд. с.-х. наук, доцент*
[1]Фирсов Г. М., *канд. вет. наук, доцент*
[2]Калюжный И. И., *д-р вет. наук, профессор*

[1]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия
[2]Саратовский государственный университет генетики биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова
г. Саратов, Россия

Аннотация. В 2024 году на территории Волгоградской области было проведено исследование, в рамках которого обследовали 16 голштинских коров, имеющих за плечами 3-4 отёла. С помощью портативного ультразвукового аппарата с преобразователем, функционирующим в диапазоне 5,0-7,5 МГц, осуществляли ультрасонографическое исследование, позволяющее диагностировать или исключить наличие патологий у различных органов и тканей, исследуемых посредством ультразвука. Каждую корову обследовали трансректальным методом, при этом особое внимание уделяли оценке структур матки на ультразвуковых снимках в продольном и поперечном сечениях. Также отмечали визуализацию маточных рогов, особенно на изгибах исследуемого органа.

Ключевые слова: *ультразвуковое сканирование, послеродовые болезни коров, голштинская порода КРС, матка коров, инфекционный метрит коров.*

Ультразвуковое исследование (УЗИ) представляет собой эффективную и широко применяемую диагностическую процедуру, не вызывающую неприятных ощущений и отличающуюся безопасностью. С помощью этого метода можно визуализировать внутренние органы и ткани, что помогает ветеринару выявлять источник патологии и выбирать наилучшее лечение [2-4]. Надежное фиксирование коровы позволяет минимизировать ее подвижность, что облегчает проведение диагностических процедур и способствует получению более точных результатов [3-6].

Ультразвуковое сканирование считается полностью безопасным методом, не вызывающим болезненных ощущений и не сопровождающимся появлением неблагоприятных последствий. Одним из главных достоинств этого способа является возможность точно определить степень атрофии тканевых структур матки благодаря высокой информативности ультразвука при оценке состояния органа [1, 2].

Целью исследования является выявление или опровержение инфекционного метрита у коров, а также диагностика различных патологий органов и тканей, которые можно исследовать с помощью ультразвуковых волн.

Методы исследования. Ультразвуковое обследование матки было выполнено у коров голштинской породы на предприятии ООО «СП «Донское» в первые, пятые и десятые сутки после отёла, причём процедуру провели для всех животных, независимо от их клинического состояния или наличия метритов. В ходе исследования определяли характеристики шейки матки, толщину маточной стенки, параметры рога, где находился плод (его диаметр и толщина), размеры средней части маточной артерии, а также длину и ширину карункулов.

Анализ данных осуществлялся путем сопоставления животных без признаков заболевания с особями, у которых было отмечено воспаление матки (метрит). В исследовании приняли участие две группы: первая включала шестнадцать клинически здоровых коров, а во вторую вошли шестнадцать коров, у которых был выявлен послеродовой метрит. Сравнительный анализ проводился между коровами, страдающими метритом, и их здоровыми сверстницами из того же стада, выбранными для контроля. Для корректного выполнения исследования требуется предварительно очистить кишечник животного от каловых масс, так как их присутствие может мешать прохождению ультразвуковых волн в целевой области. Перед каждым взаимодействием с коровами выполняли детальную клиническую оценку и изучали их репродуктивные функции. Это включало как пальпацию через прямую кишку, так и ультразвуковое обследование для детального анализа состояния. Общее состояние здоровья животных анализировали с целью выявления признаков метаболических нарушений или других типичных заболеваний. В рамках эксперимента у каждого животного брали пробы крови и молока в начальной фазе исследования, а также регулярно осуществляли забор биоматериала в течение всего наблюдения.

Коров, подходивших по критериям отбора и включённых в исследование, начавшееся после отёла, исследовали с помощью ультразвукового метода. Для диагностики использовали портативный ультразвуковой аппарат с датчиком, чья частота варьировалась от 5,0 до 7,5 МГц. Всем животным выполняли трансректальное УЗИ, во время которого внимательно изучали рога матки как по поперечным, так и по продольным срезам. Кроме того, регистрировали изображения маточных рогов, полученные снаружи по большой кривизне органа. Для обработки результатов и их графического отображения применяли программное обеспечение SPSS Statistics версии 27.7.7.

Результаты и обсуждение. На пятые сутки после родов ультразвуковое исследование выявило, что шейка матки (см. рис. 1) представлена расширенной зоной с выраженной эхогенностью, а полость внутри неё характеризуется пониженной эхогенностью и содержит несколько ярко выраженных гиперэхогенных образований.

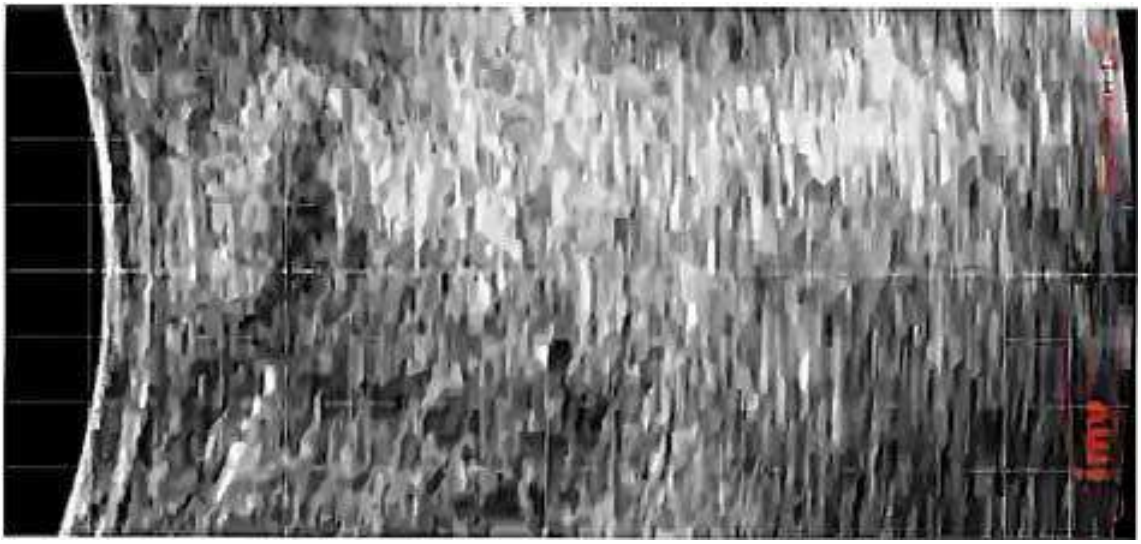


Рисунок 1 – УЗ-сканирование шейки матки при установленном инфекционном метрите коровы

Эти структуры, обнаруженные в полости шейки, были цервикальными складками. Подобным образом, УЗИ рога матки на том же сроке обнаружило стенки с высокой эхогенностью и анэхогенное пространство внутри, в котором присутствовали отдельные гиперэхогенные точки. Кроме того, в ходе обследования на пятый послеродовый день визуализировались маточные карункулы, которые проявлялись как четко очерченные, более эхогенные образования с анэхогенными контурами, своей формой напоминавшие гриб на фоне анэхогенной ткани в полости матки. Аналогичные выводы были сделаны Скориковым В. Н. и Михалёвым В. И. [2] в ходе исследований, проведённых в 2016-2022 годах в сельскохозяйственных предприятиях Белгородской, Воронежской и Тамбовской областей Российской Федерации на различных породах коров и Яньес У. и др. (Yáñez U. et al.) из Испании в провинции Галиссия в 2023 г. у животных голштинской породы [4-6].

Спустя десять дней после родоразрешения при ультразвуковом обследовании в полости матки были обнаружены остаточные части плаценты, которые на изображениях выглядели как ярко выделяющиеся светлые участки, а также зоны с пониженной эхогенностью. Проведённые диагностические мероприятия убедительно показали наличие лохий во втором этапе послеродового периода, что на мониторе ультразвукового аппарата проявлялось как чередование участков с разной интенсивностью отражения.

Полученные данные свидетельствуют о заметном уменьшении размеров шейки матки у исследуемых животных к десятому и пятнадцатому дню по сравнению с пятым днём после родов ($p < 0,05$). Тем не менее, изучение толщины цервикальных стенок не выявило достоверных отличий между исследуемыми группами на протяжении всего времени наблюдения (рис. 2).

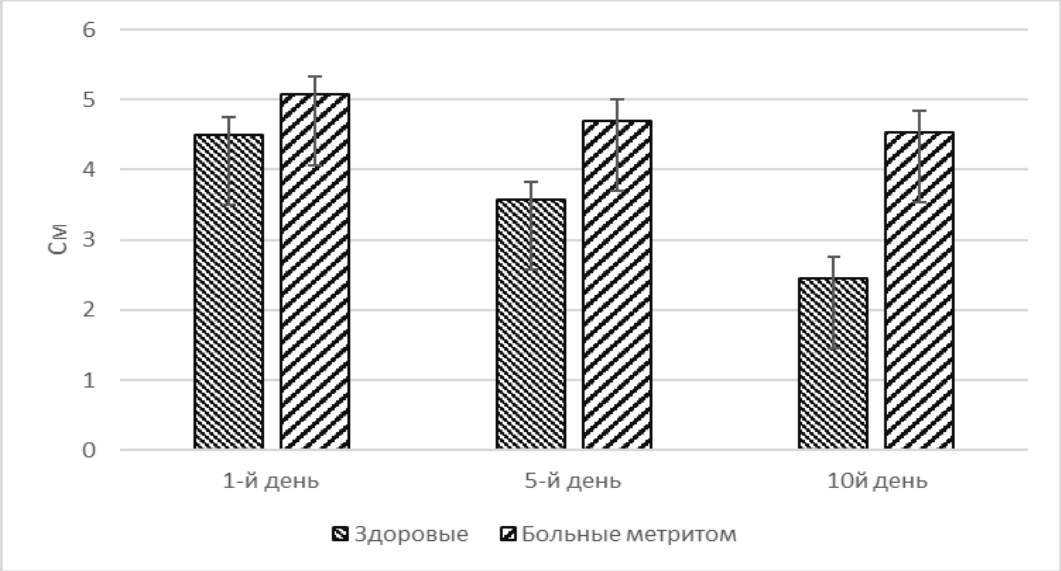


Рисунок 2 – Изучение толщины цервикальных стенок

Кроме того, динамика изменения диаметра средних маточных артерий с обеих сторон с пятого по пятнадцатый дни не показала статистически значимых различий между сравниваемыми группами (рис. 3).

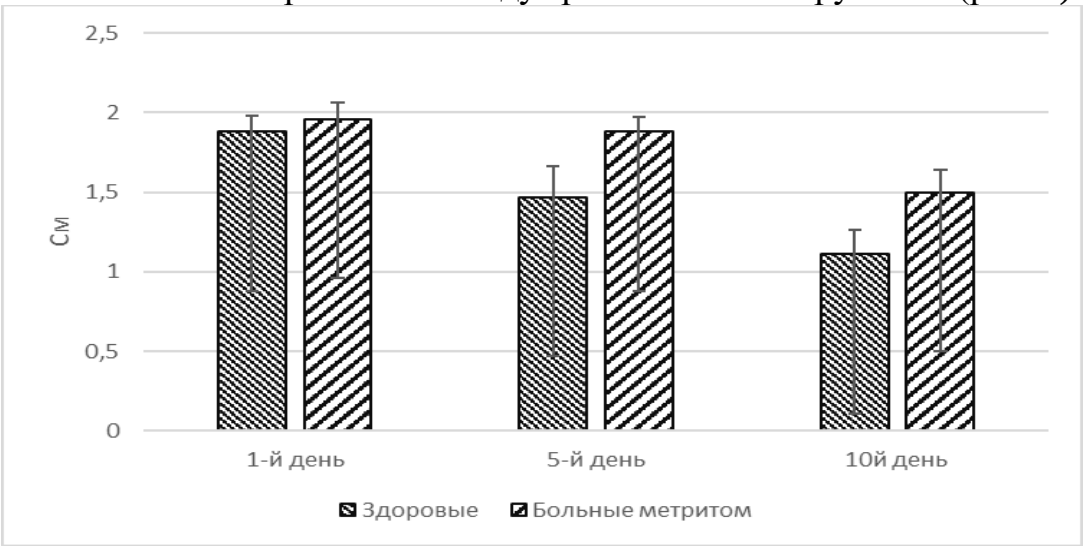


Рисунок 3 – Динамика изменения диаметра средних маточных артерий

На рисунке 4 представлена тенденция уменьшения размеров и плотности маточных рогов с первого по десятый день после отела у животных обеих исследуемых групп.

Анализ, проведённый с использованием статистических методов, показал незначительные различия в размерах рогов между группами. Однако, наблюдалось существенное снижение средней плотности стенки матки в течение первых десяти дней после родов ($p < 0,05$). К десятому дню у здоровых животных этот показатель существенно отличался от аналогичного у особей, болевших метритом ($p < 0,01$).

