На правах рукописи

Субботина Юлия Михайловна

НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В РЫБОВОДНО - БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРУДАХ

4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени доктора биологических наук

Москва 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования "Российский биотехнологический университет" (ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ»)

Научный консультант:

Попов Петр Александрович - доктор ветеринарных наук, руководитель Всероссийского научно-исследовательского института ветеринарной санитарии, гигиены и экологии — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук» (ВНИИВСГЭ — филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН).

Официальные оппоненты:

Калайда Марина Львовна - доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (ФГБОУ ВО «КГЭУ»);

Бубунец Эдуард Владимирович - доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Зоология и аквакультура» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева»
(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева);

Семенов Владимир Григорьевич — доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики и Российской Федерации, Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, заведующий кафедрой «Морфология, акушерство и терапия» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ).

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» (ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ).

Защита диссертации состоится « 17 » февраля 2026 г. в 11-00 ч. на заседании диссертационного совета 24.1.249.03, созданного при ФГБНУ «Федеральный научный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К.И. Скрябина и Я.Р. Коваленко Российской академии наук» по адресу: 123022, г. Москва, Звенигородское шоссе, д. 5.
Телефон: 8 (499) 256-35-81, E-mail: vniivshe@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ВНИИВСГЭ - филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН по адресу: 123022, г. Москва, Звенигородское шоссе, д. 5, и на сайтах: www.viev.ru и www.vak.minobrnauki.gov.ru

Автореферат разослан «_____»_____2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

доктор биологических наук _____ **Денисова Елизавета Аркадьевн**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований.

С целью увеличения объемов выпуска сельскохозяйственной продукции предприятиями агропромышленного сектора в течение последних десятилетий в стране наблюдалась значительная активизация производственных процессов. Ожидаемым последствием явилось существенное ухудшение экологического состояния агроэкосистем.

В связи с этим весьма актуально создание научно аргументированных мер, направленных на уменьшение антропогенного влияния на окружающую среду. Данные мероприятия должны опираться на комплексные, основополагающие научные исследования, нацеленные на оптимизацию сельскохозяйственного природопользования и агротехнологии нового типа, предусматривающие контроль движения биогенных элементов в аграрных системах, а также создание инновационных технологий (Указ Президента Российской Федерации от 02.11.2023 г. № 818 «О развитии природоподобных технологий в Российской Федерации»).

В настоящее время рациональное использование и сохранение водных ресурсов приобретает громадное значение, связанное с возрастающим антропогенным воздействием на окружающую среду. Жидкие отходы животноводства, пищевой, перерабатывающей промышленности серьёзно влияют на качество водных ресурсов, препятствуют сохранению чистоты естественных водоёмов и увеличению рыбных запасов. К решению проблемы «чистой воды» привлечено внимание учёных и специалистов многих стран мира и международных организаций (Смирнова И.Р., 2014; Тюрин В.Г. 1995; Денисов А.А., Смирнов А.М., 1996; Егоров Ю.В., 2021).

Биологические пруды являются нетрадиционными и одновременно широко распространёнными сооружениями биологической очистки и доочистки сточных вод населённых пунктов, промышленных предприятий, а в последние годы животноводческих комплексов, птицефабрик и фермерских хозяйств (Смирнова И.Р., 1997; Кудрявцева А.Д., Субботина Ю.М.¸ 2018).

По данным ВОЗ, сточная вода после прохождения через проточные биологические аэробные пруды освобождается от патогенных микроорганизмов групп *Salmonella* и *Schigella,* при этом происходит гибель микроорганизмов группы *Escherihia coli*, которая составляет 99% по сравнению со сточной водой, входящей в пруды. Сточные воды, прошедшие через пруды очистки, не требуют хлорирования, поскольку микроводоросли выделяют антибактериальные вещества. Это явление нашло отражение во многих работах отечественных и зарубежных ученых (Ярных В.С., 1993; Егоров Ю.В., 2021).

Существующие и используемые в настоящее время системы очистки и обеззараживания животноводческих стоков трудоёмки в эксплуатации, энергоемки и не гарантируют получения полностью очищенных и обеззараженных стоков.

Использование рыбоводно-биологических прудов позволяет очистить и обеззаразить сточную воду, вырастить физиологически полноценный рыбопосадочный материал без затрат на корма, удобрения и строительство дополнительных площадей, тем самым значительно снизить себестоимость очистки 1 м^3 сточной жидкости.

Степень разработанности темы. Вопросам очистки сточных вод в рыбоводно-биологических прудах посвящены работы отечественных и зарубежных

исследователей (Тюрин В.Г., и др. 2011; Anwand K., 1991; Dobrojan S, 2011; Tom A.P., 2021; Mahapatra A.P., Samal F., Dash N., 2022).

Отечественные специалисты уделяли основное внимание очистке сточных вод различного генезиса, включая хозяйственно-бытовые, производственные, и постепенно переходя на очистку животноводческих стоков, в первую очередь свиноводческих, а затем птицеводческих предприятий (Лысенко В.П. и др. 2021). Одновременно с использованием рыбоводно-биологических прудов для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод было предложено выращивание рыбы в последней ступени очистки (Мейен В.А, 1932). Кожокару Т.Т. в 1971 г. было предложено на полях фильтрации сахарных заводов выращивать рыбопосадочный материал. Калтыпин Ю.А. и Тарасов Е.А. предложили в рыбоводно-биологических прудах выращивать сеголеток карпа (1977). Осокин И.Н., Попов С.Ю., Потоцкий И.В. подтвердили вышеперечисленные разработки и рекомендовали для повышения эффективности рыболовства на водоемах сельскохозяйственного назначения использовать пруды биологической очистки. В 1988 г. Юсупов Р.М. и Киселева Т.А. просчитали экономическую эффективность утилизации стоков крупных животноводческих комплексов и подтвердили их экономическую эффективность.

Целью исследований диссертационной работы являлось научно-практическое обоснование процессов очистки сточных вод различного генезиса в рыбоводно-биологических прудах и выращивание рыбопосадочного материала различного трофического уровня на очищенных животноводческих стоках.

Задачи исследования:

1. Разработать и оценить способы очистки и детоксикации сточных вод с помощью агрогидроценозов на биоинженерном сооружении типа «ботаническая площадка».

2. Исследовать процессы очистки и обеззараживания сточных вод высокой органоминеральной загрязнённости компонентами водной экосистемы на примере свиноводческих стоков экспериментального хозяйства ВИЖ «Кленово-Чегодаево», Краснополянской и Михневской птицефабриках.

3. Разработать и апробировать технологию: «Усовершенствованная технология выращивания объектов аквакультуры на биопрудах животноводческих комплексов».

4. Произвести экологическую оценку сточных вод Клинского мясокомбината и очистку хозяйственно-бытовых сточных вод Курьяновской станции аэрации.

5. Изучить вопросы подращивания рыбопосадочного материала в поликультуре в рыбоводно-биологических прудах очистки и унифицировать технологию выращивания рыбопосадочного материала в моно и поликультуре в рыбоводно-биологических прудах (РБП) очистки, включая растительноядных рыб и щуку обыкновенную.

6. Оценить экономическую эффективность очистки сточных вод в рыбоводно-биологических прудах и перспективность их использования.

Научная новизна исследований. Новизна разрабатываемой технологии очистки и обеззараживания сточных вод определяется предложенной эффективной системой санитарно-гигиенических и экологических методов очистки и детоксикации сточных вод с использованием природоподобной самоочищающейся способности водоёмов компонентами экосистемы с помощью микроценозов, альгоценозов, зооценозов, высшей водной растительности и ихтиоценозов. Предложенная система интегрирует традиционные методы очистки с инновационными биотехнологическими подходами,

максимально используя потенциал природных процессов. В отличие от существующих технологий, ориентированных на узкоспециализированные методы, наша система предлагает комплексный подход, учитывающий синергетическое взаимодействие различных биологических компонентов. Это позволяет достичь более высокой степени очистки от широкого спектра загрязнителей, включая органические соединения, тяжелые металлы, патогенные микроорганизмы и фармацевтические препараты.

Принципиальным отличием является разработка адаптированных микроценозов, альгоценозов и зооценозов, оптимизированных для эффективной деградации специфических загрязнителей, присутствующих в сточных водах. Подбор и культивирование данных биокомпонентов осуществляется с учетом местных климатических условий и характеристик водоема, что обеспечивает их высокую адаптивность и устойчивость к внешним воздействиям. Использование высшей водной растительности и ихтиоценозов способствует дополнительной фильтрации и биологической очистке воды, а также созданию устойчивой и сбалансированной экосистемы.

Кроме того, научная новизна заключается в разработке системы мониторинга и управления, основанной на анализе биоиндикационных показателей, позволяющих оперативно оценивать эффективность очистки и адаптировать параметры системы в режиме реального времени. Это обеспечивает стабильность и надежность процесса очистки, а также минимизирует риски возникновения негативных экологических последствий.

Внедрение предложенной технологии позволяет значительно снизить экологическую нагрузку на водные объекты, обеспечивает устойчивое водопользование и повышает качество воды в рекреационных зонах. Комплексный подход к очистке и детоксикации сточных вод, основанный на использовании природоподобных механизмов самоочищения, открывает новые перспективы для развития экологически безопасных и экономически эффективных технологий водоподготовки.

Теоретическая и практическая значимость. Аналитический материал и технологические приёмы использованы в разработке методик, схем, ветеринарно-санитарных режимов, усовершенствования технологий и повышения продукционных способностей рыбоводно-биологических прудов.

Разработаны ветеринарно-санитарные правила для оборотного водоснабжения с использованием гидробионтов и рыбы, утвержденные Главным управлением ветеринарии Госагропрома (1996), «Ветеринарно-санитарные правила естественной биологической очистки животноводческих стоков при подготовке их для орошения и рыборазведения».

Уточнены технологические приёмы, при которых наблюдается ускоренная гибель бактерий *E. coli*. Изучена выживаемость условно-патогенной и санитарно-показательной микрофлоры под влиянием альгологического комплекса микроводорослей.

Усовершенствованы технологические и ветеринарно-санитарные режимы использования ассоциации микроводорослей, ракообразных и рыбы для оптимизации процессов очистки и обеззараживания стоков в биопрудах различной модификации.

Разработана и внедрена углубленная доочистка свиноводческих стоков на «ботанической площадке» с высшей водной растительностью (рогоз и тростник)

(патент на изобретение RU 2140735 C1 «Способ очистки сточных вод животноводческих комплексов, ферм и птицефабрик с помощью адаптированного комплекса микроводорослей, высшей водной растительности, зоопланктона и рыбы»).

Усовершенствована методология эксплуатации классических рыбоводно-биологических прудов путем введения биоинженерного сооружения типа «ботаническая площадка», что позволило ускорить процесс очистки и обеззараживания сточных вод (авторское свидетельство SU 1837050 A1 «Способ очистки сточных вод»).

Разработаны рекомендации «Метод очистки животноводческих стоков в рыбоводно-биологических прудах с использованием поликультуры рыб», «Усовершенствованная технология выращивания объектов аквакультуры на биопрудах животноводческих комплексов». Технология позволяет выращивать в последней ступени биологических прудов не только карпа, но и гибрида карпа с карасём, а также белого и пёстрого толстолобика и их гибридов.

