

На правах рукописи

Дочкина Юлия Николаевна

**УСТОЙЧИВОСТЬ БИОЦЕНОЗА АКТИВНОГО ИЛА ПРИ
ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ
СТОКОВ ПТИЦЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

03.02.08 – Экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Воронеж – 2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»).

Научный руководитель: **Корчагин Владимир Иванович**
доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», заведующий кафедрой промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств

Официальные оппоненты: **Владимцева Ирина Владимировна**
доктор биологических наук, ФГБОУ ВО «Вологодский государственный технический университет», профессор кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности

Сироткин Александр Семенович
доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский университет», декан факультета пищевых технологий, заведующий кафедрой промышленной биотехнологии

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»**

Защита состоится «08» июня 2022 года в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.034.01 при ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова» по адресу: 394087, Россия, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова» <https://www.vgltu.ru>.

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2022 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.б.н., доцент

Попова Анна Александровна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность.

Ежегодно возрастающее воздействие антропогенных факторов на природные воды привело к тому, что качество воды большинства водных объектов в России не отвечает нормативным требованиям. По официальным данным Росводресурсов в 2020 году общий объем сточных вод, сброшенных в водные объекты на территории РФ, составил 34232,32 млн. м³, из них сброшенных без очистки, либо недостаточно очищенных до 34 % от всех стоков (11678,18 млн. м³). Несмотря на тенденцию по снижению объемов сбрасываемых стоков за последние 10 лет, по данным государственного доклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году» стабильно высокими являются величины показателей химического потребления кислорода, биологического потребления кислорода, взвешенных веществ, фосфатов, хлоридов, сульфатов, нитратов, нитритов, соединений азота, в отношении которых на территории РФ осуществляется государственный контроль и надзор и которые составляют весомую часть загрязнителей, содержащихся в сточных водах птицеперерабатывающих предприятий.

Во всем мире при осуществлении очистки стоков предпочтение отдается биологической очистке сточных вод, процессы которой основаны на способности сообщества микроорганизмов – биоценоза активного ила, осуществлять биоокисление органических загрязнений из поступающих сточных вод, т.е. использовать растворенные загрязнители в качестве источника питания для поддержания процессов жизнедеятельности.

Стоки птицеперерабатывающих предприятий относятся к категории высококонцентрированных по содержанию органических загрязнений (до 10000,0 мг/дм³), химического потребления кислорода (до 12500,0 мгО₂/дм³), биологического потребления кислорода (до 5100,0 мгО₂/дм³), взвешенных веществ (до 12000,0 мг/дм³), а при поступлении на линию биологической очистки оказывают угнетающее воздействие на биоценоз активного ила, приводя к его деградации, нарушению работы биологической системы, а затем к антропогенному загрязнению водных объектов окружающей природной среды.

Цель и задачи исследования.

Цель исследования – научно-методическое обоснование параметров устойчиво функционирующей искусственной экосистемы биоценоза активного ила в условиях интенсивного воздействия высококонцентрированного стока птицеперерабатывающего предприятия, для снижения антропогенного воздействия на природные водные объекты.

Задачи исследования:

1. Проведение оценки антропогенного влияния качественных и количественных показателей высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающего предприятия на показатели биоценоза активного ила при биологической очистке.

2. Определение отклика основных показателей биоценоза активного ила: видовое разнообразие и структурные характеристики, при биоокислении высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающего предприятия и модельного синтетического стока в условиях абиотических воздействий: температура, рН, присутствие токсиканта – фенола, высокое содержание белково-липидного компонента животного происхождения.

3. Создание устойчиво функционирующей искусственной экосистемы биоценоза активного ила в условиях биологической очистки высококонцентрированного стока птицеперерабатывающего предприятия, обеспечивающей высокую эффективность извлечения загрязнений.

4. Изучение эффективности биологической очистки высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающего предприятия с использованием биоценоза активного ила, иммобилизованного на плавающем носителе биомассы.