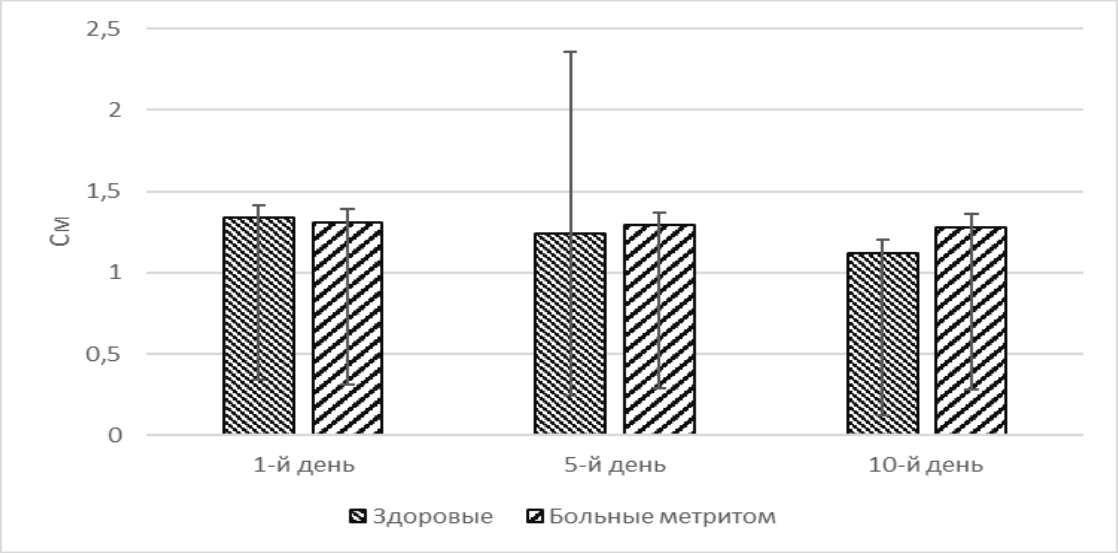


Рисунок 4 – Тенденция уменьшения размеров и плотности маточных рогов

Заключение. В ходе исследования установлено, что у здоровых коров в послеродовом периоде нормальная длина карункулов составляла в среднем 3,67 ± 0,41 мм на первый день после отёла и 2,13 ± 0,33 мм на десятый день. У коров, перенёсших метрит, аналогичные значения оказались выше – 4,17 ± 0,34 мм и 3,84 ± 0,31 мм соответственно для первого и десятого дня. Полученные результаты показали статистически значимые различия между этими группами животных ($p < 0,01$). При этом ширина карункулов существенных изменений не претерпевала. Выяснилось, что у коров с метритом происходит заметное сокращение размеров матки за короткий промежуток времени.

Список использованной литературы

1. Анализ результатов ультрасонографических исследований при диагностике инфекционного метрита у коров / Г. М. Фирсов, И. И. Калюжный, А. А. Ряднов [и др.] // Аграрная Россия. – 2024. – № 12. – С. 3-5.

2. Скориков В. Н. Распространение, формы клинического проявления и особенности течения послеродового метрита у высокопродуктивных коров разных пород // Генетика и разведение животных. 2023. № 4. С. 64-68.

3. Firsov G., Ryadnov A., Morozova Z., et al. Antibiotic therapy of metritis in Holstein cows in Volgograd region / BIO Web of Conf. 2024. V. 118. 01021.

4. Yáñez U. et al. Assessment of luteal function using rectal palpation, B-mode ultrasonography, and progesterone determination to improve recipient selection in embryo transfer programs // Animals. 2023. Vol. 13. No 18. 2865.

5. Yáñez U. et al. Comparison between transrectal palpation, B-mode and Doppler ultrasonography to assess luteal function in Holstein cattle // Frontiers in Veterinary Science. 2023. Vol. 10. 1162589.

6. Yáñez U. et al. Relationship between postpartum metabolic status and subclinical endometritis in dairy cattle // Animals. 2022. Vol. 12. No 3. P. 242.

УДК 619:611.12

АНАТОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФИБРОЗНОГО СКЕЛЕТА СЕРДЦА КОРОВЫ

Гришина Е. Ю., *канд. с.-х. наук, доцент*
Романчук Е. В., *канд. м. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрены анатомические параметры морфометрического строения фиброзного скелета сердца коровы, описывает анатомические особенности, являющиеся нормой для данного вида животного и пути развития патологических состояний при различных отклонениях от физиологической нормы.

Ключевые слова: *сердце коровы, фиброзный скелет сердца, сердечные косточки, миокард, проводящая система сердца*.

Фиброзный скелет сердца крупного рогатого скота (коровы) – это прочная, но эластичная основа, к которой крепятся мышечные волокна предсердий и желудочков, а также створки клапанов. Изучение проводилось на препарате сердца коровы, подготовленном по общепринятым методикам с измерением морфологических структур при помощи штангециркуля с погрешностью 0,2 мм и измерение массы на электронных весах с погрешностью 0,1 г.

Фиброзный скелет выполняет несколько ключевых функций:

- служит жестким каркасом для сердечной мышцы;
- изолирующую: разделяет мышечную массу предсердий и желудочков, что позволяет им сокращаться поочередно;
- клапанную: образует кольца для фиксации створчатых клапанов;
- проводящую: в области фиброзного треугольника проходит важнейшая часть проводящей системы сердца – атриовентрикулярный пучок (пучок Гиса).

Основные компоненты фиброзного скелета сердца коровы:

Он состоит из плотной волокнистой соединительной ткани и включает следующие структуры:

Правое и левое фиброзные кольца (Anulus fibrosus).

Окружают основания створчатых клапанов, предотвращая их чрезмерное растяжение. Правое фиброзное кольцо – вокруг правого атриовентрикулярного (трехстворчатого) клапана. Левое фиброзное кольцо – вокруг левого атриовентрикулярного (двухстворчатого, митрального) клапана. Обычно более мощное, чем правое, из-за высокого давления в левом желудочке.

Правый и левый фиброзные треугольники (Trigonum fibrosum).

Это самые плотные, почти хрящевые структуры фиброзного скелета. Расположены между фиброзными кольцами атриовентрикулярных клапанов и основанием аорты. Левый фиброзный треугольник

– особенно мощный, является центральным укрепляющим узлом. Именно через него (а точнее, через прилегающую перепончатую часть межжелудочковой перегородки) проходит пучок Гиса.

Фиброзное кольцо аорты (Anulus fibrosus aortae).

Окружает основание аорты и служит точкой прикрепления для трех полулунных клапанов аорты. Связано с фиброзными треугольниками и кольцами атриовентрикулярных клапанов.

Фиброзное кольцо легочного ствола (Anulus fibrosus trunci pulmonalis) Окружает основание легочного ствола. Расположено отдельно от основной массы фиброзного скелета, соединяясь с ним через общую соединительнотканную основу.

Перепончатая часть межжелудочковой перегородки (Pars membranacea septi interventricularis).

Небольшой, но критически важный участок фиброзной ткани в верхней части межжелудочковой перегородки. Расположена сразу под правой и некоронарной створками аортального клапана.

Ключевая анатомическая деталь: через эту перепончатую часть проходит ножка пучка Гиса, которая затем делится на правую и левую ножки, идущие к желудочкам.

Сухожильные нити (Chordae tendineae) и сосочковые мышцы (Mm. Papillares).

Хотя формально это не часть фиброзного скелета, они функционально с ним связаны. Сухожильные нити отходят от сосочковых мышц желудочков и прикрепляются к свободным краям створок клапанов, не давая им выворачиваться в предсердия во время систолы желудочков.

Особенности у коровы (по сравнению, например, с лошадью или собакой):

Физиологическая гиперпролиферация: у жвачных животных, испытывающих значительные нагрузки на сердце (особенно у высокопродуктивных молочных коров), фиброзный скелет, особенно левый фиброзный треугольник и кольцо, развит очень хорошо.

Оссификации (окостенения): у коров, особенно с возрастом, в фиброзном скелете (чаще всего в левом фиброзном треугольнике и кольце аорты) часто встречаются очаги оссификации–замещения соединительной ткани костной. Это считается нормальным возрастным изменением, а не патологией. Эти костные островки могут быть видны на рентгенограмме.

Клапаны: правый атриовентрикулярный клапан у коровы имеет три створки (как и у большинства млекопитающих), но их форма и распределение сухожильных хорд имеют свои видовые особенности.

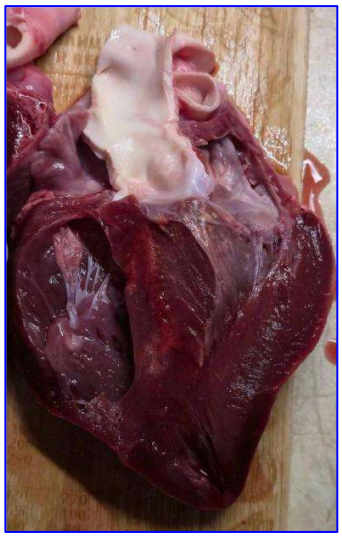


Рисунок 1 – Сердце коровы распил миокарда



Рисунок 2 – Сердце коровы сагиттальный разрез

Сердце коровы – четырёхкамерный орган, обеспечивающий непрерывный ток крови по сосудам. Оно расположено в средостении грудной полости между 3-м и 6-м рёбрами, преимущественно с левой стороны. Изучаемое нами сердце – по форме эллипсоидное, суженное к верхушке. Длина – 210 мм, ширина – 131 мм, масса: 2042 г, цвет: красно-коричневый. Строение стенок сердца (рис. 1-2). Эндокард – внутренняя оболочка, выстилающая полости сердца. Состоит из четырёх слоёв, включая эндотелий и мышечно-эластический слой. Миокард – мышечная оболочка. В предсердиях имеет два слоя (наружный поперечный и внутренний продольный), в желудочках – пять слоёв мышечных волокон. Эпикард – наружная серозная оболочка, являющаяся висцеральным листком перикарда.

Камеры сердца. Сердце разделено на две половины (правую венозную и левую артериальную) межпредсердной и межжелудочковой перегородками. Каждая половина включает предсердие и желудочек.

Правое предсердие – принимает кровь из краниальной и каудальной полых вен. Имеет венозный синус (sinus venosus) в месте впадения краниальной полой вены.

Левое предсердие – получает кровь из лёгочных вен (5-7 штук).

Правый желудочек – выбрасывает кровь в лёгочный ствол. Имеет большую септомаргинальную трабекулу и сосцевидные мышцы, от которых отходят сухожильные струны, крепящиеся к трёхстворчатому клапану.

Левый желудочек – выталкивает кровь в аорту. Стенки в 2 раза толще, чем у правого желудочка. Содержит септомаргинальную трабекулу и сосцевидные мышцы, связанные с двустворчатым (митральным) клапаном. Клапанный аппарат. Обеспечивает однонаправленный ток крови: трёхстворчатый клапан (правый атриовентрикулярный) –

закрывает отверстие между правым предсердием и желудочком. Прикреплён к сухожильным струнам, которые крепятся к сосцевидным мышцам. Двустворчатый клапан (левый атриовентрикулярный, митральный) – закрывает отверстие между левым предсердием и желудочком. Полулунные клапаны – расположены в устьях аорты и лёгочного ствола, предотвращают обратный ток крови. У взрослых коров в глубоком слое сердца расположены правая и левая сердечные кости.

Ушки предсердий: мешочковидные выпячивания на предсердиях, охватывающие лёгочную артерию и аорту. Имеют полулунную форму и изрезанный свободный край.

Сердце коровы работает как насос, поддерживая кровообращение в большом и малом кругах. Его строение адаптировано к физиологическим потребностям крупного рогатого скота, включая развитый миокард левого желудочка для обеспечения системного кровотока. Мы обнаружили хорошо развитые косточки, форма и топография которых представлены в таблице 1. Их размер, форма и количество могут варьировать, но есть типичная картина.

Таблица 1 – Сравнительный размер крупных косточек

Топографическое название	Длина	Ширина	Форма	Расположение
Левая сердечная косточка (Os cordis sinistrum)	21 ± 0,2 мм	16 ± 0,2 мм	Треугольная, уплощенная	левый фиброзный треугольник
Правая сердечная косточка (Os cordis dextrum)	15 ± 0,2 мм	9 ± 0,2мм	Овальная, вытянутая	в области правого фиброзного треугольника

Были обнаружены дополнительные зоны окостенения в фиброзном кольце аорты (Anulus fibrosus aortae): были мелкие островки и дугообразные пластинки вокруг основания аорты. В основаниях створок аортального клапана небольшие узелки фиброзные утолщения.

Возрастная динамика фиброзного скелета. У молодняка фиброзный скелет полностью хрящевой или фиброзный. Оссификация начинается с возрастом. Взрослые животные (старше 4-5 лет): Кости уже хорошо сформированы и легко обнаруживаются при вскрытии. Старые животные: Кости могут быть еще крупнее и плотнее, возможно сращение левой косточки с костными островками аортального кольца.

В сравнительном аспекте·КРС имеет наиболее выраженные и постоянные сердечные косточки среди домашних животных. Овцы/козы также имеют сердечные косточки, но они обычно меньшего размера. У свиней оссификация встречается реже и менее выражена. У лошадей сердечные косточки отсутствуют (фиброзный скелет остается хрящевато-фиброзным на протяжении всей жизни). Собаки и кошки, как правило, не имеют истинных сердечных косточек, хотя у очень старых собак могут быть микроскопические очаги кальцификации [2-4].

Для ветеринарного патолога обнаружение этих косточек – показатель взрослого или старого возраста животного, а не патология. При проведении УЗИ сердца у коров эти плотные структуры дают гиперэхогенный сигнал (ярко-белые) с акустической тенью [1, 5, 6]. Врач должен уметь отличать их от патологических кальцинатов (например, при эндокардите). Левая сердечная косточка находится в непосредственной близости от перепончатой части межжелудочковой перегородки, через которую проходит пучок Гиса проводящей системы сердца – это важно для понимания топографии. При исследовании клапанов (особенно аортального) необходимо аккуратно работать скальпелем в этой области, так как можно упереться в кость.