Разработана «Унифицированная технология выращивания рыбопосадочного материала различного трофического уровня в рыбоводно-биологических прудах на очищенных и обеззараженных животноводческих стоках».

Предложена новая схема расположения биологических прудов очистки и площадки с высшей водной растительностью.

Разработана «Технология выращивания молоди щуки в рыбоводно-биологических прудах очистки».

Методология и методы диссертацонного исследования. Проведенные теоретические и практические исследования основываются на современных инновациях отечественных и зарубежных учёных, направленных на улучшение степени очистки сточных вод различного происхождения, сохранения водных источников, грунтовых вод и, в целом, окружающей среды.

В работе использовали общепринятые, современные методы гидробиологических, ботанических, микробиологических, санитарно-гигиенических, исследований, методы ветеринарно-санитарной экспертизы, ихтиологических исследований, а также статистки в соответствии с требованиями национальных и международных стандартов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Результаты оценки способов очистки и детоксикации сточных вод с помощью агрогидроценозов на биоинженерном сооружении типа «ботаническая площадка».
2. Результаты процессов очистки и обеззараживания сточных вод высокой органоминеральной загрязненности компонентами водной экосистемы свиноводческих стоков в экспериментальном свиноводческом хозяйстве и на птицефабриках.
3. Результаты экологической оценки сточных вод Клинского мясокомбината и очистка хозяйственно-бытовых сточных вод Курьяновской станции аэрации, а так же степень детоксикации радиоактивных примесей в сточных водах с помощью альгологического комплекса микроводорослей.
4. Результаты апробированной и разработанной технологии: «Усовершенствованная технология выращивания объектов аквакультуры на биопрудах животноводческих комплексов».
5. Результаты подращивания рыбопосадочного материала в поликультуре в рыбоводно-биологических прудах очистки и унифицированная технология выращивания

рыбопосадочного материала в моно- и поликультуре в рыбоводно-биологических прудах (РБП) очистки, включая щуку обыкновенную.
6. Результаты экономической оценки эффективности очистки сточных вод в рыбоводно-биологических прудах и перспективность их использования.

Объектом исследования являются сточные воды различного генезиса: животноводческие, птицеводческие, хозяйственно-бытовые, сточные воды пищевой промышленности (мясокомбината), ливневые и другие сточные воды.

Степень достоверности результатов диссертации. Оценка достоверности результатов исследования обеспечивается применением апробированных методов, лабораторных, полевых и молекулярно-микроскопических исследований, статистической обработки, а также математического моделирования. Диссертационная работа проверена ФГБУ «Российская Государственная библиотека».

Апробация работы. Материалы диссертации доложены и обсуждены на Всероссийских и Международных конференциях:
- IV-ой Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы ветеринарной медицины и ветеринарно - санитарного контроля сельскохозяйственной продукции», г. Москва, 2002 г.;
- Международном Экофоруме «Формирование системы экологической безопасности регионов в условия динамичного развития экономики», г. Липецк, 2010 г.;
- Международной научной экологической конференции «Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности», г. Краснодар, 2018 г.;
- Всероссийской научной практической конференции с международным участием «Инновационные решения для повышения эффективности аквакультуры», г. Москва, 2019 г.;
- Всероссийской научно-практической конференции «Актуальны ресурсосберегающие системы аквакультуры», г. Москва, 2020 г.;
- Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Перспективные технологии аквакультуры», г. Москова, 2021 г.;
- Всероссийских научно-практических конференциях с международным участием «Актуальные проблемы ветеринарной медицины ветеринарно-санитарного контроля и биологической безопасности сельскохозяйственной продукции под девизом «Здоровое животное - безопасная пища – здоровый человек», г. Москва, 2021, 2022, 2023 гг.;
- XI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Знания молодых для развития ветеринарной медицины и АПК страны», г. Санкт-Петербург, 2022 г.

Основные положения диссертационной работы доложены на расширенном заседании кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза и биологическая безопасность» Института ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ» 2024 г.; на заседаниях секций «Свиноводство» и «Рыбоводство» Отделения зоотехнии РАСХН, 1991-1993 гг.; на заседании секции «Зоотехния и ветеринария» Отделения сельскохозяйственных наук РАН, г. Москва, 2020 г.

Публикации. Автором по теме диссертации опубликовано более 200 научных работ, 2 из которых – в изданиях, входящих в базу данных Scopus, 41 статья – в журналах, включенных в перечень ВАК, из них 28 статьей в журналах ВАК по

специальности 4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность, в 5 монографиях, 5 технологиях и учебно-методических пособиях, которые утверждены Отделением сельскохозяйственных наук РАН, и в двух патентах.

СОБСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили в Институте ветеринарии, ветеринарно-санитарной экспертизы и агробезопасности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Российский биотехнологический университет «РОСБИОТЕХ» (1987-2024 гг.). Основные производственные опыты с использованием всех биоценозов (микроводоросли, зоопланктон, высшая водная растительность, рыба) были проведены на предприятиях агропромышленного комплекса.

Материалы и методы исследований

Ветеринарно-санитарную и гигиеническую оценку процессов очистки, обеззараживания и утилизации сточных вод в биоэкосистемах осуществляли комплексно с использованием гидрохимических, гидробиологических микробиологических методов исследований. Научные эксперименты проводили поэтапно в соответствии с решаемыми задачами.

Изучение санитарно-гидрохимического состава сточных вод изучаемых объектов проводили по следующим показателям: pH, ХПК, БПК, кислород, перманганатная окисляемость, общее количество взвешенного вещества, азот аммонийный, азот общий, общий фосфор, щелочность в соответствии с рекомендациями «Химический анализ производственных сточных вод» Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.И., г. Москва, Химия, 1991.

Санитарно - бактериологические показатели: БГКП, *E. coli*, КМАФАнМ, *S. aureus, S. dublin,* микобактерии туберкулеза, стафилококк определяли в соответствии с «Инструкцией по лабораторному контролю очистных сооружений на животноводческих комплексах» (утв. Минсельхоз СССР, 1980), МУК 4.2.1884-04 «Методическими указаниями по санитарно-микробиологическому анализу воды поверхностных водоемов», Минздрав СССР, 1984.

Качественный, количественный и видовой состав альгологического комплекса (АК) микроводорослей определяли согласно «Рекомендациям по очистке и обеззараживанию сточных вод населённых пунктов и птицеводческих предприятий в биологических прудах», ВНИИССВ, Москва, 1987.

Гидробиологические и ботанические исследования по определению видового состава и биомассы фитопланктона, качественного и количественного состава зоопланктона и бентоса проводили в соответствии с «Методикой изучения биоценозов внутренних водоемов. Зообентос и другие биоценозы, связанные с субстратом» // Митропольский В.И., Мордухай-Болтовской Ф.Д., Чурикова З.Н. Л.: Наука, 1986; «Хищные ветвистоусые. Определители по фауне СССР» // Мордухай-Болтовской Ф.Д., Ривьер И.К. Зоологический институт АН СССР. № 148. Учебное пособие ч. 2-3. 1987.

Ихтиологические исследования по темпам роста молоди и сеголеток, подращиваемых и выращиваемых рыб, проводили согласно методике: «Руководство по изучению рыб», Правдин И.Ф., Издательство ЛГУ, 1979.

Оценку результатов выращивания молоди рыбы проводили по комплексу показателей: средней массе и выживаемости сеголеток, рыбопродуктивности прудов.

Полученные результаты были подвергнуты статистической обработке с применением программ MS Office Excel и Statistika 6. Все статистические оценки выполнены на 5% уровне значимости (p= 0,05). Достоверность различий устанавливали по методу Стьюдента – Фишера (Плохинский Н.А., 1980).

При проведении научно-исследовательских работ по теме диссертации выполнено 4800 санитарно-бактериологических исследований, 6700 гидрохимических анализов, исследовано 440 гидробиологических проб, проведено 3700 морфометрических измерений на 1000 экземплярах рыб, доля участия автора составляет более 90%.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Использование микробиоценозов для очистки, детоксикации и обеззараживания сточных вод. Исследования проводили на первых этапах в лабораторных условиях, которые сводились к адаптации микроводорослей к сточным водам хозяйств. При получении положительных лабораторных исследований, мы приступали к исследованиям в условиях производства. Основные работы с использованием всех биоценозов (микроводоросли, зоопланктон, высшая водная растительность, рыба) были проверены на птицеводческих и свиноводческих комплексах.

Особое внимание при проведении исследований было обращено на микроводоросли, фотоавтотрофы родов *Scenedesmus, Chorella, Bacillariophyta, Ankistrodesmus* и *Lagerheimia,* широко используемых для очистки сточных вод. Изучали зелёные, диатомовые и протококковые водоросли, а также другие гидробионты и агроценозы.

Микроводоросли являются важными компонентами в системе биологической очистки и доочистки сточных вод, способны полностью утилизировать сложные соединения, входящие в состав животноводческих стоков, стоков предприятий пищевой, перерабатывающей, текстильной, химической, угольной и металлургической промышленности. Обогащая водную среду кислородом, микроводоросли способствуют ускорению окислительных процессов и минерализации органических примесей При массовом развитии микроводорослей вода загрязненных водоемов достигает высоких показателей чистоты, как в гидрохимическом, так и бактериологическом отношениях (Доливо-Добровольски Д.В., 1984; Dahe A. et al., 1984; Shaish S. et. al., 1990; Yang N.,1999; Chen D., 2003; Tom V. et al., 2021).

Динамика формирования компонентов агрогидроценоза, участвующих в очистке и санации сточных вод, в лабораторных и производственных условиях.

Механизм действия компонен**то**в агрогидроценоза на процессы очистки и санации сточных вод в моделируемых лабораторных и полупроизводственных условиях изучали в экспериментальных аквариумах и на производственных объектах. Результаты этих исследований представлены в таблицах 1 и 2. Изучали влияние альгологического комплекса (АК) микроводорослей на выживаемость условно-патогенной и санитарно-показательной микрофлоры в сточных водах различного происхождения (свиноводческие, птицеводческие, сточные воды мясокомбината).

В аквариумы вносили адаптированный альгологический комплекс (АК) микроводорослей, состоящий из диатомовых, зеленых и протококковых водорослей в соотношении 1:3:1. Как видно из данных таблицы 1, в исходном стоке ХПК было очень высоким 3520,0 мг/л, $БПК_5$ составляла 840,0 мг/л, содержание взвешенных веществ

колебалось от 226,0 до 204,0 мг/л, азота 369,0 мг/л, pH 6,2. Под влиянием АК микроводорослей происходило снижение: ХПК до 45,6 мг/л, $БПК_5$ до 4,0 мг/л, одновременно pH среды приобретала щелочную реакцию (pH 8,5), возрастало количество растворённого кислорода до 16,0-17,6 мг/л при полном отсутствии в начале исследований.