5. Разработка принципиального решения по обеспечению устойчивого функционирования искусственной экосистемы биоценоза активного ила при биологической очистке высококонцентрированного стока птицеперерабатывающего предприятия с учетом показателей эколого-экономической эффективности.

Научная новизна.

1. Создан методологический подход к обеспечению устойчивости биоценоза активного ила по основным показателям: видовое разнообразие и структурные характеристики, при биологической очистке высококонцентрированного стока птицеперерабатывающего предприятия с использованием предварительной электрофлотационной обработки и биоокисления в аэротенках с плавающим носителем биомассы, изготовленным из композитного материала.

2. Установлен отклик основных показателей биоценоза активного ила: видовое разнообразие и структурные характеристики, в условиях биологической очистки высококонцентрированного стока птицеперерабатывающего предприятия под влиянием абиотических факторов: температуры стока в диапазоне $T = 5 \div 40$ °С, агрессивности среды стока по $pH = 3 \div 10$, содержания фенола в стоке $2,0 \div 20,0$ мг/дм³, а также в условиях биоокисления модельного синтетического стока с содержанием белково-липидного компонента животного происхождения $500,0 - 4000,0$ мг/дм³.

3. Выявлено, что содержание в модельном синтетическом стоке белково-липидного компонента животного происхождения более 2000,0 мг/дм³ при продолжительном биоокислении приводит к истощению видового разнообразия биоценоза активного ила, характеризующегося многочисленным присутствием инфузорий класса *Oligohymenophora*, и критическим значениям основных структурных показателей: массовой концентрации, илового индекса, скорости оседания.

4. Показано, что использование при биологической очистке высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающего предприятия плавающего носителя биомассы, изготовленного из композитного материала, обладающего повышенной иммобилизованной способностью по отношению к биоценозу активного ила, способствует снижению значений приоритетных загрязнителей: взвешенных веществ – на 92,7 %, сухого остатка – на 94,8 %, ХПК – на 95,6 %.

Теоретическая значимость работы заключается в установлении зависимостей основных показателей биоценоза активного ила: видовое разнообразие и структурные характеристики, при биологической очистке:

- высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающего предприятия от величины температуры и рН поступающего стока, содержания токсиканта – фенола;

- при биологической очистке модельного синтетического стока от содержания белково-липидного компонента животного происхождения;

- получении экспериментальных данных по устойчивости биоценоза активного ила при переработке высококонцентрированных стоков с действующего производства птицы.

Практическая значимость:

- использование безреагентной электрофлотационной обработки для достижения требуемых показателей высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающего предприятия перед стадией биологической очистки, позволяющей исключить вторичное загрязнение стоков при сбросе в природные водные объекты;

- обеспечение устойчивости биоценоза активного ила и эффективного биоокисления высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающего предприятия при использовании плавающего носителя биомассы с иммобилизованным биоценозом активного ила;

- повышение эффективности очистки высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающего предприятия по приоритетным показателям: ХПК – 95,6 %, взвешенные вещества – 92,7 %, сухой остаток – 94,8 %, способствующей снижению антропогенной нагрузки на объекты окружающей природной среды;

– апробирование разработанного принципиального подхода при использовании высококонцентрированных стоков с действующего производства переработки птицы;

– снижение размера ежегодной платы за негативное воздействие на окружающую среду на 54,9 млн. руб. и величины нанесенного экологического ущерба окружающей природной среде на 97,3 млн. руб./год, повышение величины предотвращенного экологического ущерба на 8,8 млн. руб./год при эколого-экономическом эффекте от внедрения разработанного принципиального подхода – 31,8 млн. руб./год.

Методология и методы исследования. Положения, выводы и рекомендации, сформулированные в результате проведенных исследований, получены с применением биологических, химических и физических методов, а также с использованием общепринятых в экологии методов исследования: наблюдение, описание, сравнение, эксперимент.

Положения, выносимые на защиту.