Таким образом, фиброзный скелет сердца коровы – это не просто пассивный каркас, а динамичная и функционально интегрированная структура, имеющая свои видовые особенности (нормальная оссификация), критически важная для работы клапанов и проводящей системы сердца.

Список использованной литературы

1. Потапова П. Ю., Жуков В. М. Органопатология сердца коровы Интернаука. 2021. № 44-3 (220). С. 42-44.

2. Сравнительная анатомия домашних и промысловых животных: лабораторный практикум / Е. В. Романчук [и др.]. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. 80 с. https://znanium.com/catalog/product/1289030

3. Романчук Е. В., Ряднов А. А. Анатомическое строение зубов домашних животных: метод. указания. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. 20 с.

4. Романчук Е. В. Анатомия. Раздел "Остеология": метод. указания по организации самост. работы студентов. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2018. 16 с.

5. Тайгузин Р. Ш. Возрастные особенности топографии и морфометрии атриовентрикулярного узла сердца коровы // Актуальные проблемы и приоритетные направления развития современной ветеринарной медицины и биотехнологий: материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Оренбург, 2025. С. 85-87.

6. Тайгузин Р. Ш. Особенности электронно-микроскопического строения сосковых мышц сердца коровы // Актуальные проблемы и приоритетные направления развития современной ветеринарной медицины и биотехнологий: материалы национальной научно-практической конференции с международным участием. Оренбург, 2025. С. 97-98.

УДК 619:576.89+636.5

GEKKON FARMER В БОРЬБЕ С ЭКТОПАРАЗИТАМИ КУР

Земскова Н. Е., *д-р биол. наук, доцент*
Мещеряков А. Г., *д-р биол. наук, профессор*

ФГБОУ ВО Самарский ГАУ
г. Самара, Россия

Аннотация. Оценено влияние препарата Gekkon farmer на эктопаразитов кур, представляющих популяцию пухо-переодов. Применение Gekkon farmer оказало выраженное положительное влияние на процесс деконтаминации кур от эк-

топаразитов, демонстрируя выраженный 100 %-й эффект, достигнутый после двукратной экспозиции и установленный на 21-й день контрольного осмотра особей, что позволило рекомендовать его применение на птицеводческих предприятиях, двукратно, в количестве 10-15 г/гол., через каждые 7 дней.

Ключевые слова: *куры, пухо-пероед,* Gekkon farmer.

За последние годы современные кроссы птиц характеризуются высокими показателями продуктивности благодаря своему генетическому потенциалу, что существенно повышает уровень достижений птицеводства. Тем не менее, важно учитывать, что успех птицеводства зависит не только от генетики, но и от правильного подхода к организации условий содержания поголовья [3].

Отсутствие регулярных санитарно-дезинфицирующих мероприятий, повышенная влажность помещений, интенсивный метаболизм, особенно в период активной яйценоскости, создает условия для размножения на кожном покрове птиц пухоедов (пухо-пероедов).

Для предотвращения контаминации эктопаразитами, рекомендуется проводить регулярные профилактические мероприятия и поддерживать необходимые зоогигиенические условия содержания птиц. Регулярный осмотр особей позволяет своевременно выявлять проблемы и принимать меры по их устранению [5].

Цель работы заключается в оценке влияния препарата Gekkon farmer на эктопаразитов кур, представляющих популяцию пухопероедов.

Задачи:

1. Провести осмотр птиц на предмет выявления контаминации пухо-пероедом.

2. Провести сравнительный анализ обработки кур общепринятым и экспериментальным методами.

Материал и методы. Исследование проводилось с июня по сентябрь, в КФХ Кинельского и Красноярского районов Самарской области, при напольном содержании кур-несушек, принадлежащих к русской белой, кучинской юбилейной, красной белохвостой, леггорн и московской черной породам.

Для опыта, по принципу пар-аналогов, были сформированы четыре группы птиц – по 15 голов в каждой. В контрольной группе использовали зольно-песчанную ванну, к которой птицы имели неограниченный доступ, в то время как опытную группу обрабатывали опудриванием исследуемым препаратом, приподнимая перьевой покров и стараясь попадать непосредственно на кожу. Расход препарата на обработку одной особи составлял около 10-15 г порошка (рис. 1).

Содержание всех животных осуществлялось в соответствии с нормативными требованиями Приказа Минсельхоза № 188 от 25.03.2025 г [4].



Рисунок 1 – Препарат для борьбы с пухоедом, расфасован по 60,0 г

Сбор пухоедов проводился индивидуально с каждой птицы, путем счёса на белый бумажный лист, после чего производился их количественный учёт. Интенсивность поражения птиц оценивали, согласно условной шкале «Оценка степени заражённости птичьими эктопаразитами»:

- единичные случаи – менее 10 экземпляров;
- низкая степень – от 10 до 30 экземпляров;
- средняя интенсивность – от 30 до 100 экземпляров;
- высокая концентрация – от 100 до 500 экземпляров;
- очень высокая концентрация – более 500 экземпляров.

Видовую идентификацию эктопаразитов выполняли методом микроскопического исследования собранного материала, руководствуясь классификациями пухоедов, предложенными Д. И. Благовещенским [1].

Для оценки эффективности обработки птиц от пухоеда, каждые 7 дней производился визуальный осмотр птицы, после чего проводился подсчет экземпляров эктопаразита, с определением уровня зараженности. Статистический анализ полученных данных осуществлялся посредством программного обеспечения Microsoft Excel, применяя методы однофакторного дисперсионного анализа и критерия Стьюдента.

Результаты исследований и их обсуждение.

Исследования показали наличие одного вида эктопаразитов у кур, принадлежащих классу: насекомые *(Insecta*), отряду – пухоеды (*Mallophaga*), подотряду – настоящие пухоеды (*Amblycera*), семейству – пухоеды (*Menoponidae*), виду – пухоед куриный (*Menopon gallinae*). Этот вид эктопаразитов был распространен по всему телу, предпочитая область под крыльями, грудь, клоаку и бедра (рис. 1).





Рисунок 1 – *Menopon gallinae*

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что у всех 60 исследованных особей птиц выявлены случаи моноинвазии эктопаразитами *Menopon gallinae* (табл. 1).

Таблица 1 – Зараженность кур *Menopon gallinae* в условиях КФХ

Вид паразита	Количество обследованных птиц, гол.	Количество зараженных птиц, гол.	Диапазон интенсивности заражения, min-max, экз.	ИИ, экз.
Menopon gallinae	60	60	6-65	30,3

Интенсивность заражения указанным видом колебалась в диапазоне от 6 до 65 экземпляров, при среднем значении интенсивности инвазии (ИИ) 30,3 экземпляра.

Одной из целей нашего исследования являлось определение уровня заражения кур эктопаразитами в зависимости от породы (табл. 2).

Таблица 2 – Зараженность кур *Menopon gallinae*, в зависимости от породного состава в условиях КФХ

№ п/п	Порода кур	Количество обследованных особей, гол.	Количество зараженных особей, гол.	Диапазон интенсивности заражения, min-max, экз.	ИИ, экз
1	Русская белая	10	10	6-11	9,7
2	Кучинская юбилейная	22	22	22-58	54,3
3	Красная белохвостая	12	12	45-65	57,0
4	Леггорн	8	8	15-25	19,6
5	Московская черная	8	8	8-12	10,8
Итого					30,3

Итак, ввиду того, что направление деятельности исследуемых КФХ – агротуризм, и куры предприятий не являлись основным видом демонстрируемых животных, их породное и численное разнообразие невысоко. Однако это не помешало составить «картину» интенсивности инвазии.

Так, из пяти пород, наибольшая зараженность отмечена у двух – красной белохвостой (ИИ 57,0) и кучинской юбилейной (ИИ 54,3). Обе породы имеют желто-коричневое оперение, но у первой – белый хвост, а у второй – черный. Наименьшая контаминация эктопаразитом выявлена у русской белой (ИИ 9,7) и московской черной пород (ИИ 10,8), промежуточное положение занимала порода леггорн (ИИ 19,6).

Помимо сбора и учета куриных клещей с живых и мертвых птиц, мы оценивали уровень загрязнения окружающей среды объектов птичника, путем анализа соскобов с пола, стен, насестов и кормушек. Количество клещей в одной пробе варьировалось от 15 до 43 экземпляров.

В связи с тем, что наше исследование было направлено на испытание эффективности препарата Gekkon farmer, на основе аморфного диоксида кремния, после полного излечения – на что потребовалось две обработки – продолжения экспозиций не проводилось.

После проведения обработок, была установлена эффективность лечения, составляющая в опытной группе 100,0 %, в контрольной – 73,3 %, или на 26,7 процентных пункта (п. п.) ниже, чем в опытной.

То есть, применение препарата Gekkon farmer, на основе аморфного диоксида кремния, для лечения маллофагоза является эффективным, что объясняется его аморфной (без кристаллической решетки) структурой, иссушаюшими и дезинфицирующими свойствами, вызывающими гибель Menopon gallinae. После проведения лечебных мероприятий были получены следующие результаты (табл. 3).

Таблица 3 – Эффективность обработки кур от Menopon gallinae

Показатель	Группы	
	контрольная	опытная
Препарат	зольно-песчаная ванна	аморфный диоксид кремния
Количество птиц, гол.	30	30
Количество обработок, экс.	2	2
Количество полного выздоровления птицы после первой обработки, гол.	0	0
Количество полного выздоровления птицы после второй обработки, гол.	22 ± 2	30
Эффективность лечения, %	73,3	100,0

Аморфная структура порошка способствует обильному распределению препарата на поверхности кожи животного, не оставляя необработанных участков, что вызывает гибель насекомых, вследствие нарушения целостности защитного липидно-воскового покрытия их тела, которое предотвращает потерю влаги. Под воздействием тонко измельчённых частиц этот барьер становится подобием пористого материала, способствующего быстрому испарению воды из организма насекомого. Этот процесс приводит к гибели вредителей от обезвоживания. Именно такой механизм лежит в основе действия аморфного диоксида кремния: будучи безопасным для человека, домашних животных и окружающей среды – поскольку применяется в фармацевтике, в качестве опудривающего вещества [2] – препарат эффективно уничтожает насекомых, путём лишения их способности удерживать влагу.

Сорбирующие свойства препарата создают дезинфицирующий эффект, поглощая излишки кожных выделений птицы, что создает неблагоприятную среду для размножения пухоедов.

Таким образом, в настоящее время завершается разработка порошковой формы препарата, позволяющего проводить обработку птиц без использования средств индивидуальной защиты, в присутствии людей и животных.

Выводы. На основании проведенного исследования установлено, что применение Gekkon farmer для обработки птиц от пухоеда, в дозировке 10-15 г на одну особь, оказывает выраженное положительное влияние на процесс деконтаминации кур от эктопаразитов, демонстрируя выраженный 100 %-й эффект, достигнутый после двукратной экспозиции и установленный на 21-й день контрольного осмотра контаминированных особей, что позволило рекомендовать его применение на птицеводческих предприятиях, двукратно, в количестве 10-15 г/гол., через каждые 7 дней.

Список использованной литературы

1. Благовещенский Д. И. Определитель насекомых Европейской части СССР. М.-Л.: Наука, 1964. Т. 1. С. 309-323.

2. Исследование российского рынка аморфного диоксида кремния: популярность нового продукта быстро растет. https://dzen.ru/a/XV55KtTwegCtADGe?ysclid=mfwxhulx24243897180

3. Кох М. Н. Влияние сухого заменителя обезжиренного молока на физиолого-биохимические показатели кур-несушек кросса «Декалб» // Животноводство и ветеринарная медицина. 2024. № 3. С. 12.

4. Приказ Минсельхоза РФ. https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=494249&ysclid=mfcywrvpq738300231

5. Штеле А. Л. Повышение яйценоскости у высокопродуктивных кур и проблема ее раннего прогнозирования // С.-х. биол., Сельхозбиология. 2014. № 6. С. 26.

УДК 636.3.08+637.5’63

ВЛИЯНИЕ БИОГЕННОГО СТИМУЛЯТОРА НУКЛЕОПЕПТИДА НА ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ БАРАНИНЫ

[1]Нистратова М. В., *старший преподаватель*
[1]Злепкин Д. А., *д-р биол. наук, профессор*
[2]Дускалиев А. Г., *главный ветеринарный врач*

[1]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
[2]СПК «Ронашковский»
г. Волгоград, Россия

В последние десятилетия вопросы качеств и безопасности продуктов питания приобретают особую значимость в связи с ростом потребительского спроса на экологически чистые и безопасные продукты [1, 2]. Мясо остается важнейшей частью рациона человека, являясь основным источником полноценного животного белка, незаменимых аминокислот, витаминов и макроэлементов [3]. Среди различных видов мяса баранина выделяется своей высокой питательной ценностью и уникальными органолептическими характеристиками. Однако, как и любое другое мясное сырьё, баранина подвержена влиянию экологических и технологических факторов, что может сказываться на её безопасности и качестве [4]. Одним из наиболее актуальных аспектов, влияющих на безопасность мяса, является загрязнение тяжёлыми металлами [5, 6]. Тяжёлые металлы, такие как свинец, кадмий, мышьяк, способны накапливаться в тканях животных при их выращивании в неблагоприятных условиях или при несоблюдении норм кормления [7, 8]. Высокие концентрации этих элементов могут представлять серьёзную угрозу для здоровья человека, вызывая токсическое воздействие и различные заболевания при длительном потреблении загрязнённой продукции [9]. В связи с этим контроль содержания тяжёлых металлов в мясе остаётся важным направлением научных исследований в области пищевой безопасности.