Таблица 1 - Результаты гидрохимического анализа высокоминерализованных сточных вод в условиях модельного эксперимента

N/N	Исследуемые пробы	ХПК, мг/л	$БПК_5$, мг/л	Взвешен. в-ва, мг/л	Азот/аммиачн., мг/л	Раств. O_2, мг/л	pH	Объем АК водорослей, мл	
								начало опыта	конец опыта
1	Исходная сточная вода из пруда-накопителя	3520 2050	840 378	226 115	369 54	-	6,2 7,0	-	-
2	Исходная сточная вода + тест-микроорганизмы	3520 1710	800 360	204 87	367,9 51,0		6,2 7,0	-	-
3	Исходная сточная вода + АК микроорганизмов	3520 45,6	800 4,0	-	378 0,5	- 16,0	6,2 8,0	700	950
4	Исходная сточная вода +АК микроорганизмов + тест-микроорганизмы	3520 30,0	800 6,0	-	364 0,3	- 17,6	6,2 8,5	700	1050

Примечание: числитель - исходная сточная жидкость, знаменатель - прошедшая очистку

Из таблицы 2 видно, что во II пробе исходный титр *E. coli* составил 10^{-5}, титр стафилококка 10^{-4}. В III пробе с внесенными тест-микроорганизмами и АК в объёме 259,0 мл/л обеззараживание стоков достигалось на 3-5 сут.

При увеличении вносимого объёма АК до 500 мл/л энтеропатогенная микрофлора теряла жизнеспособность через 13-20 сут. Дальнейшее увеличение вносимого объёма АК до 700,0 мл/л способствовало ускорению процесса обеззараживания сточных вод: сальмонеллы не выделялись уже на 5-е сутки, кишечная палочка и золотистый стафилококк не обнаруживали в объеме 10,0 мл через 7 сут, а микобактерии (штамм В-5) – через 20 сут.

Предварительная подготовка стоков (фильтрация, разбавление 1:1) до $БПК_5$ 160-180 мг/л с внесением АК в объёме 700 мл/л приводила к тому, что условно-патогенную и санитарно-показательную микрофлору не выделяли из 10,0 мл пробы через 5 сут, а микобактерии туберкулёза (штамм В-5) через 13 сут.

Анализ полученных данных по санитарно-гидрохимическим и санитарно–бактериологическим показателям показал, что в системе рыбоводно-биологических прудов, функционирующих в проточном и контактном режиме, происходит

Таблица 2 - Влияние альгологического комплекса микроводорослей на выживаемость условно-патогенной и санитарно-показательной микрофлоры высокоминерализованных сточных вод в моделируемых лабораторных условиях

n/n	Исследуемые пробы	Объем /водоро слей	Микробиологические показатели	Время исследования, сутки								
				0	5	7	10	13	20	30	50	60
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Исходный сток (контроль)		КМАФАиМ (КОЕ/мл) Коли-титр титр стафилококка	8,25 10^{-5}- 10^{-4}	8,15 10^{-5}- -10^{-4}	8,0 10^{-5}- -10^{-4}	7,52 10^{-5}- 10^{-4}	7,0 10^{-5}- 10^{-4}	6,32 10^{-4}- 10^{-3}	3,10 10^{-3} 10^{-2}	1,54 10^{-2}- 10^{-1}	0,76 10^{-1}- 10^{-1}-
II 1	Исходный сток+АК (контроль)	200-250 с/вес 146 мг/л	КМАФАиМ (КОЕ/мл) Коли-титр титр стафилококка	8,30 10^{-5}- 10^{-4}	7,00 10^{-5}- 10^{-4}	6,75 10^{-5}- 10^{-4}	6,0 10^{-4}- 10^{-4}	4,20 10^{-3}- 10^{-3}	1,85 10^{-2} 10^{-42}	1,25 10,0 10,0	1,00 10,0 10,0	0,52 - -
III1	Исходный сток+АК+ тест-микро-организмов	250 с/вес 146-184 мг/л	КМАФАиМ (КОЕ/мл) Коли-титр титр стафилококка E. coli 0142 S. aureus P-209 S. dublin Mycobacterium (шт. B5)	9,00 10^{-6} 10^{-5} + + + +	6,11 10^{-5} 10^{-3} + + + +	5,70 10^{-5}- 10^{-3} + + - +	5,45 10^{-5}- 10^{-3} + + - +	4,10 10^{-3}- 10^{-3} + + +	3,25 10^{-2}- 10^{-2} + + +	1,12 10 10 - + +	0,72 10 10 - - -	- - - -
III2	Исходный сток+АК+ тест-микро-организмов	500 с/вес 350 мг/л	КМАФАиМ(КОЕ/мл) Коли-титр титр стафилококка E. coli 0142 S. aureus P-209 S. dublin Mycobacterium (шт. B5)	8,40 10^{-6}- 10^{-5} + + +	7,00 10^{-3}- 10^{-2} + + + +	6,11 10^{-1}- 10^{-1} + + + +	4,01 1 1 – – – +	2,27 10 10 - - - +	1,15 - - - - -	0,75 - - - - -		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
III3	Исходный сток+АК+ тест-микро организмов	700 с/вес 515-520 мг/л	КМАФАиМ(КОЕ/мл) Коли-титр титр стафилококка E. coli 0142 S. aureus P-209 S. dublin Mycobacterium (шт. B5)	8,56 10^{-5} 10^{-4} + + + +	6,1510 10 - - + + +	4,00 - - - - + +	3,21 - - - + +	1,26 - - - + +	0,64 - - - - -			
III4	Исходный Сток, Фильтрован, разбавлен 1:1+АК+ тест-микро-организмов	700с/вес 515-520 мг/л	КМАФАиМ(КОЕ/мл) Коли-титр титр стафилококка E. coli 0142 S. aureus P-209 S. dublin Mycobacterium (шт. B5)	8,20 10^{-5} 10^{-4} + + +	3,11 10 10 -- -- - +	1,74 - - - - - +	0,24 - - - - +	0,11 - - - - -				

Примечание: (-) — микроорганизмы не выделены, (+) — микроорганизмы выделены

очистка и обеззараживание поступающих сточных вод до стабилизационного уровня, что позволяет использовать их на рециркуляцию и технические нужды.

Анализ полученных данных по санитарно-гидрохимическим и санитарно-бактериологическим показателям показал, что в системе рыбоводно-биологических прудов, функционирующих в проточном и контактном режиме, происходит очистка и обеззараживание поступающих сточных вод до стабилизационного уровня. Это позволяет использовать их на рециркуляцию и технические нужды, сохраняя при этом водные ресурсы и ограждая окружающую среду от загрязнения (рисунок 1).

Динамику формирования компонентов агрогидроценоза в производственных условиях изучали непосредственно на рыбоводно-биологических прудах экспериментального свиноводческого хозяйства Подольского района Московской области.

Очистку сточных вод осуществляли по схеме, представленной на рисунке 1. Проведённые санитарно-гидрохимические и санитарно-бактериологические исследования свидетельствовали, что содержание органических и минеральных веществ в сточной воде превышало ПДК, такую воду нельзя было сбрасывать в естественные водохранилища, тем более в предназначенные для разведения рыбы.

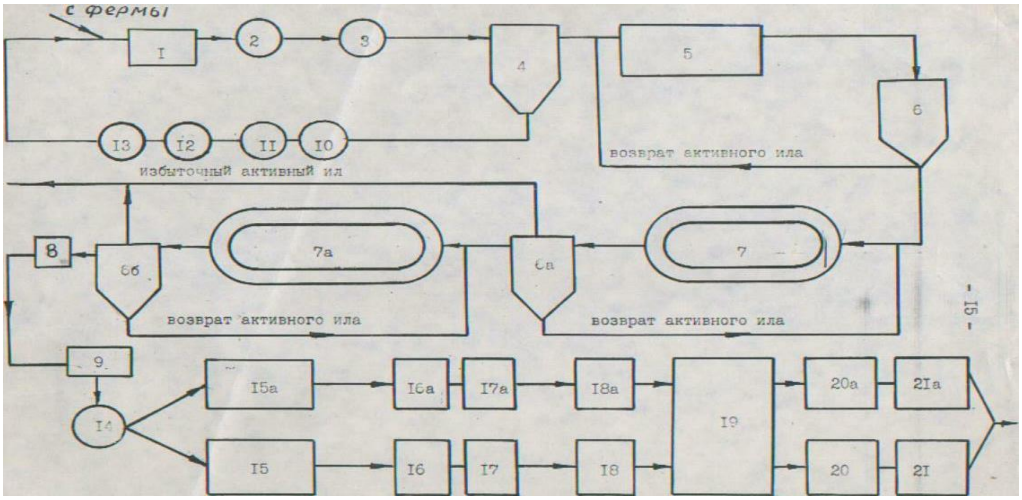

Рисунок 1 – Очистка сточных вод свиноводческого комплекса.

При разделении сточных вод на фракции на сооружениях биологической очистки в жидкую фракцию поступало много взвешенных веществ, что значительно затрудняло ее очистку в рыбоводно-биологических прудах. Был проведён патентный поиск, который позволил предложить для свиноводческого комплекса использование ботанической площадки с высшей водной растительностью (тростник и рогоз).

Предварительно в лабораторных условиях был проведён модельный эксперимент с использованием почвенного лизиметра, полученные данные подтвердили эффективность внедрения ботанической площадки в хозяйстве. На свободном земельном участке между прудами (рачковый и рыбоводный) с правой и левой стороны произвели вспашку, дискование, боронование и нарезку борозд с перемычками. Высадили тростник, рогоз по длине борозд на расстоянии 0,5 м друг от друга.

Таблица 3- Санитарно-гидрохимический анализ сточных вод свиноводческого комплекса на «ботанической площадке»
с высшей водной растительностью

Этапы очистки	pH	ХПК	$БПК_5$	Азот			P_2O_5	Взв. в-а
				аммоний-ный	органи-ческий	общий		
До ботанической площадки	7,8	329,0	80,0	161,8	21,0	182,8	98,0	40,0
После ботанической площадки	7,0	82,0	35,0	31,0	15,3	46,3	43,0	28,3
Процент очистки		75,0	56,2	81,6	27,1	74,6	56,1	29,3

Глубина борозд равна 0,25 м, высота перемычки 0,2 м и длина перемычки 1,2 м. Из результатов исследования, представленных в табл. 3, видно, что гидрохимические показатели сточной воды, прошедшей ботаническую площадку с высшей водной растительностью (ВВР), нормализовались. Санитарно-бактериологические показатели сточных вод при выходе с ботанической площадки представлены в табл. 4, из которой видно, что активность очистки в РБП возрастала по ступеням очистки: наибольший эффект очистки отмечен в последней ступени - рыбоводном пруду, так как в нем присутствовали все компоненты водной экосистемы от бактериопланктона ила до последнего компонента - рыбы.

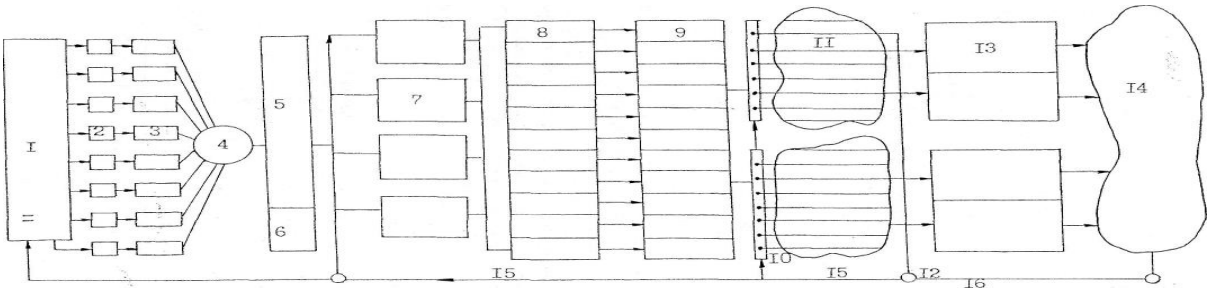

Рисунок 2 – Усовершенствованная схема очистки животноводческих стоков в рыбоводно-биологических прудах с помощью гидробионтов

Примечание: 1 - свинокомплекс; 2 - навозосборники; 3 - отстойники-накопители; 4 - КНС; 5 - площадка компостирования; 6 - площадка промывки щебня; 7 - пруды накопители осветленных стоков; 8 - секционные водорослевые пруды; 9 - секционные рачковые пруды; 10 - распределительное устройство; 11 - ботаническая площадка с высшей водной растительностью; 12 - борозды с перемычками; 13 - РВП; 14 - пруд чистой воды; 15 - напорный трубопровод; 16 - задвижка.