1. Отклик основных показателей искусственной экосистемы биоценоза активного ила: видовое разнообразие и структурные характеристики, в условиях многофакторного абиотического воздействия высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающего предприятия, а также при продолжительном биоокислении синтетического стока с высоким содержанием белково-липидного компонента животного происхождения.

2. Особенности и условия обеспечения устойчивости искусственной экосистемы биоценоза активного ила при антропогенном воздействии высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающего предприятия.

3. Способ повышения эффективности искусственной биологической очистки высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающего предприятия иммобилизованным биоценозом активного ила на плавающем носителе биомассы, изготовленном из композитного материала.

4. Принципиальное решение, обоснованное эколого-экономической эффективностью, по обеспечению устойчивого функционирования искусственной экосистемы биоценоза активного ила в условиях комплексной эффективной очистки высококонцентрированного стока птицеперерабатывающего предприятия.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается достаточным количеством наблюдений, методами исследования, которые соответствуют поставленным в работе целям и задачам. Научные положения и выводы, сформулированные в диссертации, подкреплены убедительными фактическими данными, наглядно представленными в приведенных таблицах и рисунках.

Основные положения и результаты исследований представлены на Международных конференциях и форумах (Воронеж, 2015, 2016, 2017, 2019; Москва, 2020), Всероссийской конференции с международным участием (Воронеж, 2019), региональных научных конференциях (Воронеж, 2016, 2019), научных сессиях ФГБОУ ВО «ВГУИТ» (Воронеж, 2015-2021).

Получены: акт о проведении испытаний очистки высококонцентрированного стока со стадии напорной флотации от птицеперерабатывающего предприятия ООО «Агрофирма «Липецк», справка о внедрении результатов диссертационного исследования в учебный процесс ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», запросы на сотрудничество в рамках опытно-промышленных испытаний плавающего носителя биомассы активного ила на базе ООО «Левобережные очистные сооружения» г. Воронежа, в рамках проектирования очистных сооружений с использованием плавающего носителя биомассы активного ила от ООО ФПК «Космос-Нефть-Газ».

Публикации. По теме диссертации опубликована 31 научная работа, в том числе 1 статья в издании, индексируемом базой данных Scopus и Web of Science, 6 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки Российской Федерации (в том числе 3 – по специальности 03.02.08 – Экология), получен 1 патент РФ на изобретение, 23 публикации в сборниках научных трудов и материалах конференций.

Личный вклад автора. Автором сформулированы цели и задачи исследования, проведены эксперименты, проанализированы и обработаны полученные данные, сделаны обоснованные выводы.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа включает 186 страниц машинописного текста, состоит из введения, шести глав, заключения, перечня сокращений и условных обозначений, списка литературы, приложений. Список литературы содержит 217 источников. Иллюстративный материал включает 42 рисунка и 29 таблиц. Приложения представлены на 7 страницах.

Благодарности. Автор выражает благодарность доценту кафедры промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств ФГБОУ ВО «ВГУИТ» кандидату технических наук Студеникиной Любови Николаевне за консультативную поддержку.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель и задачи исследований, представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационной работы.

В первой главе рассмотрено состояние проблемы антропогенного воздействия на природные водные объекты и функционирования искусственных экосистем природоохранного назначения, представлено описание, свойства и характеристики биоценоза активного ила (АИ), дана характеристика высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающих предприятий (ВКС) и обзор способов их предварительной обработки; дана санитарно-токсикологическая оценка загрязнителей ВКС птицеперерабатывающих предприятий, описаны инновационные подходы к созданию искусственных экосистем биоценоза АИ.

Во второй главе представлены объекты и методы исследований.

Основным объектом исследования в диссертационной работе являлся биоценоз АИ, отобранный с линии действующих очистных сооружений биологического окисления: ООО «Левобережные очистные сооружения» и Новоусманские очистные сооружения, характеризующийся достаточным видовым разнообразием, включающим представителей основных укрупненных индикаторных групп: бактерии, простейшие, инфузории, колероватки, брюхооресничные черви, тихоходки; массовой концентрацией $4,05 \div 5,23$ г/дм³, иловым индексом $97,6 \div 112,0$ см³/г, скоростью оседания $0,53 \div 0,57$ см³/мин.