В работе основное внимание уделено изучению баранины, полученного от животных, к которым применяли биогенный стимулятор **Нуклеопептид**. Действие стимулятора направлено на улучшение обменных процессов, повышение иммунитета и снижение риска накопления токсичных веществ в тканях животных. Однако исследования, посвящённые влиянию данной добавки на содержание тяжёлых металлов в баранине и показатели безопасности конечного продукта из этого сырья, остаются ограниченными, что и определяет актуальность данной работы.

Цель работы – оценка качества баранины, полученного от животных, при выращивании которых применялся биогенный стимулятор Нуклеопептид.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный опыт проводится в СПК Племзавод "Ромашковский" Палласовского района Волгоградской области на баранчиках волгоградской породы, из которых в возрасте четырех месяцев сформировали 3 группы: контрольную и две опытные. В каждую группу включили по 25 голов. Животных в группы подбирали по принципу пар-аналогов. При постановке на опыт баранчики контрольной группы имели живую массу – 28,8 кг, I опытной – 28,7 и II опытной группы – 28,8 кг.

Животным контрольной группы препарат не вводили.

Животным I опытной группы вводили Нуклеопептид подкожно в дозе 0,10 мл/кг живой массы подкожно 4-х кратно с интервалом 15 суток, II опытной – в дозе 0,20 мл/кг живой массы подкожно, 4-х кратно с интервалом 15 суток.

По завершении периода откорма (в 8 месяцев) провели забой, после которого отобрали пробы мяса для последующего лабораторного анализа.

Анализируемые пробы мяса исследовали в лаборатории кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология» ФГБОУ Волгоградский ГАУ, комплексная аналитическая лаборатория ГНУ НИИММП. Определение содержания тяжёлых металлов в исследуемых образцах выполняли по следующим методикам: *свинец и кадмий* – методом атомно-абсорбционной спектрометрии (ААС) с пламенной атомизацией по ГОСТ 30178-96; *мышьяк* – методом атомно-абсорбционной спектрометрии с гибридной генерацией (гидридный метод) по ГОСТ Р 51766-2001.

Результаты и обсуждение. Исследования безопасности мяса проводится согласно действующим государственным стандартам и нормативным документам СанПиНов, что является одним из основных факторов, определяющих здоровье нации.

Физико-химические показатели являются одними из важных показателей оценки свежести мяса. Определение их производится с целью обнаружения в мясе промежуточных продуктов распада белков и жира, которые можно обнаружить до проявления органолептических изменений в мясе (табл. 1).

Таблица 1 – Физико-химические показатели баранины

Показатель	Группа животных		
	контрольная	I опытная	II опытная
Амино-аммиачный азот (мг NaOH)	1,0 ± 0,02	0,87 ± 0,01	0,90 ± 0,01
Бензидиновая проба	Положит.	Положит.	Положит.
Летучие жирные кислоты (мг KOH)	3,33 ± 0,03	3,18 ± 0,03	3,25 ± 0,03
Продукты первичного распада белков	Отриц.	Отриц.	Отриц.
Реакция с сернокислой медью	Отриц. экстракт прозрачный	Отриц. экстракт прозрачный	Отриц. экстракт прозрачный
pH	5,98 ± 1,41	5,96 ± 1,22	5,90 ± 1,02

При исследовании физико-химических показателей установили, что pH мышечной ткани во всех группах была в пределах 5,90-5,98. Определение амино-амиачного азота в мг/10 мл вытяжки составляет от 0,85 мг до 1,0 мг, что является нормой. Бензидиновая проба во всех пробах приобрел синий цвет, переходящий в бурый, тем самым доказывает, что мясо свежее, от здоровых животных. Продукты первичного распада белков в мышечной ткани подопытных животных обнаружены не были. Определение количества летучих жирных кислот в мг/10 мл варьирует от 3,18 мг до 3,33 мг. Реакция с сернокислой медью в бульоне, все пробы прозрачные, не имеют хлопьев и мутноватости.

Тяжёлые металлы и их соединения могут оказывать вредное воздействие на организм человека, способны накапливаться в тканях, вызывая ряд заболеваний. Не имеющие полезной роли в биологических процессах металлы, такие как свинец, определяются как токсичные металлы (табл. 2).

Таблица 2 – Концентрации тяжелых металлов в баранине

Токсичные элементы, мг/кг	Группы животных			Допустимые уровни, мг/кг, не более
	контрольная	I опытная	II опытная	
Pb	0,14 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,10 ± 0,02*	0,5
Cd	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,05
As	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,1 ± 0,01

Содержание солей кадмия и свинца в мясе контрольной и опытных групп находилось в пределах 0,01 ± 0,01 0,03 ± 0,01 и 0,10 ± 0,02 0,14 ± 0,01 мг/кг, соответственно, что было существенно ниже нормативных значений, регламентированных СанПиН 2.3.2.1078-01.

Содержание мышьяка в обеих группах также оказалось 0,01 мг/кг.

Проведенные исследования физико-химических показателей баранины не оказывало отрицательного воздействия на качество мяса, а уровни тяжелых металлов в образцах баранины находятся в пределах допустимых норм, что подтверждает безопасность применения биогенного стимулятора **Нуклеопептида.**

Заключение. Установлено, что применение биогенного стимулятора **Нуклеопептид** для овец безопасно. Анализ показал, что концентрации мышьяка, свинца и кадмия в мышечной ткани как в опытных, так и в контрольной группах соответствовали установленным нормативным требованиям. Использование биогенного стимулятора **Нуклеопептида** не приводит к накоплению токсичных металлов в мясе и не оказывает отрицательного влияния на качество мяса.

Список использованной литературы

1. Гиро Т. М. Нутриентная адекватность и безопасность функциональной баранины, прижизненно обогащенной микроэлементами // Аграрный научный журнал. 2022. №.3. С. 60-62.

2. Жоголев В. А. Ветеринарно-санитарная экспертиза баранины при эхинококкозе и цистицеркозе тенуикольном // Мировая наука: новые векторы и ориентиры. 2022. С. 39-43.

3. Каширина Л. Г., Качина Е. Н. Ветеринарно-санитарная экспертиза баранины, полученной под влиянием наноразмерного порошка кобальта // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2021. Т. 13. №. 2. С. 28-35.

4. Петриченко С. П., Уханова С. Б. Ветеринарно-санитарная экспертиза баранины // Лучшая исследовательская статья 2023. 2023. С. 50-52.

5. Теребова С. В. Ветеринарно-санитарная оценка качества баранины при включении в рацион кормовой добавки «Левибио» // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2025. № 8 (221). С. 166-176.

6. Шарапатова М. М., Исаева К. С. Влияние многокомпонентных рассолов на качество мясных продуктов из баранины: обзор технологических решений и функциональных добавок // Вестник Алматинского технологического университета. 2025. Т. 147. № 1. С. 19-28.

УДК 636.4:611.7+591.471.441

МОРФОЛОГО-АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ НОСОВЫХ КОСТЕЙ ВСЕЯДНЫХ

Резяпкина Е. А., *ст. преподаватель*
Романчук Е. В., *канд. м. наук, доцент*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Рассмотрено анатомическое строение носовых костей всеядных на примере свиньи домашней породы крупная белая. Морфометрические измерения проводились на предварительно подготовленном черепе согласно общепринятым технологиям.

Ключевые слова: *череп свиньи, носовые кости всеядных, висцеральные кости, всеядные, морфологическое строение черепа.*

Строение носовых костей у всеядных животных, таких как свиньи, имеет ряд особенностей, связанных с их разнообразным рационом и образом жизни [4, 6]. Эти особенности включают адаптацию к поиску пищи, копке земли и использованию обоняния.

Свиньи – типичные представители всеядных животных. Их носовые кости и связанные структуры адаптированы к разнообразной деятельности: носовые кости имеют почти одинаковую ширину на всём протяжении, а передние концы сужены в тупую верхушку [1-3]. Участвуют в формировании носовой полости, которая играет ключевую роль в обонянии и предварительной обработке вдыхаемого воздуха (согревание, увлажнение).

Хоботная (хоботковая) кость: непарная кость, расположенная между телом резцовых и верхушкой носовых костей. Служит опорой для хоботка (пятачка), который помогает свиньям рыть землю и искать пищу.

Носовая полость: внутри разделена на четыре носовых хода, отвечающих за обоняние и дыхание.

Наружный нос – пятачок (Planum rostrale) – это специализированный орган, лишенный волос, с толстой, жесткой, но очень чувствительной кожей. Он богат нервными окончаниями и имеет характерные углубления. Дискообразная форма: идеально подходит для рыхления почвы.

Роговой слой: покрыт тонким слоем эпидермиса, устойчивым к механическим повреждениям.

Иннервация: обильно снабжен ветвями носо-небного нерва (n. nasopalatinus), что делает его мощным органом осязания.

Хрящевой остов носовых ходов.

Хрящи формируют жесткую, но подвижную основу для пятачка и поддерживают носовые полости. Они гораздо более развиты и сложны, чем у многих других млекопитающих.

Основные компоненты:

А) Хрящи перегородки и спинки:

Дорсальный носовой хрящ (Cartilago nasi dorsalis): пара пластинчатых хрящей, образующих спинку носа. Они продолжаются от носовых костей и поддерживают верхнюю часть пятачка.

Вентральный носовой хрящ (Cartilago nasi ventralis): более мощный парный хрящ, лежащий ниже дорсального. Он формирует боковые стенки и «каркас» для подвижной части пятачка.

Хрящ перегородки носа (Cartilago septi nasi): непарная пластина, разделяющая носовую полость на две половины. Она прочно срастается с сошником и решетчатой костью сзади, а спереди продолжается в область пятачка.

Б) Ключевые хрящи пятачка (наиболее характерные для свиньи):

Дисковый хрящ (Cartilago disci nasalis): центральный, непарный хрящ, лежащий в основе собственно диска пятачка. Он очень плотный и придает форму «лопате».

Краевые хрящи (Cartilagines marginales): окружают дисковый хрящ по периферии, придавая жесткость краям пятачка.

Клювовидный хрящ (Cartilago rostralis / coronoidea): парный, очень важный хрящ. Располагается вентрально (снизу) от диска и выступает вперед, как клюв или рычаг. Это главный рабочий орган при рытье. К нему крепятся мышцы (особенно мышца-подниматель пятачка – m. levator rostri), которые обеспечивают мощные ротационные и поднимающие движения.

В) Дополнительные хрящи:

Крыловые хрящи (Cartilagines alares): поддерживают ноздри (вход в нос).

Вспомогательные носовые хрящи (Cartilagines nasales accessoriae): мелкие хрящики, укрепляющие стенки носовых ходов.

Функциональные особенности в связи со строением.

Роющий аппарат: комбинация дискового и клювовидного хрящей создает систему рычагов. Мышцы, прикрепляющиеся к клювовидному хрящу, позволяют свинье с силой откидывать пятачок назад и вверх, вскрывая почву, как лопатой.

Жесткость и подвижность: хрящевой каркас одновременно прочный (чтобы противостоять нагрузке) и упруго-подвижный (чтобы амортизировать удары и позволять точные движения).

Защита: хрящи защищают внутренние носовые ходы и чувствительные обонятельные структуры от повреждений при рытье.

Обоняние: подвижный пятачок позволяет направлять ноздри к источнику запаха в почве. Свинья имеет чрезвычайно развитое обоняние и хрящи оберегают эту жизненно важную систему.

Носовые хрящи свиньи – это не просто каркас для носа, а высокоспециализированный биомеханический инструмент. Их сложное строение, особенно наличие мощного клювовидного хряща, напрямую связано с добычей пищи методом рытья и является блестящим примером эволюционной адаптации.

Связь с другими структурами:

Носовая полость сообщается с окружающей средой через ноздри, с горлом через хоаны, а с околоносовыми пазухами и конъюнктивальным мешком через слёзно-носовой канал [5].

Функциональная адаптация:

- сильные челюсти и острые зубы позволяют свиньям пережёвывать твёрдые корни и другие виды пищи;
- подвижный пятачок помогает в исследовании окружающей среды и поиске еды.

Сравнение с другими группами животных.

Носовые кости одинаковой ширины, передние концы сужены. Могут быть раздвоены (например, у крупного рогатого скота). Обычно узкие и заострены.

Обоняние. Высоко развито, используется для поиска пищи. Развито, но не так экстремально, как у всеядных. Менее развито, приоритет – зрение и слух.

Челюсти и зубы:

- сильные челюсти, острые зубы для разнообразной пищи;
- мощные жевательные зубы для перетирания растительной пищи;
- острые клыки и резцы для разрывания мяса.

Дополнительные особенности:

- околоносовые пазухи: у свиней, как и у многих млекопитающих, есть воздухоносные полости в костях черепа, сообщающиеся с носовыми ходами. Они облегчают вес черепа и участвуют в резонансе голоса;

- хоаны: внутренние отверстия, соединяющие носовую полость с глоткой. У всеядных они расположены так, чтобы обеспечивать эффективное дыхание при копке или поедании пищи.