С биологических прудов отбирали~~сь~~ пробы воды по всем ступеням очистки для исследования на гидрохимические и бактериологические показатели. Результаты санитарно-гидрохимических и санитарно-бактериологических анализов представлены в таблицах 4 и 5 и на рисунках 3 и 4.

Рисунок 3 – Диаграмма эффективности очистки каждой ступени РБП, %

В результате проведённых исследований была разработана усовершенствованная схема очистки животноводческих стоков в биологических прудах с помощью гидробионтов.

Таблица 4 - Санитарно-бактериологические показатели сточных вод свиноводческого комплекса на «ботанической площадке» с высшей водной растительностью

Этапы очистки	Сезоны года	МАФАнМ, (КОЕ/мл)	Биомасса водорослей, мг/л	Биомасса зоопланктона, мг/л	БГКП		Титр стафилококка
					коли-титр	патогенные серовариантны	
Сточные воды до ботанической площадки	весна лето осень	1.9-1,3 1,0-0,9 1,0-1,1	250,0	400,0	$10,0^{-2}$ $10,0^{-2}$ $10,0^{-2}$	- - -	$10,0^{-2}$ $10,0^{-1}$ $10,0^{-1}$
Сточные воды после ботанической площадки	весна лето осень	0,5-0,8 0,32-0,2 0,2-0,3	200,0	400,0	1,0 1,0 10^{-1}	- - -	10,0 10,0 1,0

Примечание: МАФАнМ - количество мезофильных и факультативно-анаэробных микроорганизмов

Рисунок 4 – Диаграмма эффективности каждой ступени очистки по отношению к предыдущей в РБП, %.

Исходя из результатов гидрохимического анализа, можно сделать вывод, что эффективность очистки сточных вод естественными компонентами водной экосистемы проходит интенсивно по каждой ступени очистки.

Таблица 5 - Динамика санитарно-гидрохимических показателей свиноводческих стоков в РБП по ступеням очистки

Технологические этапы очистки	pH	ХПК, мг/л	$БПК_5$, мг/л	Азот			P_2O_5, мг/л	Взвешен. вещества
				аммон., мг/л	орган., мг/л	общий, мг/л		
Стоки после искусственной биологической	7,5	2145	609	239,9	213,9	471	182	2052,5

очистки								
Пруд-накопитель	7,0	1680	480	235	247,6	441	150	2275
Пруд водорослевый	8,4	540	230	145	221,7	160,7	91	380
Пруд рачковый перед ботанической площадкой	7,6	320	160	127	182,8	135,8	83	310
Сток после ботанической площадки	7,5	156	60	29	46,3	50,7	41	87
Пруд рыбоводный	7,8	130,4	48	1,9	31,6	26,4	14,6	30

Наибольший процент очистки по азоту аммонийному и P_2O_5 наблюдался в рыбоводном пруду, по азоту органическому – на ботанической площадке, практически одинаково высокий процент уменьшения азота общего отмечен на всех технологических этапах очистки.

Таблица 6 - Эффективность очистки каждой ступени РБП, в %

Биопруды	ХПК	$БПК_5$	Азот			P_2O_5	Взвешенные вещества
			аммон.	орган.	общий		
Пруд-накопитель	21,7	21,2	2	0	6,4	17,6	0
Пруд водорослевый	67,9	52,1	38,3	3,6	63,6	39,3	57,8
Пруд рачковый перед ботанической площадкой	40,7	30,4	12,4	17,5	15,5	8,8	18,4
Сток после ботанической площадки	51,3	62,5	77,2	74,7	62,7	50,6	71,9
Пруд рыбоводный	16,4	20,0	93,4	31,7	47,9	64,4	65,5

Высокая эффективность очистки по ХПК и $БПК_5$ в рачковом пруду является положительным фактором для обитателей водоёма - ветвистоусых рачков *Daphnia magna*. В рыбоводном пруду, как и следовало ожидать, высокий процент очистки отмечен по аммонийному, общему азоту и фосфору (таблица 6).

Проведённое санитарно-бактериологическое исследование сточных вод свиноводческого комплекса по сезонам года и этапам очистки показало, что в водорослевых прудах на 12-13-й день наблюдалось обильное развитием микроводорослей.

Вода в этих прудах была зелёного цвета, в рачковых прудах происходило обильное развитие зоопланктона с преобладанием *Daphnia magna*. В таблице 7 представлена динамка эффективности каждой ступени очистки.

Таблица 7 - Динамика эффективности каждой ступени очистки на основании

гидрохимических и санитарно-бактериологических анализов свиноводческих сточных вод в РБП

Место отбора проб	pH	ХПК, мг/л	$БПК_5$, мг/л	азот		P_2O_5, мг/л	Взве-шен-ные в-ва, мг/л	Титр стафи-лококка
				аммиачный, мг/л	общий, мг/л			
Выход с искусственных сооружений очистки	6,7	2288	400	326	326	90	1180	10^{-8}
Пруд-накопитель	7,1	1455	240	312	313,5	80	875	10^{-5}
Рачковый пруд № 5	8,3	141	33	48,2	52,3	75	59	$10,0^{-1}$
Рыбоводный пруд № 6	8,1	100	32	45,5	45	61,5	205	10,0

В таблице 8 приведены результаты санитарно-бактериологического исследования сточных вод свиноводческого комплекса. В конце лета в прудах № 5 и № 6 санитарно-показательная микрофлора не выделялась из 10 мл сточной жидкости (таблица 9), что свидетельствует об очистке воды по гидрохимическим и бактериологическим показателям, ее соответствии ГОСТ Р 70277-2022 и возможности сброса в естественные водоёмы

Таким образом, альгологический комплекс (АК) микроводорослей, представленный диатомовыми, зелёными и протококковыми водорослями, усваивал органические и минеральные вещества сточных вод, наращивал свою биомассу, способствовал снижению коли-титра и титра стафилококка до 10,0; сальмонеллы не выделялись во всех ступенях очистки РБП.

Исходя, из результатов гидрохимического и санитарно-бактериологического анализа можно сделать вывод, что эффективность очистки сточных вод естественными биоценозами проходит интенсивно по каждой ступени очистки рыбоводно-биологических прудов.

Таблица 8 - Санитарно-бактериологическое исследование сточных вод свиноводческого комплекса по сезонам года и этапам очистки

№ проб	Место отбора проб	Время года	Объем микро-водорослей, мл	Санитарно-бактериологические показатели				
				микробное число, млн/г	коли-титр	патогенные вари-анты	титр стафи-лококка	титр сальмон-елл
1	Пруд-накопитель №1	весна лето осень		6,00 4,00 5,00	10^{-6} 10^{-5} 10^{-5}	0141,014 2,0147, 0149	10^{-3} 10^{-2} 10^{-3}	10^{-1} 10^{-1} 10^{-1}
2	Пруд №2	весна	1000	4,00	10^{-4}	0141,014	10^{-3}	10^{-1}

		лето осень		3,15 2,00	10^{-2} 10^{-3}	2,0147, 0149	10^{-2} 10^{-2}	$10^{,0}$ -
3	Пруд №3	весна лето осень		2,10 1,15 п	10^{-3} 10^{-1} п	- п	10^{-2} 10^{-1} п	10,0 - п
4	Пруд №4	весна лето осень		1,12 0,27 п	10^{-2} 10^{-1} п	- п	10^{-1} 10,0 п	- - п
5	Пруд №5	весна лето осень		0,47 0,25 0,13	10,0 - -	 - -	10,0 - -	- - -
6	Пруд №6 (рыбоводный)	весна лето осень		0,11 0,07 0,10	10,0 - -	 - -	10,0 -	- - -

Примечание: + выделены; – не выделены; п - пруд пустой;

Особенности очистки птицеводческих стоков птицефабрик в модельных лабораторных экспериментах и в биологических прудах очистки.

Механизм очистки высококонцентрированных сточных вод птицефабрик заключался в следующем. Первоначально сточные воды проходили песчано-гравийные фильтры, затем по цепочке направлялись в пруды-накопители. Далее осветлённая сточная жидкость попадала в биологические пруды в расчётном объёме 800 $м^3$ в сутки. В действительности в пруды-накопители поступало практически вдвое больше стока до - 1500 $м^3$. Результаты гидрохимических исследований сточных вод представлены на рисунке 5.

Как видно из таблицы 9, на момент исследования ХПК сточных вод составляло 720 мг/л, $БПК_5$ 420 мг/л, проектом же предусмотрено снижение $БПК_5$ в летнее время до 20-30 мг/л, а в зимнее время до 100 мг/л.

В действительности, в летнее время $БПК_5$ было гораздо выше проектного и составляло в среднем 95,5 мг/л, в зимнее время составляло до 420 мг/л. Оценивая эффективность работы РБП по $БПК_5$, можно отметить его снижение в среднем только на 56,2%. Процент гибели кишечной палочки по БГКП от 0,00028 до 0,00096 КОЕ/мл. Такая сточная жидкость требует доочистки и не может быть сброшена в естественные водоисточники.

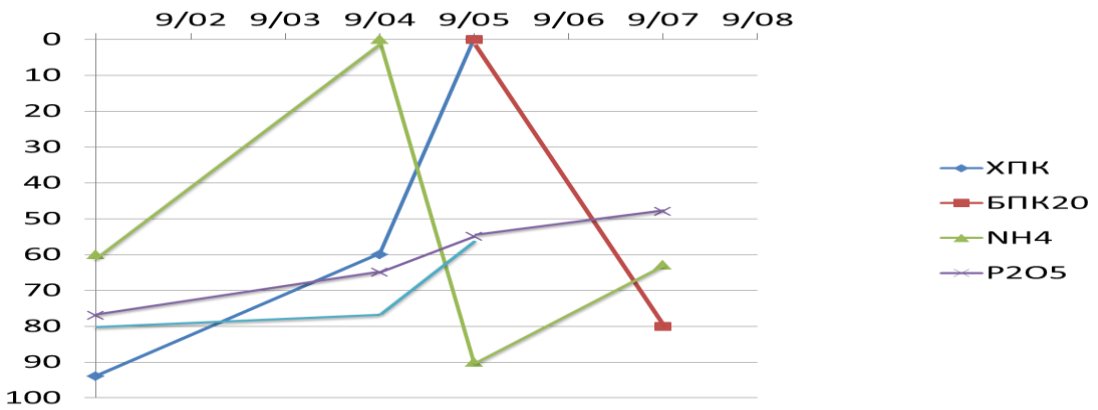

Рисунок 5 – Эффективность очистки сточных вод прошедших очистку в биологических прудах

Таблица 9 - Динамика органических загрязнений в очищенной сточной воде птицефабрик, прошедшей проточные биологические пруды, мг/л

N/N	Дата	ХПК	$БПК_5$	$БПК_{20}$	Азот		P_2O_5	Взвешенные вещества
					аммиачный	общий		
1	9.03.10	720,0	420,0	544,0	93,5	10,8	40,0	75,0
2	11.04.00	425,0	256,0	304,0	50,4	56,6	22,0	66,0
3	16.05.00	182,0	95,0	118,0	41,0	58,9	5,0	96,0
4	13.06.00	115,2	12,60	560,0	40,0	63,5	40,0	200,0
5	27.07.00	115,0	60,0	206,0	23,2	34,3	9,0	115,0
6	22.08.00	259,2	40,0	164,0	31,4	42,0	12,0	7,0

В лабораторных условиях были проведены экспериментальные исследования с целью ускорения процессов очистки. Аквариумы со сточной водой освещали~~сь~~ лампами дневного света, при температуре 22-23 °С. В опытах исследовали~~сь~~ 3 пробы. Пробу 3 контаминировали музейными штаммами *E. coli (0142)*, сальмонелл (*S. dublin*), *S. aureus (P-209), Mycobacterium B-5* в концентрации 1000 м.т./мл.