В работе использовали: сток предприятия по переработке птицы, отобранный на выходе из напорного флотатора действующих локальных очистных сооружений производительностью 1000 м³/сут.; плавающие носители биомассы, изготовленные из композитных материалов различного состава, % (мас.): полиэтилен : чистая микроцеллюлоза (ПЭ + МЦч) = 70 : 30; полиэтилен : отработанная микроцеллюлоза (ПЭ + МЦо) = 70 : 30; полиэтилен : крахмал : отработанная микроцеллюлоза (ПЭ + КР + МЦо) = 70 : 20 : 10; чистый полиэтилен (ПЭ) = 100. Гидроксид натрия и лимонная кислота использовались в качестве реагентов корректировки концентрации водородных ионов при изучении воздействия абиотических факторов на состояние биоценоза АИ.

В качестве токсиканта в работе использовался фенол, который стоит на одном из первых мест в приоритетных списках загрязнителей природных вод, что объясняется большим объемом его мирового производства, высокой токсичностью и устойчивостью к метаболизму.

В качестве модельной питательной среды в исследовании была использована синтетическая сточная вода (ССВ) по ГОСТ 32509-2013, в качестве источника белково-липидного компонента животного происхождения (БЛК) – пептон сухой ферментированный по ГОСТ 13805-76.

При изучении способов предварительной обработки ВКС для обеспечения устойчивого функционирования биоценоза АИ использовали

в качестве неорганических коагулянтов в процессе физико-химической коагуляции: FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, FeSO_4 .

Для разработки принципиального решения по обеспечению устойчивого функционирования искусственной экосистемы биоценоза АИ при очистке ВКС было проведено обследование существующей линии очистных сооружений и действующего оборудования.

Результаты исследования получены с применением следующих методов: ПНДФ СБ 14.1.77-96, Рекомендации по проведению гидробиологического контроля на сооружениях биологической очистки с аэротенками (Демина М.В.), Методика технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации, Фауна аэротенков (Атлас), краткие определители водных беспозвоночных животных (Кутикова Л.А., Шалапенок Е.С., Чертопруд М.В.), ФР 1.31.2008.04397, ФР 1.31.2008.04398, ФР 1.31.2008.04400, ПНДФ 14.1:2:4.254-2009, ПНДФ 14.1:2:4.261-2010, ПНДФ 14.1:2:3.2-95, ПНДФ 14.1:2:3.100-97, ПНДФ 14.1:2:3.96-97, ПНДФ 14.1:2.159-2000, ГОСТ 33776-2016, РД 52.24.480-2006.

Для проведения экспериментов использовался оптический микроскоп Livenhuk G670T, подключенный к ПК с установленным программным обеспечением, позволяющим делать микрофотографии, а также лабораторные установки: электрокоагуляции, электрофлотации, иммобилизации АИ, биологической очистки стока.

Изучение состояния биоценоза АИ при проведении биологической очистки осуществлялось в течение 5 недель при скорости подачи изучаемого образца стока в аэротенк $0,5 \text{ дм}^3/\text{час}$ и расходе воздуха на аэрацию одного аэротенка $2,0 \text{ дм}^3/\text{мин}$, аэрация мелкопузырчатая, равномерная, интенсивная. Количество параллельных опытов – 3.

В ходе исследований производилась непрерывная фиксация всех основных гидробиологических показателей биоценоза АИ: видового разнообразия (по 5-ти бальной шкале встречаемости), массовой концентрации, илового индекса, скорости оседания, прозрачности надильной воды, структуры хлопьев АИ, с последующим построением графических зависимостей, фотосъемка микроскопируемых проб. Также в работе проведен расчет индекса Шеннона, для каждой анализируемой пробы АИ. Несмотря на то, что в ряде экспериментов величина индекса Шеннона не показала значимых отличий, видовое разнообразие образцов значимо отличалось.