Морфометрический размер измеряемых костей представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Морфометрический размер носовых костей (мм)

орально-аборальный размер медиального края	орально-аборальный размер латерального края	медиально-дистальный размер орального края	медиально-дистальный размер аборального края	размер латерально-медиального скоса
110 ± 0,2	160 ± 0,2	15 ± 0,2	20 ± 0,2	35 ± 0,2

У свиньи носовые кости очень длинные и узкие, что связано с развитием мощного хоботковидного рыла – главного инструмента для рытья земли.

Длина: составляют примерно 60-70 % длины лицевого черепа (от глазницы до кончика носовых костей). У взрослой крупной породы (например, крупной белой) общая длина парных носовых костей может достигать 15-20 см и более.

Форма и ширина: они имеют форму длинных желобоватых пластинок, которые:

- в передней трети: расширены и образуют лопатообразную структуру для поддержки диска рыла;

- в задних двух третях: сужаются и глубоко вклиниваются между лобными и верхнечелюстными костями.

Отношение к хрящам: задняя часть носовых костей сочленяется с хрящами носовой перегородки, а их передний конец служит опорой для хоботковой кости (os rostrale) – уникальной кости свиней, расположенной на самом кончике рыла.

Детальное строение.

1. Тело носовой кости (Corpus ossis nasalis):

- основная, самая длинная часть. Имеет форму желоба, который вместе с противоположной костью формирует крышу носовой полости;

- наружная поверхность шероховатая для прикрепления мышц рыла.

2. Носовой отросток (Processus nasalis): это передняя лопатообразная часть. Она сильно развита, уплощена и направлена вперед и немного вниз. Именно размеры этого отростка определяют ширину и форму «пятачка».

3. Лобный отросток (Processus frontalis): задняя часть кости, которая узким клином входит между лобной и верхнечелюстной костями, формируя прочную неподвижную основу для рыла.

Сравнение с другими животными.

Собака/Кошка: Носовые кости короткие, широкие спереди и сужаются кзади. Основная функция – просто крыша носовой полости.

Лошадь: Носовые кости также длинные, но более плоские и не образуют выраженной лопатообразной передней части, так как рыло не приспособлено для рытья.

Корова: Носовые кости относительно короткие и широкие, так как лицевой череп укорочен.

Функциональное значение размеров и формы.

1. Опорная функция: длинные и прочные кости служат основой для хрящевого остова рыла и хоботковой кости.

2. Защитная функция: образуют костный "футляр" для обонятельных раковин и решетчатого лабиринта – жизненно важных органов обоняния для свиньи.

3. Механика рытья: удлиненные кости место для прикрепления мощных мышц (особенно хоботковой мышцы), которые обеспечивают движение рыла. Лопатообразный передний край – это точка приложения силы при разрыхлении грунта.

Практическое значение.

Ветеринария: Знание анатомии важно при травмах головы, ринопластике, диагностике врожденных аномалий.

Зоотехния: Форма и длина лицевого черепа (включая носовые кости) являются породным признаком. У культурных пород они короче, чем у дикого кабана.

Патология: При некоторых нарушениях минерального обмена (остеодистрофия) может происходить деформация этих костей.

Строение носовых костей свиньи латеральные, оральные и аборальные проекции с трансверзальным распилом представлены на фотографиях (рис. 1-6).



Рисунок 1 – Череп свиньи дорсальная проекция



Рисунок 2 – Носовые кости свиньи, оральная часть



Рисунок 3 – Носовые кости свиньи латеральная проекция (вид слева)



Рисунок 4 – Носовые кости свиньи латеральная проекция (вид справа)



Рисунок 5 – Носовые пазухи свиньи



Рисунок 6 – Трансверзальный распил черепа свиньи

В заключение можно сказать, что строение носовых костей и связанных структур у всеядных животных отражает их адаптацию к разнообразному питанию и активному поиску пищи. У свиней эти особенности включают развитое обоняние, подвижный пятачок и сильные челюсти, что делает их успешными в различных экологических нишах. Особенность носовых костей не абсолютная длина, а уникальная форма: длинное желобоватое тело с выраженной лопатообразной передней частью. Эта форма является идеальной адаптацией для поддержки и работы мощного рыла – основного инструмента исследования и добычи пищи в природе.

Список использованной литературы

1. Бородина К. М., Рогочий С. З., Пирогова Е. А. Состояние черепа свиньи по данным краниометрии // Интегративные тенденции в медицине и образовании. 2018. Т. 1. С. 18-21.

2. Мурзак Д. С. Сравнительная характеристика костей лицевого отдела черепа дикого кабана и домашней свиньи // Материалы 77-й международной научной конференции молодых ученых и студентов СПбГУВМ, посвященной 80-летию прорыва блокады Ленинграда. 2023. С. 172-174.

3. Некрасов А. В., Шабунин Б. В., Курдюков А. А. Анатомические особенности строения скелета черепа свиней породы "венгерская мангалица" // Проблемы и пути развития ветеринарной и зоотехнической наук: материалы Международной научно-практической конференции обучающихся, аспирантов и молодых ученых. Саратов, 2021. С. 229-233.

4. Сравнительная анатомия домашних и промысловых животных: лабораторный практикум / Е. В. Романчук [и др.]. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. 80 с. https://znanium.com/catalog/product/1289030

5. Романчук Е. В., Ряднов А. А. Анатомическое строение зубов домашних животных: метод. указания. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. 20 с.

6. Романчук Е. В. Анатомия. Раздел "Остеология": метод. указания по организации самост. работы студентов. Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2018. 16 с.

УДК 591.471.432+636.1

СТРОЕНИЕ ПОДЪЯЗЫЧНОЙ КОСТИ ЛОШАДИ

Романчук Е. В., *канд. м. наук, доцент*
Резяпкина Е. А., *ст. преподаватель*

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия

Аннотация. Изучены особенности анатомического строения одной из лицевых костей черепа – подъязычной кости лошади донской породы, её морфометрические параметры, согласно особенностям строения и развития. Рассмотрен мышечный аппарат, осуществляющий крепление и движение кости.

Ключевые слова: *подъязычные кости лошади, лицевой череп лошади, стилогиоид, базигиоид, эпигиоид, кератогиоид, надподъязычные мышцы, подподъязычные мышцы.*

Подъязычная кость (os hyoideum) лошади имеет сложное строение и состоит из нескольких частей, которые обеспечивают подвижность языка, гортани и участвуют в процессах глотания и дыхания [1, 2, 6]. Изучение особенности строения проводилось на черепе, подготовленном по общепринятым методикам, донской породы лошади. Измерения проводили штангециркулем с погрешностью 0,2 мм.

Основные части подъязычной кости лошади.

Тело (basihyoideum или corpus hyoideum) – непарная часть, имеющая столбиковидную форму. От рострального (переднего) края тела отходит язычный отросток (processus lingualis), который у лошади длинный и сжат с боков.

Большие рога (cornu majus или thyrohyoideum) – парные отростки, отходящие каудально (назад) от концов тела. Они служат местом прикрепления гортани и у лошади соединены с телом костным соединением.

Малые рога (cornu minus или keratohyoideum) – парные короткие столбики, отходящие от дорсолатерального (заднебокового) края тела. К ним крепятся дистальные членики.

Членики:

Дистальный членик (epihyoideum) – у лошади имеет вид чечевицеобразной косточки, вклиненной между малыми рогами и средним члеником.

Средний членик (stylohyoideum) – самый значительный по длине, плоский. У каудального (заднего) конца имеет шилоподъязычный угол (angulus stylohyoideus).

Проксимальный членик (tympanohyoideum) – представлен хрящевым столбиком, который соединяется с шиловидным отростком барабанной части височной кости посредством синхондроза.

Особенности строения.

Язычный отросток у лошади длинный и плоский, что отличает его от строения у других животных (например, у крупного рогатого скота он короткий и утолщён на переднем конце).

Проксимальный и дистальный членики построены из хрящевой ткани.

Средний членик у лошади плоский, а его каудальный конец имеет шилоподъязычный угол.

Подъязычная кость лошади выполняет несколько важных функций: обеспечивает подвижность языка и участвует в процессах глотания. Связывает гортань с черепом, влияя на дыхательные функции. Через соединения с лопаткой, грудиной и передними конечностями влияет на баланс и движения животного [3-5].

Общие характеристики и размеры.

По типу строения: сегментированная (состоит из нескольких косточек, соединенных суставами и связками, что обеспечивает подвижность).

Общая длина (от конца больших рогов до тела): примерно 200 ± 0,2 мм у взрослой лошади. Расположена между ветвями нижней челюсти, тянется от затылочной кости до гортани.

Кость состоит из нескольких парных и непарных сегментов, соединенных суставами.

Тело (basihyoideum) – непарная часть.

Форма: поперечно вытянутый, массивный, желобоватый.

Размер: длина 50 ± 0,2 мм, ширина около 31 ± 0,2 мм.

Малые рога (keratohyoideum) – парные, отходят от тела.

Форма: короткие, толстые отростки.

Размер: длина 23 ± 0,2 мм. Соединяются с большими рогами.

3. Большие рога (thyrohyoideum) – парные, самые длинные части.

Форма: длинные, уплощенные, изогнутые пластинки.

Размер: длина около 126 ± 0,2 мм.

Функция: соединяются с щитовидным хрящом гортани, подвешивая ее.

Верхние рога (epihyoideum) – парные, расположены между малыми и большими рогами.

Форма: имеют форму коротких столбиков или пластинок.

Размер: длина около 39 ± 0,2 мм.

Язычный отросток (lingual process) – непарный.

Форма: тонкий, длинный, направленный вперед отросток.

Размер: длина около 62 ± 0,2 мм.

Функция: углубляется в корень языка, служит для прикрепления его мышц.

Функциональное значение размеров и строения заключается в том, что сегментированность позволяет кости амортизировать движения головы и шеи, участвовать в актах жевания, глотания и ржания. Длинные большие рога и прочное тело создают надежный «подвес» для гортани и глотки. Длинный язычный отросток обеспечивает прочное прикрепление мощных мышц языка лошади.

Клиническое значение. Знание анатомии подъязычной кости критически важно в ветеринарии, особенно при пальпации гортани оценка целостности и подвижности. Диагностике травм: Переломы (редко, но возможны при грубых манипуляциях с зондом или при ударах) могут вызывать сильную боль, дисфагию (нарушение глотания) и проблемы с дыханием. Хирургических вмешательствах например, при операциях на гортани (протезирование при параличе).

Части подъязычной кости соединяются между собой синхондрозами (хрящевыми соединениями), которые с возрастом могут окостеневать (превращаться в синостозы), а также суставами. Например, большие рога соединяются с гортанью щитовидно-подъязычным суставом.

Мышцы подъязычной кости. Надподъязычные мышцы (расположены выше подъязычной кости). Их основная функция – подтягивать подъязычную кость и основание языка вперед и вверх, что важно для глотания.

Шилоподъязычная мышца (M. stylohyoideus). Тянется от шиловидного отростка височной кости до тела подъязычной кости. У лошади она имеет уникальную особенность – пронизывает сухожилием двубрюшную мышцу, разделяя ее на два брюшка. Тянет подъязычную кость назад и вверх.

Двубрюшная мышца (M. digastricus). Состоит из двух мышечных брюшков (переднего и заднего), соединенных сухожилием, которое «продето» через сухожилие шилоподъязычной мышцы. Ключевая жевательная мышца. Опускает нижнюю челюсть, открывая рот. Ее работа хорошо видна при активном жевании.

Челюстно-подъязычная мышца (M. mylohyoideus). Расположена поверхностно, образуя мышечное дно ротовой полости между телами правой и левой нижних челюстей. Идет от внутренней поверхности

нижней челюсти к телу подъязычной кости и срединному шву. Поднимает дно ротовой полости и язык, прижимая их к твердому нёбу для проталкивания пищи назад во время глотания.

Подбородочно-подъязычная мышца (M. geniohyoideus). Лежит глубже челюстно-подъязычной. Тянется от подбородочной ости нижней челюсти к телу подъязычной кости. Тянет подъязычную кость и язык вперед (высовывание языка, захват пищи, воды). Также помогает опускать нижнюю челюсть.

Подъязычные мышцы (расположены ниже подъязычной кости). Их основная функция – опускать подъязычную кость и оттягивать гортань назад и вниз после глотания, что важно для дыхания.

Грудино-подъязычная мышца (M. sternohyoideus). Самая поверхностная и мощная. Идет от рукоятки грудины вдоль трахеи к телу подъязычной кости. Сильно опускает подъязычную кость и оттягивает язык назад в ротовую полость. Активна при глотании, рвоте, кашле.

Грудино-щитовидная мышца (M. sternothyroideus). Лежит глубже грудино-подъязычной, идет от грудины к щитовидному хрящу гортани. Тянет гортань назад и вниз после глотания, открывая дыхательные пути.

Щитоподъязычная мышца (M. thyrohyoideus). Короткая мышца, соединяющая щитовидный хрящ гортани с подъязычной костью. При фиксированной гортани опускает подъязычную кость, при фиксированной подъязычной кости поднимает гортань. Координирует их совместное движение.

Лопаточно-подъязычная мышца (M. omohyoideus). У лошади эта мышца отсутствует или рудиментарна.