Каждые 5-10 дней из аквариумов отбирали~~сь~~ пробы воды для проведения гидрохимических и санитарно-бактериологических исследований, результаты которых представлены в таблицах 10,11.

Как показано в таблице 10 под влиянием АК микроводорослей эффективность очистки по $БПК_5$ на 30-е сутки экспозиции по сравнению с 10-ми сутками увеличилась с 78,4% до 96,7%, эффективность очистки по аммиачному азоту также возросла с 15,5 до 96,4%.

Таблица 10 - Эффективность очистки сточных вод ~~%~~

Исследуемые пробы	Гидрохимические показатели, мг/л	Эффективность очистки, %	
		10 суток	30 суток
1. Исходная сточная вода (контроль)	ХПК	56,2	79,8
2. Сточная вода + водоросли	ХПК	71,2	96,7
3. Исходная сточная вода (контроль)	$БПК_5$	57,7	82,1
4. Сточная вода+ водоросли	$БПК_5$	78,4	96,7
5.Исходная сточная жидкость (контроль)	Аммиачный азот	6,7	82,4
6.Сточная вода + водоросли +комплекс патогенных микроводорослей	Аммиачный азот	15,5	96,4

1 проба контроль (сточная вода после механической очистки);

II проба сточная вода + альгологический комплекс микроводорослей

III проба – исходная сточная вода+ альгологический комплекс микроводорослей + комплекс патогенных микроводорослей

Таблица 11 - Результаты санитарно-гидрохимических лабораторных модельных исследований сточных вод

Исследуемые пробы	Время экспозиции	pH	ХПК мг/л	$БПК_5$ мг/л	$БПК_{20}$ мг/л	Азот мг/л			Взвешенные в-ва, мг/л	P_2O_5, мг/л
						аммиачный, мг/л	органический, мг/л	общий, мг/л		
1 - исходная	Март	7,1	2012,4	448,0	870,0	167,4	34,2	201,6	121,0	101,0
2 - исходная + водоросли	Апрель	7,1	2073,6	484,0	702,0	166,8	34,0	200,8	130,0	111,0
3 исходная + водоросли + культура патогенных микроорганизмов	Май	7,0	2318,0	440,0	815,0	160,2	25,2	195,4	128,0	111,0
1 исходная	10 дней	8,0	920,0	190,0	801,7	156,2	24,0	180,2	152,0	150,0
2 исходная +водоросли	20 дней	8,0	598,4	105,6	180,8	141,1	19,6	160,7	141,0	285,0
1 исходная	30 дней	8,9	425,0	80,2	240,3	29,6	26,8	46,4	1175,0	-
2 исходная + водоросли	40 дней	10,4	100,0	60,4	60,4	7,8	19,6	27,4	4075,0	-

Из результатов санитарно-гидрохимических исследований видно, что под влиянием АК микроводорослей процесс очистки сточной жидкости проходит успешно по $БПК_5$: 190,0 снизилось до 60,4 мг/л, наилучшие результаты достигнуты по

аммиачному и общему азоту: увеличение взвешенного вещества со 152,0 до 4075,0 мг/л говорит о приросте микроводорослей.

Таблица 12 - Эффективность снижения *E. coli* в альголизированных сточных водах

Экспозиция, сутки	Эффективность отмирания *E. coli*, %
2-е	0
5-е	95,6
12-е	99,9

Таким образом, использование метода альголизации для обеззараживания сточных вод позволяет снизить микробную нагрузку до 99,9% (таблица 12). Полученные данные позволяют заключить, что сточные воды после их альголизации соответствуют ГОСТ 17.1.2.04-77.

Естественно-биологические особенности очистки и санации сточных вод различного генезиса мясокомбинатов в лабораторных и производственных условиях по методу очистки в БОКС прудах. Исследуемые сточные воды мясокомбинатов имели устойчивый темно-красный цвет, были непрозрачными, обладали зловонным запахом. В сточные воды мясокомбината был введён АК микроводорослей, результаты проведённых исследований представлены в таблицах 13 и 14.

Анализируя представленные в таблицах данные, можно отметить, что в альголизированных концентрированных кровяных стоках снижение концентрации *E. coli,* проходило эффективнее, чем в разбавленных стоках. Причем выявлено, что чем выше степень разбавления, тем менее эффективна динамика происходящих процессов.

В эксперименте были проведены исследования по изучению изменений биомассы водорослей. В условиях инокуляции сточной жидкости водорослями при различной степени разбавления кровяных стоков водопроводной водой биомасса водорослей, согласно полученным данным (таблица 15), возрастала от 1,5 до 4,1 раза.

Таблица 13 - Эффективность обеззараживания кровяных стоков

Дата отбора пробы	Экспозиция, сутках	Исследуемые пробы	Гибель бактерий *E. coli*, %
28.12.	0	Кровяные стоки без разбавления	0
05.01.	6	Кровяные стоки + водоросли	99,94
09.01.	9	Кровяные стоки + водоросли	99,99
12.01	12	Кровяные стоки + водоросли	100,0
15.07.	15	Кровяные стоки + водоросли	100,0

Анализ данных, представленных в таблице 15, наглядно показывает, что наибольшее увеличение биомассы микроводорослей имело место в разбавленных кровяных сточных водах 1:1 и 1:2 (60,8 и 60,3%). Как и следовало ожидать,

содержащийся в воде скотобоен в большом количестве протеин является хорошей питательной средой для культивирования на них суспензии водорослей.

Таблица 14 - Данные санитарно-бактериологических анализов кровяных стоков разной степени разбавления

Экспозиция в сутках	Исследуемые пробы	Погибшие бактерии *E. coli*, %
0	Кровяные стоки концентрированные + водоросли	0
4	Кровяные стоки концентрированные + водоросли	0
7	Кровяные стоки концентрированные + водоросли	97,96
11	Кровяные стоки концентрированные + водоросли	98,79
14	Кровяные стоки концентрированные + водоросли	99,84
18	Кровяные стоки концентрированные + водоросли	100,0
0	Кровяные стоки разбавленные 1:1 + водоросли	0
4	Кровяные стоки разбавленные 1:1 + водоросли	0
7	Кровяные стоки разбавленные 1:1 + водоросли	98,94
14	Кровяные стоки разбавленные 1:1 + водоросли	99,63
0	Кровяные стоки разбавленные 1:10 + водоросли	0
4	Кровяные стоки разбавленные 1:10 + водоросли	29,75
7	Кровяные стоки разбавленные 1:10 + водоросли	49,48
11	Кровяные стоки разбавленные 1:10 + водоросли	64,22
18	Кровяные стоки разбавленные 1:10 + водоросли	99,71

Жизнедеятельность микроводорослей, не нарушается и не угнетается, как видно из данных таблицы 15, несмотря на то, что кровяные стоки имели значительное окрашивание и были подвержены весьма сильному загниванию.

Таблица 15 - Динамика изменения биомассы микроводорослей при их альголизации в кровяных стоках

Степень разбавления кровяных стоков	Концентрация взвешенных веществ, мг/л		Кратность увеличения биомассы, %
	1-е сутки	18-е сутки	
1:1	1748,0	3570	48,4
1:1	2106,0	3256	60,8
1:2	774,0	1283,0	60,3
1:10	448,0	1169,0	38,6
неразбавленные	2942,0	10210	28,9

Биомасса микроводорослей нарастала, независимо от степени разбавления стоков. Однако все же еще раз следует подчеркнуть, что в неразбавленных стоках, этот показатель был, в целом, выше. В период проведения экспериментальных

исследований по изучению возможности обеззараживания кровяных стоков с помощью микроводорослей концентрация растворённых веществ в них была высокой от 5,7 до 12,2 мг/л.

Значительное содержание в стоках убойного цеха мясокомбината, как следовало из экспериментальных работ, не оказывало ингибирующего влияния на процесс накопления биомассы.

Можно предположить, на основании этих данных, что в процессах обеззараживания стоков убойного цеха были виды микроводорослей, у которых устойчивость к хлористому натрию является видовым признаком (зелёная водоросль *Zygogonium ericetorum*).

Таким образом, адаптированный к кровяным сточным водам АК дал положительный результат по санитарно-гидрохимическим и санитарно-бактериологическим показателям. Сточные воды очищены и обеззаражены. Снижение содержания *E. coli* было достигнуто на 11-15 сутки с момента инокуляции стоков микроводорослями до 99,9% по сравнению с исходной сточной жидкостью Биомасса микроводорослей возросла в 4.1 раза. Уровень солесодержания в реальной сточной воде практически не оказывал влияние на физиологическое состояние клеток микроводорослей и эффективность процессов биологического обеззараживания.

Результаты исследований сточных вод мясокомбината, проведённых в полупроизводственных условиях. На втором этапе экспериментальных исследований сточных вод мясокомбината был уточнён обеззараживающий эффект компонентов экосистемы в производственных условиях.

Таблица 16 - Характеристика процессов самоочищения стоков Клинского мясокомбината в полупроизводственных условиях

Дата отбора пробы и экспо-зиция, сутки	Объект наблюдения	Показатели, мг/л									
		pH	ХПК	$БПК_5$	азот			Плотн. остаток	Прокал. остаток	Взве шен. в-ва	Фос фор
					амми ачн.	орган	общ.				
1.06. 0-сутки	Кровяные стоки до внесения Микроводо-рослей	6,65	4514,4	3500	137,8	258,7	396,5	5046,5	4718,0	318,0	11,0
2.06. 1 сутки	Кровяные стоки после внесения микроводо-рослей и разбавления	7,8	950,0	2300	150,1	-	-	1374,0	1112,0	262,0	26,0
6.06. 5 сутки	Кровяные стоки после внесения микроводо-	7,2	742,5	238,0	71,7	32,5	104,2	1376,0	1064,0	312,0	-

	рослей и разбавления										
13.07. 43-сутки	Кровяные стоки после внесения микроводо-рослей и разбавления	7,8	230,0	16,0	-	-	-	528,0	518,0	8,0	84,0

На мясокомбинате была изготовлена ёмкость объемом 2,24 $м^3$. В ёмкость было залито около 1,5 $м^3$ водопроводной воды на глубину I м, в соотношении 1:3 (1 часть чистой воды, 3 части стоков).