В третьей главе изучено изменение состояния биоценоза АИ при антропогенном воздействии ВКС птицеперерабатывающего предприятия.

Первичный анализ данных о качественно-количественном составе стоков, направляемых на сброс после полного комплекса очистки на действующих сооружениях, был проведен с использованием протоколов,

предоставленных птицеперерабатывающим предприятием, в ходе производственной деятельности которого образуется 1000 м³ стоков в сутки. Выявлено, что вся технологическая линия очистки стока птицеперерабатывающего предприятия работает неэффективно и не обеспечивает требуемые нормативные показатели. Высокие значения определенных приоритетных показателей: взвешенные вещества 1802,0÷2438,0 мг/дм³, сухой остаток 1777,0÷2403,0 мг/дм³, ХПК 1678,0÷2270,0 мгО₂/дм³, позволяют отнести их к категории ВКС.

Оценка структурных характеристик и видового разнообразия образцов биоценоза АИ при биологической очистке ВКС, отобранных после линии напорных флотаторов, показывает, значение илового индекса быстро увеличивается до 480,0÷500,0 см³/г, а затем резко снижается до 96,1÷112,4 см³/г, значение массовой концентрации уменьшается до 0,45÷0,48 г/дм³, а величина скорости оседания до 0,18÷0,19 см³/мин, при этом наблюдается исчезновение голых амеб, большое количество цист раковинных корненожек и филозей, появление грибов, развитие равноресничных инфузорий родов *Litonotus*, *Colpoda* и *Chilodonella*, кругоресничных инфузорий рода *Carchesium*, коловраток родов *Rotaria* и *Eriphanes*, численное преобладание жгутиконосцев и равноресничных инфузорий класса *Oligohymenophora*. Критические показатели свидетельствуют о деградирующем состоянии биоценоза АИ под действием перегрузки, диспергировании хлопьев АИ, процессах залеживания и гниения. Такая динамика при заметном развитии бактерий *Zoogloea ramigera* и нитчатых *Sphaerotilus natans* свидетельствует о процессах вспухания.

Нарушение функционирования линии биологического окисления подтверждается данными по степени извлечения загрязняющих веществ из ВКС: средняя эффективность очистки по взвешенным веществам – 40,59 %, сухому остатку – 45,81 %, ХПК – 38,87 %.

Таким образом, выявлено: ВКС, поступающий из напорных флотаторов, оказывает угнетающее воздействие на АИ, приводя к деградации биоценоза и нарушению работы биологической системы, что указывает на необходимость в дополнительной обработке стока перед подачей на линию биоокисления, для обеспечения устойчивости биоценоза АИ в условиях переработки ВКС.

В четвертой главе изучена устойчивость биоценоза АИ при абиотических воздействиях: температуры и рН стока, различного содержания фенола и БЛК.

Изучение влияния абиотического фактора – температуры стоков, на состояние и устойчивость биоценоза АИ проводили при Т = 5, 10, 30, 40 °С путем охлаждения и нагревания ССВ и ВКС. Динамика показателей биоценоза АИ при воздействии низкотемпературных ВКС свидетельствует

об уплотнении и утяжелении хлопьев АИ при температуре 5 °С (массовая концентрация 0,32 г/дм³, иловый индекс 53,1 см³/г, скорость оседания 1,55 см³/мин). При температуре ВКС 40 °С наблюдались сначала процессы вспухания биоценоза АИ, а затем утяжеления и диспергирования (массовая концентрация 0,51 г/дм³, иловый индекс 259,3 см³/г, скорость оседания 0,07 см³/мин). Видовая структура образцов АИ после воздействия ВКС и ССВ различной температуры представлена на рисунке 1.