Жевание и прием пищи: Слаженная работа двубрюшной, подбородочно-подъязычной и челюстно-подъязычной мышц позволяет лошади эффективно захватывать, пережевывать и формировать пищевой комок. Последовательное сокращение надподъязычных (подъем) и подподъязычных (опускание) мышц обеспечивает сложный акт глотания. Оттягивание гортани грудино-щитовидной мышцей важно для свободного прохождения воздуха. Знание анатомии этих мышц и расположения подъязычной кости необходимо для правильного и безопасного введения назогастрального зонда. Напряжение или болезненность в области подъязычных мышц может указывать на травмы, миозит или проблемы с зубами, затрудняющие жевание.

Мышцы подъязычной кости у лошади представляют собой сложную и высокоспециализированную систему, приспособленную для эффективного питания, дыхания и коммуникации. Отсутствие лопаточно-подъязычной мышцы является видовой особенностью.

В заключение можно сказать, что клиническое значение подъязычной кости велико, поскольку она связана со многими анатомическими образованиями расположенными в прилежащих областях и по-

ражение этой кости ведет к серьезным осложнениям. К ней крепятся мышцы, связки и мембраны, которые соединяют ее с гортанью (щитовидный хрящ) – через щитоподъязычную мембрану, с грудиной – через грудино-подъязычные мышцы, с черепом (височная кость) – через шилоподъязычные кости и связки, с языком – множество мышц языка берут начало от подъязычной кости, с глоткой – участвует в акте глотания. Таким образом, она является центральной опорой для гортани, языка и части глотки. Возможны следующие клинические проявления повреждения подъязычной кости.

Дисфагия (нарушение глотания). Повреждения, переломы или воспаления в области подъязычной кости (например, из-за травмы удилами, инородных тел или инфекций) приводят к болезненному и затрудненному глотанию (дисфагии). Лошадь может ронять корм, жевать с трудом, вытягивать голову, наблюдается слюнотечение, а в тяжелых случаях – аспирационная пневмония.

Дыхательные нарушения и храп. Подъязычный аппарат напрямую поддерживает и стабилизирует гортань. При его повреждениях или врожденной слабости (например, у некоторых пони) может происходить коллапс (спадение) дорсальной части глотки или смещение гортани. Это приводит к стридору (шумному дыханию), к "храпу" (рохору) – особенно заметно при нагрузке или определенном положении головы.

Переломы подъязычной кости чаще всего возникают от сильного удара (например, копытом другого животного, падения, неправильного использования зонда или эндоскопа). Перелом тела или ветвей вызывает сильную боль, отек, дисфагию и часто крепитацию (хруст) при пальпации.

Подъязычная кость и ее сочленения хорошо видны на боковых рентгенограммах шеи. Это основной метод диагностики переломов, вывихов и деформаций.

Подъязычная кость у лошади – это ключевой анатомический стабилизатор и интегратор функций глотания, дыхания и фиксации гортани. Любая ее патология немедленно сказывается на этих жизненно важных процессах, что делает ее объектом пристального внимания ветеринарных врачей при диагностике респираторных и алиментарных расстройств, а также при планировании хирургических вмешательств в области головы и шеи.

Список использованной литературы

1. Боев В. И., Ананьев Л. Ю., Елизарова Т. С. Лабораторный практикум по остеологии животных: учебное пособие для студентов. Москва, 2018. 208 с.

2. Днекешев А. К., Сеитов М. С. Особенности строения hyoideum (подъязычной кости) верблюда-бактриана // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 5 (109). С. 237-242.

3. Сравнительная анатомия домашних и промысловых животных: лабораторный практикум / Е. В. Романчук [и др.]. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2020. 80 с. https://znanium.com/catalog/product/1289030

4. Романчук Е. В., Ряднов А. А. Анатомическое строение зубов домашних животных: метод. указания. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. 20 с.

5. Романчук Е. В. Анатомия. Раздел "Остеология": метод. указания по организации самост. работы студентов. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2018. 16 с.

6. Шевченко Н. А., Сапожков Е. В., Курдюков А. А. Скелет головы домашних животных: учебное пособие. Воронеж, 2012.

УДК 619:618.14+619:616.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭХОСТРУКТУРЫ ЭНДОМЕТРИЯ И ШЕЙКИ МАТКИ У КОРОВ В ПЕРИОД ТЕРАПИИ И ПО ЕЁ ЗАВЕРШЕНИИ

[1]Фирсов Г. М., *канд. вет. наук, доцент*
[2]Калюжный И. И., *д-р вет. наук, профессор*
[1]Будтуев О. В., *канд. с.-х. наук, доцент*

[1]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия
[2]Саратовский государственный университет генетики биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова
г. Саратов, Россия

Аннотация. В 2024 году на территории Волгоградской области было организовано исследование, в рамках которого осмотрели 16 коров голштинской породы, ранее уже прошедших через 3-4 лактации. Для проведения ультразвуковой диагностики использовали переносное оборудование, оснащённое датчиком с рабочей частотой 5,0-7,5 МГц, благодаря чему удалось выявить или опровергнуть наличие патологических изменений в различных тканях и органах животных. Каждую корову обследовали трансректальным способом, акцентируя внимание на анализе маточных структур, отображённых на ультразвуковых изображениях как в продольной, так и в поперечной проекциях. Помимо этого, отдельно фиксировали характер визуализации рогов матки, особенно в местах изгибов оцениваемого органа.

Ключевые слова: *ультразвуковое исследование, коровы, голштинская порода КРС, матка коров, инфекционный метрит коров, полость матки.*

Когда корова становится родящей, начинается важный этап обратных изменений, который необходим для возможности последующего оплодотворения. Запуск этого процесса обеспечивается сокращениями мышц матки, которые изменяют не только структуру и характеристики эндометрия, но приводят также к заметному сокращению объема полости матки. У животных с нормальными родами уменьшение размеров матки происходит особенно быстро, главным образом в первые несколько суток после появления потомства [1-6].

Применение ультразвукового исследования (УЗИ) считается востребованной, эффективной и совершенно безболезненной диагностической процедурой, не представляющей опасности для пациента. Благодаря этому методу удаётся получать изображения внутренних органов и тканей, что позволяет ветеринару выявлять причины заболеваний и выбирать оптимальную лечебную схему [1, 3-6].

Ультразвуковая диагностика (УЗИ) считается распространённым и эффективным методом обследования, который отличается высокой безопасностью и не вызывает дискомфорта у пациента. Этот способ позволяет визуализировать внутренние органы и ткани, что помогает ветеринару определить причину болезни и подобрать оптимальный вариант терапии [2-4]. Для успешного проведения исследования корову фиксируют, чтобы ограничить её движения – это упрощает диагностику и способствует получению более точных данных [3-6].

УЗИ признано абсолютно безопасным, безболезненным и не сопровождается негативными побочными эффектами. Одной из ключевых сильных сторон этого метода является возможность детально оценивать степень атрофических изменений в тканях матки благодаря высокой диагностической точности ультразвука [1, 2].

Цель данного исследования – подтвердить или исключить наличие инфекционного метрита у коров, а также выявить другие патологии внутренних органов и тканей, которые можно распознать при помощи ультразвукового обследования.

Материал и методы. В 2024 году исследования осуществлялись на базе ООО «СП Донское», в Калачёвском районе Волгоградской области, на объекте «Держава», где в эксперименте приняли участие 16 коров голштинской породы с тремя-четырьмя отёлами.

Для оценки состояния матки использовался ультразвуковой аппарат Easi-Scan:Go (Великобритания), оснащённый прямым линейным ректальным датчиком с широкой полосой пропускания. Датчик вводили через прямую кишку позади шейки матки, располагая параллельно её оси, чтобы получить значения диаметра и толщины шейки. Примерно в 10 см от места разделения матки осуществляли замеры размеров маточного рога и толщины его стенки. С целью определения местоположения карункулов датчик наводили относительно матки. Для визуализации средних маточных артерий датчик разворачивали перпендикулярно их направлению с обеих сторон. В процессе исследования на мониторе отображались получаемые изображения, по которым проводились необходимые измерения для последующего анализа. Средний диаметр шейки матки (см) рассчитывали, как среднее значение между максимальной высотой и шириной. Во время ультразвукового обследования визуализация осуществлялась с помощью офтальмологических аппаратов, оснащённых парой окуляров. Для того

чтобы получить чёткое изображение, требуется правильно разместить все элементы оборудования. Переносимые приборы, которые фиксируются на теле пациента, рекомендуется крепить на стороне противоположной исследуемой зоне. При использовании бинокулярных очков важно проявлять особую осторожность, поскольку поле зрения медицинского работника при этом сужено. В случаях, когда в течение первых 21 дней после родов наблюдалось воспаление матки, данный процесс оценивали по признакам увеличения размеров органа и появлению характерных гнойно-гнилостных выделений из его полости, а также соответствующих выделений из влагалища. Если же воспалительная реакция развивалась позднее – спустя три недели после родов, диагноз ставили на основании обнаружения гнойно-слизистых масс или их отсутствия во влагалище, что подтверждалось данными ректального осмотра и результатами ультразвукового исследования.

Носимые устройства следует располагать на руке, противоположной той, где проводится сканирование. При использовании бинокулярных очков необходимо быть особо осторожным, так как они ограничивают обзор оператора. Для обнаружения воспалительного процесса матки, возникающего в течение первых трёх недель после родов, ориентировались на увеличение размеров органа, а также на появление зловонных гнойных выделений из его полости, сопровождающихся характерными выделениями из влагалища. Если признаки воспаления матки появлялись по прошествии 21 дня после родов, диагноз устанавливали при обнаружении гнойно-слизистых или гнойных масс во влагалище либо их отсутствии, что уточняли путем ректального осмотра и ультразвуковой диагностики.

Коров, подходящих по критериям отбора и принятых в исследование, начавшееся на третий день после отёла с возможным отклонением в два дня, обследовали с помощью ультразвука. Использовали портативный ультразвуковой аппарат с откалиброванным датчиком рабочей частоты 5,0-7,5 МГц. Для каждой коровы проводили трансректальное ультразвуковое исследование, включая подробный осмотр рогов матки, используя изображения, полученные как в поперечном, так и в продольном сечениях. Кроме того, выполняли фиксацию изображений рогов матки на участке большой кривизны органа. Для обработки и визуализации полученных данных применяли программное обеспечение SPSS Statistics версии 27.7.7.

Для избегания лишних движений животных, повышения точности диагностики и улучшения качества данных, коров фиксировали максимально надежно. Перед началом процедуры проводилось опорожнение кишечника для устранения факторов, способных исказить распространение ультразвуковых волн. При каждом взаимодействии с животными проводилась подробная клиническая оценка их общего

состояния и репродуктивной функции, что включало ректальное исследование в сочетании с ультразвуковым обследованием. Также тщательно отслеживалось наличие признаков, указывающих на метаболические нарушения или другие типичные болезни. В рамках работы у всех коров брались образцы крови и молока как в стартовый момент эксперимента, так и в течение всего периода наблюдения.

Результаты и их обсуждение. В результате обследования животных были выделены две группы: здоровые коровы и те, у которых был диагностирован метрит. У особей без признаков заболеваний наблюдались нормальные показатели сердечного ритма и дыхания, температурные параметры также соответствовали физиологической норме. Помимо этого, у них отмечались хорошее общее самочувствие, естественный цвет слизистых оболочек, полноценный аппетит и стандартный уровень продуктивности по удоям.

У коров, перенесших метрит, было замечено быстрое уменьшение видимых размеров матки, что подтверждается изменениями в размере обоих рогов матки, начиная с четвёртой недели после отёла, как ранее отмечалось [2]. Это может быть связано с используемыми критериями включения животных в исследование, которые подчеркивают важность промежуточного кормления для усиления иммунного ответа и улучшения обмена веществ у коров в послеродовом периоде [3, 4]. Кроме того, согласно информации Яньес У. и др. (Yáñez U. et al.) из Испании [5], хотя диагноз «метрит» обычно устанавливался примерно на двенадцатый день после отёла, заметных отклонений в темпах сокращения матки у заболевших по сравнению со здоровыми коровами выявлено не было.

Изменение диаметра маточной полости обеих ветвей соответствовало полиномиальной зависимости. Этот результат согласуется с данными авторов исследования [6], обнаруживших похожие закономерности динамики размеров рога и основания матки, а также диаметра цервикального канала у здоровых голштинских коров с третьего по сорок восьмой день лактационного периода. В рассматриваемые временные отрезки после отёла, анализируемые размеры составляли приблизительно 2,5 см.

Кривая, описывающая изменение диаметральной линии полости матки, подчинялась полиномиальному распределению для обеих её сторон. Такие выводы совпадают с данными, представленными в исследовании [6], в котором также была отмечена аналогичная изменчивость размеров маточных рогов, основания матки и диаметра цервикального канала у голштинских коров в течение послеродового периода – с 3-го по 48-й день лактации. В нашем исследовании полученные размеры соответствуют примерно 2,5 см в схожие сроки после отёла.

Помимо увеличения размера матки у животных с воспалением, нами также были обнаружены структуры с высокой эхогенностью в её полости. Эти результаты подчеркивают важность ультразвукового метода для диагностики послеродовых патологий репродуктивных органов у коров.