Ёмкость установили на открытой местности, в неё после заполнения было инокулировано 2 л (по объёму) адаптированных микроводорослей. Пробы в экспериментальных условиях отбирали~~ись~~: на нулевые, 5 и 43 сутки с момента начала эксперимента. Результаты исследований отражены в таблице 16. Начиная с 5-х суток после заполнения ёмкости кровяными стоками в ней начали происходить анаэробные процессы. Визуально при осмотре ёмкости вода имела чёрный цвет. На поверхности плавали отмершие островки водорослей, внесённые в эту ёмкость.

Полученные данные вполне закономерны: поскольку перед запуском воды в ёмкость железо, входящее в состав водопроводной воды и самой ёмкости, соединялось с сероводородом кровяных стоков и образовывало сернистое железо, придавшее чёрный цвет находящейся в ёмкости воде. Как видно из данных таблицы 17, при заполнении ёмкости кровяными стоками, они характеризовались весьма высоким содержанием бактерий *E. coli.*

Через 30 дней экспозиции вода в ёмкости приобрела изумрудный цвет и имела запах свежей речной воды. Как свидетельствуют данные таблицы 16, на 43-и сутки с момента постановки эксперимента, в этой воде полностью отсутствовал аммиачный азот, содержание ХПК снизилось до 230 мг/л, $БПК_5$ составило 16,0 мг/л; концентрация взвешенного веществ 8,0 мг/л, т.е. уменьшилась на 90%.

Таким образом, следует сделать выводы, что анаэробная и последующая аэробная очистка с помощью микроводорослей кровяных стоков на 43-и сутки с момента начала экспериментальных исследований существенно изменила качественный состав этих сточных вод. При бактериальном исследовании величина гибели бактерий *E. coli* на 43 сутки составила 99,9%.

Коли-индекс в этой сточной воде на 43-и сутки экспозиции составил 10000, а коли-титр 0,1. Приведённые выше данные являются весьма показательными в условиях самоочищения сточной жидкости в ёмкости с гиацинтами (таблица 17).

Таблица 17 - Санитарно-бактериологические исследования по изучению процессов самоочищения в ёмкости с гиацинтами

Показатели	Дата отбора проб									
	20.07	26.07	28.07	02.08	08.08	11.08*	15.08	22.08	01.09	05.09
	Экспозиция, сутки									

	0	6	8	12	18	20	2* 5*	32* 12*	40* 21*	45* 25*
Коли-индекс	10^9	10^8		10^7	10^6	10^4 /10^7	10^8	10^5	10^3	10^3
Коли-титр	10^{-5}.	10^{-5}.		10-^{4}	10^{-2}	10-/10^{-4}	10^{-5}.	10^{-2}	10^1	10^1
Общие микробное число ОМЧ+22/+37	728 265000	42000 48000	10000 140000	2950 45000	20500 22600	32000 102600	16575 27350	159000 4050	7200 3500	55000 12100
Условно патогенная флора	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-

Примечание: *- повторное внесение микроводорослей; **- числитель - экспозиция в сутках с момента начала эксперимента; **- знаменатель – экспозиция в сутках с момента повторного внесения микроводорослей

Однако, такая сточная вода для сброса на поля орошения не отвечала требованиям ГОСТ 17.1.2.04-77, поскольку из неё была выделена условно-патогенная флора.

Чтобы ускорить аэробную направленность этих процессов в ёмкость была инокулирована культура микроводорослей. На 5-е сутки после внесения культуры микроводорослей бактериологический анализ показал, что в данной ёмкости начались процессы самоочищения. И хотя коли-титр в воде уменьшился до 0,0001, а коли–индекс составил 100000000, соотношение между количеством бактерий, выросших при +22 °С и +37 °С было равно 6. Патогенная флора в такой воде отсутствовала.

На 12-е сутки коли-титр увеличился и составил 0,01, коли-индекс уменьшился в 100 раз и имел величину 100000. Соотношение между бактериями, выросшими при +22 °С и +37 °С, стало равно 36. Патогенная флора на эти сутки экспозиции (после внесения микроводорослей) также не была обнаружена.

На 21-е сутки в ёмкости с гиацинтами после интродукции микроводорослей процесс самоочищения сточной воды приблизился к концу: коли-титр к этому сроку составил 1,0; концентрация бактерий *E. coli* в 1 л (коли-индекс) достигла 1000; соотношение между микробами, выросшими при +22 °С и +37 °С стала равной 2. Патогенная флора в такой воде на 21-е сутки (после внесения микроводорослей) не обнаружена.

На 21-е сутки в сточной воде где были высажены гиацинты отмечена стабилизация качества воды в отношении коли-титра - 1,0 и коли-индекса 1000; что же касается величины соотношения между количеством микробов, выросших при +22 °С и +37 °С, то она стала в 2 раза больше. Это позволяет сказать, что степень чистоты воды в присутствии микроводорослей и гиацинтов на 25-е сутки возросла по сравнению с 21-ми сутками; патогенная флора также не была высеяна. Таким образом, был получены отрицательные результаты по выращиванию культуры водного гиацинта на сточных водах мясокомбината (таблица 17).

Таким образом, резюмировав санитарно-бактериологические результаты анализов, можно сделать вывод, что культура водного гиацинта не оказывает очищающего действие на кровяные стоки, уменьшая величину коли-индекса (на 18-е сутки до 10^6 вместо 10^9 на нулевые сутки. И в то же время повышает коли -титр с 10^{-2} до 10^{-5}; такие сточные воды не соответствовали ГОСТ 17.1.2.04-77 и нуждалась в дополнительной очистке и дезинфекции.

Таким образом, использование адаптированного комплекса микроводорослей дало положительные результаты. Сточные воды, очищенные и обеззараженные, соответствовали ГОСТ 17.1.2.04-77 и в последствие использовались для полива цветочных культур.

Естественно-биологическая очистка хозяйственно-бытовых сточных вод на станции очистки.

В процессе реконструкции на станции была устранена одна из важнейших проблем - неприятные запахи, исходящих от очистных сооружений. Неприятные запахи связаны с большими площадями открытых технологических сооружений, а так же с работой канализационных насосных станций, вытяжек и коллекторов. Для ее решения Российскими инженерами была разработана уникальная конструкция – плоские плавающие перекрытия, аналогов которых в мире нет (Субботина Ю.М., Пономарева Н.В., 2009).

Технологическая схема обработки осадка на Курьяновских очистных сооружениях (КОС) схожа с Люберецкими очистными сооружениями, но есть существенное отличие. В процессе очистки сточных вод на КОС образуется около 18 тысяч кубометров жидкого осадка в сутки (около 6,5 млн. кубов в год).

Часть ила направляется в аэротенки для поглощения органических веществ сточных вод с помощью комплекса микроводорослей, а другая часть смешивается с осадком из первичных отстойников и направляется в метантенки - огромные высокие чаны, где происходит брожение осадка с выделением метана (Субботина Ю.М., Пономарева Н.В. 2009).

Метан собирается в газгольдеры, а оттуда поступает в местную мини-ТЭС, которая обеспечивает до 60% потребности в электроэнергии КОС. Отбродивший осадок по трубопроводу направляется для последующего обезвоживания с последующей утилизацией (Система работы Курьяновских очистных сооружений, 2013; Субботина Ю.М., Пономарева Н.В., 2009; Субботина Ю.М., 2013).

Особенности выращивания рыбопосадочного материала в поликультуре в рыбоводно-биологических прудах. Нами в ходе многолетних исследований изучен метод очистки сточных вод различного генезиса с помощью естественных компонентов экосистемы в рыбоводно-биологических прудах очистки.

Таблица 18 - Результаты выращивания карпа и толстолобика в поликультуре в рыбоводно-биологических прудах

Вид рыб	№ пруда	Посажено на выращивание, тыс. шт.		Средняя масса рыбы, г		CV	td	Выход рыбы		Рыбопродуктивность, кг/га
		всего	на га	посадка	облов			тыс. шт	%	
Карп толстолобик	5	18,0 7,0	36,0 14,0	0,025 0,004	28,2+0,89 21,5+0.95	33,7 28,1	4,2 6.1	11,8 6,5	59,0 81,0	665,6 279,6
Карп толстолобик	6	18,0 7,0	36,0 14,0	0,025 0,004	27,5+0,89 18,3+0,76	30,9 32,4	5,2 6,0	11,8 6,4	59,0 80,5	649,0 234,2

Среднее		25,0	50,0		27,85/ 19,9			6,45	80,6	914,2
Карп толстолобик	5	20,0 10,0	40,0 20,0	0,025 0,004	25,2+0,89 18,2+0,78	69,1 42,4	4,0 6,0	12,8 11,3	64,0 75,5	645,1 234.2
Карп толстолобик	6	20,0 10,0	40,0 20,0	0,025 0,004	26,5+0,89 19,6+0,99	58,1 52,4	4,3 6,0	12,3 11,0	61,5 73,6	651,9 290,1
Среднее		35,0	60,0		25,85/ 18,9			11,85	68,6 5	930.1
Карп толстолобик	5	20,0 5,0	30,0 10,0	0,025 0,004	28,3+0,89 20,0+ 0,78	21,8 22,6	5,4 5,7	13,8 8,16	69,0 81.6	589,0 163,2
Карп толстолобик	6	15,0 5,0	30,0 10,0	0,025 0,004	26,2+0,89 20,9+0,87	24,7 18,6	5,2 6,3	13,0 8,21	65,0 82.1	513.5 171,8
Среднее		20,0	40,0	0,025 0,004	27,25/ 20,45			10,79	74,4 3	718,5

Рыба (карп, карась и их гибриды, гибриды толстолобика), потребляя чрезмерно развивающуюся планктонную массу, утилизирует гидробионты (зоо-, фито- и бактериопланктон), толстолобик отфильтровывает микроскопические частицы органического вещества, бактерии и водоросли, наращивая свою биомассу, улучшая качество воды по санитарно-гидрохимическим и бактериологическим показателям. В таблице 18 представлены результаты выращивания рыбопосадочного материала в поликультуре в РБП.

Из результатов таблицы 18 видно, что наилучшие результаты выращивания выявлены на второй год исследования. Плотность посадки была минимальная 40 тыс. шт. карпа и 20 тыс. шт. толстолобика на га, средняя рыбопродуктивность прудов составила 930,1 кг/га. В последующих годах было проведено выращивание молоди щуки в рыбоводно-биологических прудах в течение 30 дней и получены обнадёживающие результаты, разработана технология.

На основании проведённых исследований приняты следующие рыбоводно-биологические нормативы выращивания сеголеток в РБП:

1) карп – плотность посадки 3-х дневной личинки 30-40 тыс. шт/га или карпо-карась – не более 30 тыс. шт/га, толстолобик - 8-10 тыс. шт/га;

2) выход сеголеток карпа с 1 га выращиваемой площади 40-50%;

3) выход сеголеток карпо-карася и толстолобика с 1 га 60-80%;

4) щука – не более 200 тыс. шт/га, выход 30 дневной молоди 40-50% с навеской 1 г.

Эколого-морфологическое состояние рыбопосадочного материала, выращенного в поликультуре в рыбоводно-биологических прудах. Выращенный рыбопосадочный материал был исследован на содержание белка, жира и минеральных веществ. Биохимический состав выращенных сеголеток в РБП отличался высоким содержанием белка (67,3%), жира 54,5% и высоким содержанием минеральных веществ (17,1%). Эти показатели позволят выращенному сеголетку эффективно перезимовать. Статистическая обработка результатов выращивания молоди карпа и толстолобика в течение трёх лет при различной плотности посадки показала, что с увеличением плотности посадки коэффициент вариации массы тела рыб уменьшается (таблица 19), так при плотности посадки 60,0 тыс. шт/га масса тела рыб варьировала в

меньших пределах, чем при плотности 50,0 тыс. шт/га. Наименьшая вариабельность массы тела рыб отмечалась при плотности посадки 60 тыс. шт/га, рыбопродуктивность при этой плотности посадки также была самой высокой за все три года исследований - 930,1 ц/га.

Наряду с изменчивостью массы карпа и толстолобика нас интересовали изменения, происходящие в крови выращиваемых рыб. В результате статистической обработки установлено, что морфологический состав крови у карпа более подвержен изменениям по сравнению с выращиваемым в этих же условиях толстолобиком и рыб, выращиваемых в обычных рыбоводных прудах (таблица 19,20).

Таблица 19 - Характеристика красной крови молоди карпа и толстолобика в период выращивания в рыбоводно-биологических прудах

Показатели	Карп		Толстолобик	
	лето	осень	лето	осень
Hb, г/%	7,87+0,15	5,74+0,22	7,11+ 0,21	6,81+0.23
Ht, %	28,46+1,10	26,85+1,15	29,02+ 1,00	27,04+ 1,70
Эрит., млн/мкл	1,09+0,02	1,02+0,02	1,40+0,05	1,32+0,18
ОК, %	4,67+0,38	5,08+0,26	2,98+0,30	3,02+0,26
ОБГ, г/кг	3,38+0,23	2,70+0,15	2,04+0,18	2,9+0,20
СГЭ, пг	72,20+3,54	55,25+2,20	60,01+2,21	56,05+ 2,13
СКГ, %	27,79+1,80	21,82+1,50	29,50+2.15	25,65+1,67
ОЭ, мк^3	261,11-16,50	263,23+13,60	190,12+ 16,32	210,0+11,03

Таблица 20 - Морфологический состав лейкоцитов молоди карпа и толстолобика в период выращивания в рыбоводно-биологических прудах

Показатели	Карп		Толстолобик	
	лето	осень	лето	осень
Лейкоциты, тыс. шт/мкл	8,00+0,25	13,00+0,90	7,22+0,30	8,88+0,34
Лимфоциты, %	96,35++1,84	92,87+2,91	97,32+1,96	96,40+2,01
Моноциты, %	3,11+0,29	6,46+0,30	2,05+0,21	2,5+019
Нейтрофилы, %	0,53+0,03	0,69+0,01	0,23+0,02	0,40+0,31

Подращивание молоди щуки в рыбоводно-биологических прудах очистки. Впервые в прудах биологической очистки экспериментального свиноводческого хозяйства были подращены личинки щуки в течение 30 дней.

В данном хозяйстве в рыбоводно-биологический пруд - последняя ступень очистки, были высажены производители щуки: одна самка 4-х летнего возраста и три самца 2-х и 3-х летнего возраста (были предварительно на 5 минут высажены в 5% солевой раствор с профилактической целью). В течение 2-х суток при прогреве воды до 10-12 ^{o}С производители отнерестились на прошлогоднюю растительность. После нереста были выловлены во избежание каннибализма и распространения инфекции.

В проведённом исследовании недостатка пищи у мальков щуки не наблюдали, не видели также и каннибализма, мальки росли, опережая график роста мальков в естественных водоёмах. Мальки щуки за четыре недели достигли средней массы 1,2 г. Пруд был обловлен, мальки щуки выпущены в естественные водоемы. Выход трёхнедельной молоди щуки от естественного нереста составил 50%.

Заключение

Проведенные исследования подтвердили способность альгологического комплекса микроводорослей очищать сточные воды различного генезиса. В ходе экспериментальных исследований разработаны и оценены способы очистки и детоксикации сточныой воды различного происхождения в рыбоводно-биологических прудах с помощью агрогидроценозов на биоинженерном сооружении типа «ботаническая площадка».

Применение агрогидроценозов на биоинженерных сооружениях типа «ботаническая площадка» позволило оптимизировать процессы очистки за счет создания контролируемой экосистемы, в которой микроводоросли, высшие водные растения и микроорганизмы взаимодействуют синергетически. Конструкция «ботанической площадки» обеспечивает эффективное распределение сточных вод, оптимальное освещение и аэрацию, что способствует активному росту и метаболизму микроводорослей и высшей водной растительности.

Исследования по очистке свиноводческих стоков выявили способность водных экосистем к нейтрализации токсичных веществ, таких как аммиак, сероводород и продукты разложения органических соединений. Компоненты водной экосистемы, включая микроводоросли, бактерии и зоопланктон, последовательно участвуют в деградации загрязнителей, обеспечивая глубокую очистку сточных вод и снижение их токсичности.

Внедрение разработанных технологий в производство позволило существенно снизить негативное воздействие сточных вод на окружающую среду, улучшить экологическое состояние водоемов и получить дополнительные ресурсы за счет использования биомассы микроводорослей. Исследования направлены на оптимизацию процессов очистки, повышение эффективности биоинженерных сооружений и расширение спектра применения альгологических комплексов для очистки сточных вод различного генезиса.

В результате выполненных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Научно обоснованы процессы очистки сточных вод различного генезиса в рыбоводно-биологических прудах и выращивания рыбопосадочного материала различного трофического уровня на очищенных животноводческих стоках.

2. Установлено, что в процессе биологического обеззараживания стоков различного происхождения с помощью альголизации микроводорослями в производственных условиях, на 11-18 сутки с момента инокуляции стоков микроводорослями достигается отмирание бактерий *E. coli* на 98,5-100% по сравнению с исходной сточной жидкостью. Биомасса микроводорослей увеличивается и на момент отмирания бактерий *E. coli* в среднем на составляет 99%. Масса водорослей возрастала с 1,5 до 4,1 раза от первоначального количества. При альголизации птицеводческих сточных вод, эффективность очистки по ХПК

колебалась от 60 - до 96,7%, БПК**5**, от 78,4 – до 96,7%, по азоту аммонийному от 35 - до 96,4%, фосфору от 40 - до 68,8%. Такие результаты не могут быть достигнуты сооружениях искусственной очистки.

3. Установлена эффективность очистки свиноводческих стоков в рыбоводно-биологических прудах которая составила от 70 до 80% по ХПК, в то же время как на сооружениях искусственной очистки составляет всего 49 - 50%. по БПК5 70 - 75%, очистка по общему азоту 50 - 55% соответственно, в биологических прудах очистки 778,85, что в 2,5 раза превышает аналогичный показатель на сооружениях искусственной очистки по взвешенным веществам эффективность очистки на очистных сооружениях 55 - 60%, в то время как на рыбоводно-биологических рудах 75 - 90%.

4. Разработан и внедрен «Метод очистки животноводческих стоков в рыбоводно-биологических прудах с использованием поликультуры рыб». Произведена экологическая оценка очищенных сточных вод различного генезиса с помощью альгологического комплекса микроводорослей в лабораторных и производственных условиях.

5. Разработана и апробирована «Усовершенствованная технология выращивания объектов аквакультуры на биопрудах животноводческих комплексов».

6. Установлено, что рыба в рыбоводном пруду очистки производит мощное мелиоративное воздействие на экосистему рыбоводно-биологического пруда за счёт поедания микроводорослей и зоопланктона, в результате чего мы получаем дополнительное увеличение продуктивности и снижение себестоимости очистки.

7. На основании проведенных экспериментов, разработана и внедрена «Унифицированная технология выращивания рыбопосадочного материала различного трофического уровня в рыбоводно-биологических прудах на очищенных и обеззараженных животноводческих стоках». Разработана и апробирована «Технология выращивания молоди щуки в рыбоводно-биологических прудах очистки».

8. Определена экономическая эффективность очистки сточных вод в рыбоводно-биологических прудах очистки. Стоимость затрат на 200 м^3 стоков всего 363 тыс. рублей, на сооружениях искусственной биологической очистки затраты составляют 500 тыс. рублей, на полях орошения 620 тыс. рублей, при вывозе мобильным транспортом эти затраты значительно выше и составляют 1980 тыс. рублей.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Ветеринарно-санитарные и экологические мероприятия по выращиванию рыбы в интеграции с растениями и животными. (Методические рекомендации) // Субботина Ю.М. и др., МГУПБ, 2002. 35 с.
2. Методические указания по бонитировке и кадастровой оценке водоёмов комплексного назначения в составе агробиоценоза. // Субботина Ю.М. и др., 2004. 39 с.
3. Рыбоводно-биологические и технико-экономические обоснования включения водоёмов в состав полифункциональных хозяйств. (Методические рекомендации) // Субботина Ю.М. и др., 2005. 23 с.

4. Ветеринарно-санитарная оценка качества и ихтиопатологические исследования пресноводной рыбы. (Методические рекомендации) // Смирнова И.Р., Серветник Г.Е., Субботина Ю.М. и др., 2006. 39 с.
5. Рекомендации по методам и способам очистки сточных вод естественными компонентами экосистемы в рыбоводно-биологических прудах очистки. // Субботина Ю.М. и др., 2015. 75 с.
6. Учебный практикум для бакалавров по дисциплине «Водная токсикология». // Субботина Ю.М., 2013. 83 с.
7. Учебный практикум по дисциплине «Экологическая безопасность пищевых производств» // Субботина Ю.М. 2021. 94 с.
8. Учебный практикум для бакалавров по дисциплине «Санитарная и экологическая безопасность». // Субботина Ю.М. 2021. 107 с.
9. Технология выращивания молоди щуки в рыбоводно-биологических прудах очистки // Субботина Ю.М., 2022. 45 с.
10. Субботина Ю.М. Методы и способы очистки сточных вод естественными компонентами – экосистемы в рыбоводно-биологических прудах очистки различной модификации. Монография для самостоятельных работ студентов. 2022. – 172 с.
11. Субботина Ю.М. Учебный практикум по дисциплине «Ветеринарная и санитарная микробиология». Лекции 1 - 16 по Общей микробиологии. 2024. – 121 с.
12. Субботина Ю.М. Учебный практикум по дисциплине «Ветеринарная и санитарная микробиология». Лекции 1 - 16 по Частной микробиологии. 2024. – 141 с.
13. Субботина Ю.М. Учебный практикум по дисциплине «Санитарная и экологическая экспертиза». 2024. –120 с.
14. Субботина Ю.М. Учебный практикум по дисциплине «Санитарная микробиология». Лекции 1 - 16 по Санитарной микробиологии. 2024. – 107 с.
15. Субботина Ю.М. Учебный практикум по дисциплине «Санитарная микробиология». Лабораторные 1 - 16 по Санитарной микробиологии. 2024. – 96 с.
16. Технология выращивания рыбопосадочного материала различного трофического уровня в в рыбоводно-биологических прудах на очищенных и обеззараженных животноводческих стоков. Субботина Ю.М., 2024. – 68 с.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях рекомендованных ВАК при Минобрнауки России

Работы, входящие в издания базы Scopus

1. Subbotina, Yu.M. Hydrobotanical method of wastewater treatment using higher aquatic vegetation / Yu.M. Subbotina // American Journal of Scientific and Educational ResearchNo.1. (4), January-June, 2014. - С. 234 - 239.