Заключение. Помимо увеличения размеров матки у коров с воспалительными процессами, мы обнаружили в полости данного органа высокоэхогенные структуры. Это наблюдение подчеркивает важность использования ультразвуковых методов в исследовании патологий репродуктивной системы, возникающих у коров после родов. Целесообразно рекомендовать внедрение данной технологии в ветеринарную практику, чтобы специалисты по крупному рогатому скоту могли применять её для диагностики подобных нарушений. Использование ультразвукового сканирования предоставляет возможность с большой вероятностью выявить атрофические изменения в тканях матки. Дальнейшее исследование включает оценку изменений матки на разных этапах инволюции и использование ультразвука для наблюдения за коровами с целью сравнения клинических результатов в период отёла и в течение первых 45 дней после него. Это позволяет обнаружить различия между животными, которые сталкивались с осложнениями во время отёла, такими как дистоция или задержка выхода последа, и теми, у кого этих проблем не возникало. Дополнительно рассматривается, есть ли связь между падением упитанности после отёла и риском появления метаболических нарушений, а также как такие изменения отражаются в ультразвуковых показателях, аналогичных исследованным в данной работе.

Список использованной литературы

1. Анализ результатов ультрасонографических исследований при диагностике инфекционного метрита у коров / Г. М. Фирсов, И. И. Калюжный, А. А. Ряднов [и др.] // Аграрная Россия. 2024. № 12. С. 3-5.

2. Скориков В. Н., Михалев В. И. Распространение, формы клинического проявления и особенности течения послеродового метрита у высокопродуктивных коров разных пород // Генетика и разведение животных. 2023. № 4. С. 64-68.

3. Firsov G., Ryadnov A., Morozova Z., et al. Antibiotic therapy of metritis in Holstein cows in Volgograd region // BIO Web of Conf. 2024. V. 118. 01021.

4. Yáñez U. et al. Assessment of luteal function using rectal palpation, B-mode ultrasonography, and progesterone determination to improve recipient selection in embryo transfer programs // Animals. 2023. Vol. 13. No 18. P. 2865.

5. Yáñez U. et al. Comparison between transrectal palpation, B-mode and Doppler ultrasonography to assess luteal function in Holstein cattle // Frontiers in Veterinary Science. 2023. Vol. 10. P. 1162589.

6. Yáñez U. et al. Relationship between postpartum metabolic status and subclinical endometritis in dairy cattle // Animals. 2022. Vol. 12. No 3. P. 242.

УДК 636.4.082.45

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИНХРОНИЗАЦИИ ПОЛОВОЙ ОХОТЫ У СВИНОМАТОК В ООО «ТОПАГРО» С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ВОСПРОИЗВОДСТВА

[1]Юдина К. С., *преподаватель*
[2]Клетикова Л. В., *д-р биол. наук, профессор*

[1]ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ»
г. Иваново, Россия

Аннотация. В настоящие время одной из главных задач эффективного развития свиноводческих хозяйств является контроль процесса размножения свиней. Это имеет огромное значение для определения объема и сроков производства свинины. Гормональная синхронизация половой охоты является важным инструментом управления воспроизводством в свиноводстве, где большинство животных получают путем искусственного осеменения. С целью рассмотрения и определения эффективности процедуры синхронизации течки, основанной на использовании гормональных препаратов у свиноматок для стимуляции развития фолликулов и индукции овуляции, нами был проведен производственный эксперимент на комплексе ООО «ТопАгро» в п. Самофаловка, Городищенского района, Волгоградской области. Установлено, что применение разработанного нами способа синхронизации половой охоты у свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса (Патент RU2814165C1 от 26.02.2024 г.) повысило процент оплодотворяемости в первой опытной группе на 11,4 % по сравнению со второй опытной группой. Первая группа также показала лучшие результаты по количеству полученных поросят – 12,1 ± 0,3 голов на опорос, во второй опытной группе – 10,8 ± 0,4 голов, что привело к достоверно более высокой массе гнезда при рождении – 11,8 ± 0,44 кг. Сохранность поросят в первой опытной группе была на уровне 94 %, в то время как во второй – 91 %.

Ключевые слова: *свиноводство, синхронизация половой охоты свиней, искусственное осеменение свиней, оплодотворение свиней, супоросность.*

Введение. Современные свинокомплексы сталкиваются с необходимостью совершенствования процессов воспроизводства, поскольку успешное введение свиноматок в производственные группы является основой высокой продуктивности [1, 3]. Хотя за последние два десятилетия были достигнуты впечатляющие результаты в области искусственного осеменения, дальнейший значительный прогресс затруднен [2, 4].

Для обеспечения устойчивого развития свиноводства необходимо оптимизировать программы искусственного осеменения [5]. Исследования направлены на сокращение расхода спермы на одну самку и улучшение практических аспектов управления на фермах, чтобы перевести существующие высокие показатели воспроизводства в более эффективную систему [7, 8]. Ключевым моментом для достижения

оптимального интервала между овуляцией и осеменением является точный контроль времени овуляции. Гормональная синхронизация течки выступает как стратегия управления, облегчающая формирование групп для осеменения [6].

Следовательно, разработка и усовершенствование распространенных программ синхронизации овуляции у свиноматок, позволяющих сократить трудозатраты и время, является важным фактором экономической эффективности.

Цель нашего исследования – разработать и внедрить эффективную гормональную программу синхронизации половой охоты свиноматок, направленной на увеличение коэффициента успешного осеменения в условиях предприятия ООО «ТопАгро».

Материалы и методы. В рамках достижения цели были осуществлены производственные опыты на базе ООО «ТопАгро», расположенного в п. Самофаловка Городищенского района Волгоградской области. В качестве объекта исследования выступали взрослые свиноматки породы Ландрас F1, массой 200-250 кг.

Для изучения эффективности различных подходов к синхронизации половой охоты у свиноматок после опороса, было сформировано две опытные группы, каждая из которых насчитывала 35 голов. В первой группе мы реализовали разработанный нами способ синхронизации половой охоты у свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса (Патент RU2814165C1 от 26.02.2024 г.). Программа синхронизации стартовала на 21-й день после опороса. Вначале свиноматкам внутримышечно вводили Утеротон в дозе 5 мл с целью профилактики послеродового скрытого эндометрита и метрита. На следующий день проводили внутримышечную инъекцию витамина Е-селена в дозе 5 мл. Если по истечении 12 дней после отъема поросят свиноматки не проявляли признаков охоты, им внутримышечно вводили 2 мл БАГ-Эстрофан. Свиноматок, у которых наблюдалась охота после введения БАГ-Эстрофана, подвергали искусственному внутриматочному осеменению. А свиноматкам, не демонстрирующим овуляцию через 9, дней утром инъецировали внутримышечно Фоллимаг (1000 МЕ). Через три дня после этого отбирали свиноматок, проявляющих рефлекс неподвижности, и вводили им внутримышечно 5 мл Утеротона для повышения шансов на оплодотворение, и через 30 минут проводили искусственное внутриматочное осеменение. Через 24 часа после первого осеменения проводилось повторное. Для всех процедур искусственного осеменения использовался спермоматериал с содержанием жизнеспособных спермиев не менее 70 %.

Во второй опытной группе для управления репродуктивным циклом свиноматок и синхронизации половой охоты были использованы гормональные препараты Фоллимаг и Сурфагон. Процедура начиналась с однократного внутримышечного введения Фоллимага в количестве 1000 МЕ на 35-й день после опороса. Через три дня, у сви-

номаток, у которых наблюдался рефлекс неподвижности, указывающий на готовность к спариванию, проводилась дополнительная инъекция Сурфагона в дозе 10 мкг. Осеменение этих животных осуществлялось внутриматочно через три часа после введения Сурфагона. Для оценки результативности схем синхронизации половой охоты в опытных группах применялась ультразвуковая диагностика с помощью аппарата MS Schippers Multiscan.

Ультразвуковое исследование для определения беременности у свиноматок проводилось в станке, фиксируя животное в стоячем положении. Исследование выполнялось справа, в области паха, между 24 и 35 днями после осеменения. Это время оптимально, так как на ранних сроках беременности в матке много жидкости, что облегчает ее обнаружение. Большие (более 4 см) и контрастные эмбриональные пузырьки с жидкостью, окруженные ярко-белыми тканями матки, делают диагностику быстрой и надежной.

Результаты исследования. Оценку эффективности различных методов синхронизации охоты у свиноматок после опороса проводили путем определения процента супоросности с использованием ультразвуковой диагностики. Супоросность подтверждали на 30-й день после осеменения по наличию на УЗИ множественных, неправильной формы, темных (черных) структур в матке. Эти структуры представляли собой заполненные жидкостью эмбриональные пузырьки, окруженные плотной, хорошо отражающей ультразвук (высокоэхогенной) тканью матки, которая визуализировалась как ярко-белая (рис. 1). Отсутствие четких, множественных, заполненных жидкостью полостей в матке при УЗИ указывало на то, что свиноматка холостая (рис. 2). Визуализация только одного кармана жидкости в матке на 24-35 день после осеменения интерпретировали с осторожностью, поскольку такое изображение могло быть вызвано тенью мочевого пузыря, ложной беременностью, малым количеством плодов, прерыванием беременности, кистой яичника или инфекцией матки.



Рисунок 1 – УЗИ снимки, полученные при трансабдоминальном ультразвуковом исследовании свиноматки на 30-й день беременности



Рисунок 2 – УЗИ снимки, на которых полное отсутствие признаков беременности или низкие подозрения на беременность

В результате исследования и анализа показателей воспроизводительных качеств свиноматок выявили, что наиболее продуктивными оказались свиноматки, которым применялся разработанный нами «Способ синхронизации половой охоты у свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса» (рис. 3). Сравнительный анализ показал, что в первой опытной группе из 35 свиноматок 88,5 % были супоросными, в то время как во второй опытной группе этот показатель составил 77,1 %.



Рисунок 3 – Сравнительная оценка результативности различных подходов к синхронизации свиноматок после отъема

Из рисунка 3 следует, что доля супоросных свинок в первой опытной группе выше, чем во второй, на 11,4 %. Такая разница связана с тем, что в первой группе в день отъема поросят использовали Утеротон для профилактики скрытых воспалительных процессов в матке. На следующий день вводили Е-селен, который положительно влияет на развитие плода и предотвращает замедление роста и недостаточный набор массы. Для улучшения оплодотворения за полчаса до осеменения также применяли Утеротон.

В ходе исследования было установлено, что первая опытная группа характеризовалась минимальной продолжительностью супоросности, составившей 113,8 ± 0,15 дней. Этот показатель оказался статистически значимо ниже, чем во второй опытной группе, где продолжительность супоросности составила 114,4 ± 0,19 дней ($P \leq 0,01$). Первая группа также показала лучшие результаты по количеству полученных поросят, что привело к достоверно более высокой массе гнезда при рождении – 11,8 ± 0,44 кг. В первой опытной группе количество живых поросят на опорос составило 12,1 ± 0,3 голов, тогда как во второй опытной группе 10,8 ± 0,4 голов. Сохранность поросят в первой группе была на уровне 94 %, во второй – 91 %. Отмечено увеличение количества живых поросят при опоросе в первой опытной группе. Важным наблюдением является то, что у свиноматок первой группы время от момента отъема поросят до наступления стадии возбуждения составило 5,40 ± 0,28 суток ($P \leq 0,05$). Поросята, выращенные в первой опытной группе, продемонстрировали более высокие темпы роста и развития, что выразилось в живой массе при отъеме, превышающей показатели второй опытной группы на 0,3 кг.

Выводы. Анализ полученных данных позволяет заключить, что гормональная синхронизация репродуктивного цикла свиноматок является эффективным методом для обеспечения своевременного выявления животных с выраженными признаками половой охоты. Это, в свою очередь, способствует повышению процента оплодотворяемости и опоросов, а также позволяет осуществлять регулирование численности в технологических группах, что в совокупности ведет к увеличению производственных показателей на комплексе.

Установлено, что применение разработанного нами способа синхронизации половой охоты у свиноматок в условиях высокотехнологичного комплекса приводит к статистически значимому увеличению оплодотворяемости на 11,4 % по сравнению с контрольной группой. Данный результат свидетельствует о повышении репродуктивных возможностей свиноматок и поддержании необходимого ритма производства. Проведенные исследования подтверждают, что стимуляция и синхронизация не оказывают отрицательного влияния на репродуктивную способность свиноматок, а напротив, позволяют сократить продолжительность беременности на 1-2 дня, что обеспечивает возможность контроля технологического темпа производства.

Таким образом, контроль за опоросами позволяет осуществлять производство потомства без простоев, что ведет к снижению затратных расходов и увеличению прибыли за счет получения здорового потомства и повышения продуктивности хозяйства. Возможность контролировать время овуляции в будущем позволит оптимизировать процесс искусственного осеменения свиней, перейдя к однократному введению доз спермы с пониженным содержанием сперматозоидов.

Список использованной литературы

1. Будевич А., Богданович Д. Новое в синхронизации-стимуляции эструса при искусственном осеменении свиней. Белорусское сельское хозяйство. 2013. № 12. С. 25-29.

2. Шишкин О. Свинки от овуляции до опороса // Ценовик. Сельскохозяйственное обозрение. 2015. № 6. С. 105-107.

3. Перепелюк А. И., Сопова Ю. В. Экономически сбалансированная система регулирования половой функции свиней от синхронизации овуляции до опороса // Перспективное свиноводство: Теория и практика. 2012. № 2. С. 45-48.

4. Богданович Д. М. Новые биотехнологические методы повышения эффективности воспроизводства свиней // Зоотехническая наука Беларуси: сб. науч. тр. Жодино, 2011. Т. 46. Ч. 1. С. 8-16.