2. Rudenko A., Bugrov A., Tresnitski S., Lenchenko E., **Subbotina, Yu.,** Blumenkrant D. Evaluation of the Efficacy of Pharmacotherapy for Decompensated Intestinal Dysbacteriosis in Cats. Scientific Conference “INTERAGROMASH 2022”. INTERAGROMASH 2022. Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. – vol. 575. Springer, Cham. – p. 611 – 619

Работы в рецензируемых научных изданиях Перечня ВАК РФ

3. Ярных, В.С., Смирнова И.Р., **Субботина Ю.М.,** Терёшина А.Н. Экологические аспекты естественной биологической очистки сточных вод / В.С. Ярных, И.Р. Смирнова, Ю.М. Субботина, А.Н. Терёшина // Ветеринария. № 9, 1993. – С. 22 - 32.

4. **Субботина, Ю.М.** Выращивание рыбопосадочного материала на свиноводческих стоках в прудах биологической очистки / Ю.М. Субботина**,** И.Р. Смирнова // Ветеринария. № 12, 1994. – С. 45 - 48.

5. **Субботина, Ю.М.** Использование биологических прудов и ботанической площадки с высшей водной растительностью для доочистки свиноводческих стоков / Ю.М. Субботина, И.Р. Смирнова // Ветеринария. № 2, 1995. – С. 51 - 54.

6. **Субботина, Ю.М.** Рыбоводно-биологические пруды и выращивание рыбы на жидких отходах свиноводства / Ю.М. Субботина, И.Р. Смирнова // Свиноводство. № 3, 1996. – С. 21 - 24.

7. Тюрин, В.Г. Влияние факторов внешней среды на процессы самоочищения сточных вод / В.Г. Тюрин, И.Р. Смирнова, **Ю.М. Субботина** // Ветеринария. № 5, 1997. – С. 26 - 29.

8. **Субботина, Ю.М.** Биопруды для выращивания молоди / Ю.М. Субботина // Рыбоводство и рыболовство. № 1, 1998. – С. 31 - 32.

9. **Субботина, Ю.М.** Использование животноводческих стоков в качестве удобрений / Ю.М. Субботина, Г.Е. Серветник И.Р. Смирнова // Ветеринария. № 4, 2000. – С. 51 - 54.

10. Смирнова, И.Р. Использование ресурсосберегающих интегрированных технологий в рыбоводстве / И.Р. Смирнова, А.Н. Крылов, З.И. Смирнова, **Ю.М. Субботина** // Ветеринария. № 7, 2001. С. 50 - 53.

11. Смирнова, И.Р. Ветеринарно-санитарная оценка рыбы и рыбопродукции / И.Р. Смирнова, С.Г. Друковский, Г.Е. Серветник, **Ю.М. Субботина** // Ветеринария. № 4, 2006.– С. 37 - 39.

12. **Субботина Ю.М.**, Унифицированная классификация водоемов комплексного назначения / Субботина Ю.М.//Ученые записки Российского государственного социального университета. 2009. № 5 (68). С. 109-123.

13. **Субботина, Ю.М.** Очистка и обеззараживания сточных вод мясокомбината / Ю.М. Субботина // Международный научно-практический журнал Социальная политика и социология № 9 (63). 2010. - С. 145 - 156.

14. **Субботина, Ю.М.** Эколого-биологический метод очистки сточных вод с помощью водной растительности / Ю.М. Субботина // Материалы X Международного научно-педагогического социального конгресса. Человеческий капитал – № 10 (22). Изд-во РГСУ, – 2010. – С.190.

15. **Субботина Ю.М**. Киселева М.Г. Современные сооружения естественной биологической очистки (бокс-пруды) для утилизации сточных вод./Киселева М.Г., Субботина Ю.М.// Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2011. № 2 (6). С. 74-75.

16. **Субботина Ю.М.** Метод биологической очистки вод / Ю.М. Субботина // Учёные записки. Изд-во РГСУ, № 6 (9), 2011. М.: – С. 385 - 389.

17. **Субботина, Ю.М.** Очистка сточных вод различного генезиса различными биоценозами / Субботина Ю.М. // Человеческий капитал. Научно практический журнал № 11 (35). Изд-во РГСУ, 2011 – С. 202 - 204.

18. **Субботина, Ю.М.,** Методы очистки и обеззараживания сточных вод скотобоен и мясокомбинатов /Субботина Ю.М. //Экологический Вестник Северного Кавказа. 2011. Т. 7. № 2. С. 37-41.

19. Субботина Ю.М., Воздействие фтора на организм человека и животных. /Субботина Ю.М., Разумов В.В.//Экологический Вестник Северного Кавказа. 2011. Т. 7. № 1. С. 73-76.

20. **Субботина Ю.М.,** Эколого-социальные аспекты использования и охраны водных ресурсов./Субботина Ю.М.// Социальная политика и социология. 2012. № 5 (83). С. 166-176.

21. **Субботина Ю.М.,** Щука обыкновенная - объект разведения в водоемах комплексного назначения./ Субботина Ю.М.//Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2012. № 8. С. 41-45

22**. Субботина Ю.М.**, Эколого-социальные проблемы сохранения чистоты естественных водных источников./Субботина Ю.М.//Социальная политика и социология. 2013. № 6-2 (101). С. 107-117.

23. **Субботина Ю.М**., Эффективность утилизации твердых и жидких отходов птицеводческого производства./Субботина Ю.М., Белозубова Н.Ю., Ковалевская Е.М., Кутковский К.А.// Экологический Вестник Северного Кавказа. 2014. Т. 10. № 3. С. 29-35.

24. **Субботина Ю.М.,** Теоретические и методологические подходы к очистке сточных вод компонентами водной экосистемы./Субботина Ю.М., Смирнова И.Р., Кутковский К.А.//Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 5 (127). С. 99-106.

25. **Субботина Ю.М.** Рециклинг биоотходов на птицефабрике "Михневская". /Субботина Ю.М.//Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2019. № 2 (30). С. 198-204.

26. Кудрявцева А.Д., Оценка качества товарной рыбы, выращенной в прудах рыбокомбината "Бисеровский"./ Кудрявцева А.Д., **Субботина Ю.М.** // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2020. № 2 (34). С. 183-190.

27. Суханова А.А., Экологические проблемы рециклинга твердых коммунальных отходов Подмосковья на примере Ногинского муниципального района. / Суханова А.А., **Субботина Ю.М.**//Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2020. № 2 (34). С. 250-254.

28. **Субботина Ю.М.** Микробиологическая и биоценотическая утилизация птичьего помета естественными биоценозами./Субботина Ю.М.//Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2020. № 3 (35). С. 341-350.

29. Фомина Д.А., **Субботина Ю.М.** Прогнозируемые факторы влияния полигонов ТКО на окружающую среду и эколого-инженерные методы защиты природы./Фомина Д.А., Субботина Ю.М.//Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2020. № 3 (35). С. 351-358.

30. **Субботина Ю.М.**, Естественно-биологические методы обеззараживания сточных вод на ферганской птицефабрике./Субботина Ю.М., Павлова Е.В., Шопинская М.И., Абдуллаева А.М., Кудрявцева А.Д.//Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2020. № 4 (36). С. 494-506.

31. **Субботина Ю.М.,** Ветеринарно-санитарная характеристика и течение болезни выращиваемой рыбы в рыбоводном хозяйстве, находящемся на карантине по аэромонозу и воспалению плавательного пузыря./ Субботина Ю.М., Хромилин М.В., Белоусов В.И.//Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2021. № 2 (38). С. 230-236.

32 . **Субботина Ю.М.**, Экология интегрированного выращивания рыбы и гусей./Субботина Ю.М., Логинова Л.С., Белоусов В.И.//Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2021. № 3 (39). С. 358-364.

33. **Субботина Ю.М.**, Комбинированные методы выращивания рыбы и водоплавающей птицы./ Субботина Ю.М., Хромилин М.В., Логинова Л.С.//Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2021. № 4 (40). С. 475-480.

34. Кудрявцева А.Д., Ветеринарно-санитарная экспертиза карпа, выращенного совместно с двустворчатыми моллюсками в условиях установки замкнутого водоснабжения./Кудрявцева А.Д., **Субботина Ю.М.**// Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2022. № 3 (43). С. 320-326.

35. **Субботина Ю.М.**, Технологическая схема очистки свиноводческих стоков в классических рыбоводно-биологических прудах./Субботина Ю.М.//Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2022. № 3 (43). С. 361-367.

36. Худайбердыев М.Б., Технология изготовления энергетически активной экодобавки с использованием природных, минеральных и бактериальных ресурсов./Удавлиев Д.И., **Субботина Ю.М**., Мухаммедов Х.// Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2022. № 3 (43). С. 375-382.

37. Субботина Ю.М., Ветеринарно-санитарная характеристика австралийского крас-ноклешневого рака./Субботина Ю.М., Пойлов М.С.//Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2022. № 4 (44). С. 485-489.

38. Курова В.А., Биоэкологические методы оценки фильтрата захоронения полигона "Тимково"./Курова В.А., Субботина Ю.М.// Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2022. № 4 (44). С. 508-512.

39. Ленченко С.О., Диагностика и профилактика аэромоноза в рыбоводных хозяйствах./Ленченко С.О., **Субботина Ю.М.**// Аграрная наука. 2022. № 2. С. 11-14.

40. Кудрявцева А.Д., Ветеринарно-санитарная экспертиза карпа, выращенного в рыбохозяйственном водоеме./Кудрявцева А.Д., **Субботина Ю.М.**, Шопинская М.И., Филатова Е.Е.//Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2023. № 2 (46). С. 200-207.

41. Ленченко Е.М., Абдуллаева А.М., **Субботина Ю.М.**, Винникова И.И., Молчанова Е.И. Исследование влияния антибактериальных препаратов на формирование биопленок сальмонелл, выделенных из пищевого сырья // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2025. № 2 (54). С. 262–270.

42. Ермаченко П.А., Головко Г.В., **Субботина Ю.М.**, Середин Д.С., Дубов В.Е., Беляева Н.Е., Конюхов И.В., Погосян С.И., Рубин А.Б. Опытно-промышленные испытания природоподобной технологии снижения антропогенного воздействия канализационных очистных сооружений г. Сальска на водную экосистему р. Средний Егорлык (показатели фито и зоопланктона городских сточных вод). // Российский

журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2025. № 3 (55). С. 453–460.

43. **Субботина Ю. М.,** Кудрявцева А. Д. Альголизация хозяйственно-бытовых сточных вод // Экономика и управление: проблемы, решения. 2025. № 6. Т. 2. С. 216–221; https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.06.02.024.

Патенты на изобретение (авторские свидетельства)

43. Способ очистки сточных вод животноводческих комплексов, ферм и птицефабрик с помощью адаптированного комплекса микроводорослей, высшей водной растительности, зоопланктона и рыбы./ **Субботина Ю.М.**, Смирнова И.Р., Виноградов В.Н., Мазур А.В., Чистова Л.С., Лесина Т.Н.//Патент на изобретение RU 2140735 C1, 10.11.1999. Заявка № 98101421/13 от 13.01.1998.

44. Способ очистки сточных вод./ Меркурьев В.С., **Субботина Ю.М.**//Авторское свидетельство SU 1837050 A1, 30.08.1993. Заявка № 4853431 от 19.07.1990.