5. Богданович Д. М., Будевич А. И., Зубова Т. В. Использование интравагинальных гормональных имплантов пролонгированного действия в технологии искусственного осеменения свиней // Зоотехническая наука Беларуси. 2013. № 48 (1). С. 31-36.

6. Kirkwood R. N., Kauffold J. Advances in breeding management and use of ovulation induction for fixedtime // AI Reprod Domest Anim. 2015. No 50. Pp. 85-89.

7. Degenstein K. L. Synchronization of ovulation in cyclic gilts with porcine luteinizing hormone (pLH) and its effects on reproductive function // Theriogenology. 2008.

8. Martinat-Botté F., Venturi E., Guillouet P., Driancourt M. A., Terqui M. Induction and synchronization of ovulations of nulliparous and multiparous sows with an injection of gonadotropinreleasing hormone agonist (Receptal) // Theriogenology. 2009. No 73. Pp. 332-342.

СОДЕРЖАНИЕ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Амчеславский О. В., Коновалова Г. В., Селиверстов И. В. Применение искусственного интеллекта для цифровой трансформации Системы-112 3
Варламова Е. А., Лигун М. О. Анализ управления рисками производственного травматизма на железнодорожном транспорте 9
Гаврюшина Т. А., Романова А. А. Развитие социальной активности подростков через реализацию программы «Школа юного спасателя» 15
Голеннова Т. В. Анализ причинно-следственной связи возникновения чрезвычайных ситуаций и повышение уровня надежности и безопасности ОПО на предприятиях по глубокой переработке зерна кукурузы 21
Голатов Д. А., Резчиков П. В. Альтернативное применение техники для тушения пожаров 25
Гончарова А. Р., Епифанова Д. Ю. Эвакуация людей с ограниченными возможностями: пробелы норм и тень «скрытой инвалидности» 31
Гончарова Я. Г. Защищая будущее: актуальные проблемы пожарной и техносферной безопасности 36
Гопия О. Г., Горбачев А. Ф. Исследование эффективности систем противопожарной защиты в дошкольных образовательных учреждениях 43
Горбачев А. Ф., Гопия О. Г. Сравнительный анализ современных и традиционных систем пожарной безопасности на опасных производственных объектах 47
Епифанова Д. Ю., Гончарова А. Р., Илюшина А. Е., Беломутенко С. В. Инновационные технологии ликвидации разливов нефти на суше и водных акваториях 54
Заичкина М. А., Лаптик А. В., Малько В. А. Алгоритм установления причинно-следственной связи нарушений требований пожарной безопасности в складских зданиях при расследовании пожаров 60
Илюшина А. Е., Беломутенко С. В. Проблемы тушения пожаров на объектах с хранением легковоспламеняющихся жидкостей и горючих жидкостей 67
Карачихин С. В., Пузикова А. А. Использование инертного газа при тушении пожара 74

Киселёв А. А., Маковкин И. А. Актуальные методики защиты и нейтрализации последствий выбросов АХОВ 79
Князева А. А. Применение современных программных комплексов для оценки опасности производственных объектов газовой отрасли 84
Коновалова Г. В., Амчеславский О. В. Противопожарные мероприятия в предприятиях мукомольной промышленности 90
Крафт Е. С. Формирование готовности учащихся к действиям в чрезвычайных ситуациях: роль школьных спасательных отрядов в повышении уровня пожарной и техносферной безопасности среди молодежи 95
Лигун М. О., Варламова Е. А. Моделирование чрезвычайных ситуаций с помощью нейронной сети: перспективы и вызовы 99
Маковкин И. А., Маковкина Л. Н., Киселев А. А. Применение топографии в оперативно-спасательных действиях 106
Маковкина Л. Н., Маковкин И. А. Роль добровольных спасательных формирований в общей системе защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций 111
Мануйленко И. А., Колобанова Н. А., Селиверстов И. В. Инновационные технологии и средства тушения пожаров 116
Мануйленко И. А., Колобанова Н. А., Селиверстов И. В. Актуальные проблемы эффективной защиты портовой инфраструктуры от пожаров 123
Можалин З. А., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Анализ пожарной опасности даниловского лесничества Волгоградской области 128
Песков А. Е., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Правовые аспекты обеспечения пожарной безопасности зданий культового назначения в Российской Федерации 134
Пшеничкина Н. А., Макарова А. Ю., Козлова С. А. Анализ статистики чрезвычайных происшествий на транспорте в России 141
Пшеничкина Н. А., Нуржанов А. А. К вопросу о пожарной безопасности железнодорожных грузоперевозок в России 148
Пузикова А. А., Карачихин С. В. Беспилотные летательные аппараты как инструмент гуманитарной помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях: анализ возможностей 155
Резчиков П. В., Голатов Д. А. Актуальность использования пожарных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) 162
Свиридонова Н. Н., Беломутенко Д. В., Источкина М. В. Исследование огнезащитного состава для древесины на основе бишофита 168
Селиверстов И. В., Колобанова Н. А., Мануйленко И. А. Основы проектирования постов технического обслуживания Волгоградского ПТЦ 173

Сергеев Н. А. Проблемы обеспечения пожарной безопасности при эксплуатации сельскохозяйственной техники 179
Степаненко О. Г., Кущев С. А., Раков В. В. Роль органов ГПН в реализации государственной политики в области пожарной безопасности 184
Суздальцев Е. В. Современные подходы к системе подбора кадров для подразделений контрольно-надзорной деятельности МЧС России 191
Ненькина Е. В., Чернова А. П. Профориентационная работа в кадетских классах МЧС как условие для дальнейшего профессионального самоопределения 195

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АПК

Александрина Н. А., Процюк М. П. Влияние развития телекоммуникационной инфраструктуры на социально-экономическое развитие депрессивных сельских районов 203
Александрина Н. А., Процюк М. П. Оценка социально-экономических последствий внедрения искусственного интеллекта в агропромышленный комплекс 208
Воробьева Н. С., Токарев К. Е., Наумов А. Ю., Токарева В. К. Нейросетевая технология поиска дефектов развития агрофитоценозов по оперативным данным дистанционного мониторинга .. 216
Габдерахманов В. М. Мультимодальная постановка задачи классификации заболеваний сельскохозяйственных растений 222
Габдерахманов В. М. Мобильная система мультимодальной классификации заболеваний сельскохозяйственных растений 227
Дадикян Д. Д., Мильченко Н. Ю. Применение математического моделирования и искусственного интеллекта в управлении поведением клиентов 233
Деврисашвили М. Г., Макарова И. В., Скитер Н. Н. Особенности цифровой трансформации малых форм хозяйствования в современной России 238
Карманов М. С., Руденко А. Ю. Применение математического моделирования и искусственного интеллекта при анализе устойчивого развития регионов РФ 244
Карпов А. В., Скитер Н. Н. Оптимизация логистических цепочек в АПК с использованием методов искусственного интеллекта 248
Кашуба А. Д., Рябова В. В., Нестеров П. Ю., Конченкова Е. И. Цифровая платформа для управления аграрным предприятием: микросервисы, API и интеграция данных 255
Конченкова Е. И. Перспективы применения искусственного интеллекта в слабоформализованных областях экономики 262

Кузьмин В. А. Сравнительный анализ производительности, вычислительной эффективности и устойчивости к переобучению современных архитектур нейронных сетей 267
Луцкович В. П., Симонов А. Б., Сафонов В. П., Плещенко Т. В. Инструменты искусственного интеллекта для прогнозирования генерации возобновляемой энергии в системах энергоснабжения АПК 274
Мелихова Е. В., Боровой С. Е., Сергеев П. С., Мухаметов А. П. Анализ архитектурных решений и методов параметризации глубоких нейронных сетей для задач классификации аквакультур 279
Оноприенко Ю. Г., Нестерова К. В., Плещенко Т. В. Роль цифровых экосистем в развитии биоэкономики 292
Провоторов Н. С. Анализ пространственно-временного развития объединенной энергетической системы Юга РФ на основе системного подхода 299
Рогачев А. Ф. Онтологическое моделирование классификации изображений зерновых культур для нейросетевого анализа процессов вегетации 303
Рогачев А. Ф., Токарев К. Е. Анализ цифровых интеллектуальных технологий повышения продуктивности орошаемых агрофитоценозов в засушливых условиях 309
Рябова В. В., Кашуба А. Д., Нестеров П. Ю., Руденко А. Ю. Цифровая трансформация сферы розничной торговли 317
Свирский М. А., Мильченко Н. Ю. Применение математического моделирования и искусственного интеллекта в анализе и сборе данных клиентов 323
Тавлуй А. В., Чернявский А. Н., Аксенов М. П. Математическое моделирование процесса заряда тяговой литий-ионной батареи электромобиля 328
Тавлуй А. В., Чернявский А. Н., Аксенов М. П. Математическое моделирование аккумуляторной батареи и определение температурных характеристик 334
Токарев К. Е. Выявление визуальных биомаркеров стресса растений, ограничивающих биологическую урожайность, на основе системного анализа 340
Токарев К. Е., Чамурлиев Г. О. Формирование базы данных 4К-изображений посевов однолетних полевых культур для обучения и тестирования моделей ИИ 345
Штырин Д. С. Обработка изображений с использованием ИИ дефектоскопом для классификации аварий на ЛЭП 110 КВ 351
Щедрин В. Н., Медведева Л. Н., Мелихова Е. В. Использование матричного инструментария аналитического мониторинга в обосновании мелиорации земель на Юге России 356

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В МЕЛИОРАЦИИ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ВОДОСНАБЖЕНИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Ахмедов А. Д., Родионов В. С. Цифровая модель управления земельно-водными ресурсами в орошаемом земледелии: концепция районной геоинформационной системы для АПК Волгоградской области 363
Ахмедов А. Д., Жарков А. А., Малышев А. В., Юлин М. В. Капельный полив как фактор повышения урожайности овощных культур на орошаемых землях Волгоградской области 369
Бочарникова О. В., Князева А. А. Применение полива дождеванием при выращивании овощных культур в сезонных теплицах .. 374
Григоров С. М., Смирнов А. Ю., Лихоманов Н. Д. Особенности выращивания капусты белокочанной на светло-каштановых почвах Волгоградской области 380
Гринь Д. О., Бочарников В. С. Многолетняя и сезонная динамика уровня грунтовых вод на орошаемых землях Волгоградского заволжья 385
Лихоманова М. А., Никифорова А. А., Овсянников Л. А. Особенности поливного режима взрослых растений винограда в природно-климатических условиях Волгоградской области 391
Лихоманова М. А., Парамонов И. А., Суликаев Д. Н. Особенности полива капусты белокочанной при дождевании в Волгоградской области 397
Овчинников А. С., Варенова Е. А., Родин К. А., Невежина А. Б. Оценка влияния водного режима почвы и органоминеральных удобрений на продуктивность аэробного риса 403
Соловьёв А. В., Ходяков Е. А., Милованов С. Г., Бондаренко К. В. Комплексное решение по автоматизации, мониторингу и управлению дождевальными машинами 409
Слива Я. В., Бочарникова О. В. Существующие способы орошения фитомелиорантов в условиях сухостепной зоны для восстановления деградированных пастбищ 415
Суханов Д. А., Марченко Л. А., Шишкин И. И. Водовыпуски в межхозяйственные каналы 421
Цепляев А. Н., Семененко С. Я., Куприянов А. А., Кузнецова Е. А., Непокрытый Р. А. Основные показатели при возделывании сельскохозяйственных культур на орошении с использованием гидрогеля на примере картофеля 427
Шишкин И. И., Марченко Л. А., Суханов Д. А. Реконструкция участка канала с ПК 161 по ПК 191 Райгородской оросительно-обводнительной системы Светлоярского района Волгоградской области 433

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВЕТЕРИНАРИИ

Акимова С. А., Фоменко С. А. Эпизоотическая ситуация по бешенству в Волгоградской области 441
Будтуев О. В., Фирсов Г. М., Калюжный И. И. Ультразвуковое обследование матки у коров голштинской породы 446
Гришина Е. Ю., Романчук Е. В. Анатомические особенности фиброзного скелета сердца коровы 451
Земскова Н. Е., Мещеряков А. Г. Gekkon farmer в борьбе с эктопаразитами кур 455
Нистратова М. В., Злепкин Д. А., Дускалиев А. Г. Влияние биогенного стимулятора нуклеопептида на экологические показатели безопасности баранины 461
Резяпкина Е. А., Романчук Е. В. Морфолого-анатомическое строение носовых костей всеядных 464
Романчук Е. В., Резяпкина Е. А. Строение подъязычной кости лошади 470
Фирсов Г. М., Калюжный И. И., Будтуев О. В. Исследование эхоструктуры эндометрия и шейки матки у коров в период терапии и по её завершении 475
Юдина К. С., Клетикова Л. В. Исследование эффективности синхронизации половой охоты у свиноматок в ООО «ТопАгро» с целью оптимизации воспроизводства 480
СОДЕРЖАНИЕ 486

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ СТРАТЕГИИ ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ АПК И СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Материалы
Национальной научно-практической конференции

г. Волгоград, 28 ноября 2025 г.

ТОМ III

Ответственный за выпуск *Ряднов А. А.*

Компьютерная верстка *Дергачевой Е. С.*

Подписано в печать 22.10.2026. Формат 60х84$^{1/16}$.
Усл. печ. л. 28,60. Тираж 50 экз. Заказ 173.
ИПК ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ «Нива».
400002, Волгоград, пр. Университетский, 26.