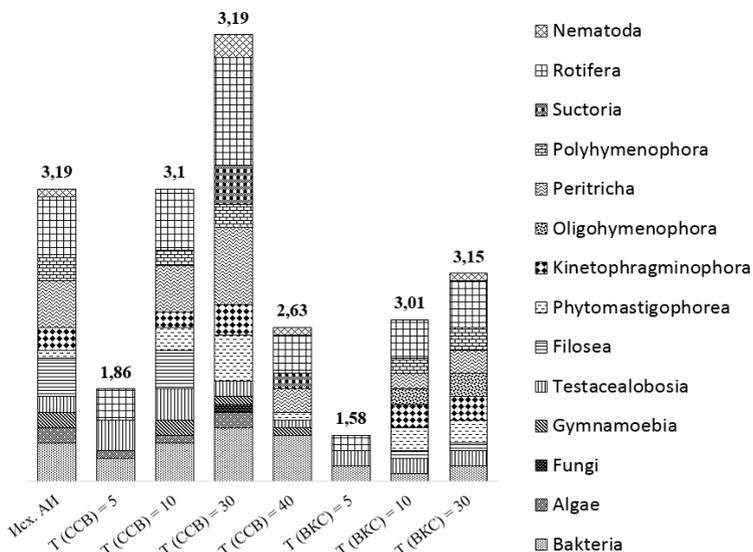


Рисунок 1 – Структура видового разнообразия АИ с учетом индекса Шеннона при воздействии ВКС и ССВ с различной температурой

Видовое разнообразие образцов АИ после взаимодействия с ССВ и ВКС, имеющими температуру 5 °С, преимущественно представлено единичными *Zoogloea ramigera*, цистами раковинных корненожек подкласса *Testacealobosia*. Под воздействием ВКС при T = 40 °С микроорганизмы АИ обнаружены в анализируемых пробах не были, в то время как в пробах АИ после воздействия ССВ при T = 40 °С сохранялись представители биоценоза. Образцы биоценоза АИ после воздействия ВКС при температуре 10 °С и 30 °С имели схожие характеристики: биоценоз АИ был малоподвижен, в основном представлен *Zoogloea ramigera*, цистами *Arcella vulgaris* и *Arcella discoides*, единичными растительными жгутиконосцами и простыми равноресничными инфузориями классов *Kinetophragminophora* и *Oligohymenophora*, блуждающими особями *Peritricha*, единичными колловратками, круглыми червями.

Температура окружающей среды оказывает влияние на потребление кислорода микроорганизмами и на их обмен веществ. В случае воздействия на биоценоз АИ ВКС низкой и высокой температуры наблюдалось необратимое изменение основных показателей до критических значений.

Изучение влияния агрессивности стока, характеризуемой рН, на гидробиологические показатели биоценоза АИ проводили при величине рН = 3, 5, 8, 9, 10 путем добавления растворов гидроксида натрия и лимонной кислоты к ССВ и ВКС. При биоочистке ВКС с рН = 3 наблюдалось устойчивое падение массовой концентрации ($0,43 \text{ г/дм}^3$), возрастание илового индекса до критических значений ($691,1 \text{ см}^3/\text{г}$), устойчивое падение скорости оседания ($0,1 \text{ см}^3/\text{мин}$) при снижении прозрачности надиловой воды, обусловленной сгущением иловой жидкости.

Значения структурных показателей АИ при воздействии ВКС со значением рН = 8 и рН = 9 значимо не отличались, показатель массовой концентрации устойчиво снижался (не менее $1,38 \text{ г/дм}^3$), иловый индекс (не более $223,2 \text{ см}^3/\text{г}$) и скорость оседания ($0,62 \div 1,3 \text{ см}^3/\text{мин}$) при значении рН = 8 выходили на плато, в то время как при рН = 9 иловый индекс продолжал незначительно снижаться.

При воздействии на биоценоз АИ ВКС, имеющих рН = 10, отмечался скачок илового индекса, а затем постоянное снижение, при возрастающем значении скорости оседания (до $1,83 \text{ см}^3/\text{мин}$), обусловленным процессами утяжеления хлопьев АИ.

Видовое разнообразие АИ после воздействия на биоценоз ССВ и ВКС с различным уровнем рН представлено на рисунке 2.

Относительно контрольных образцов АИ, осуществляющих очистку ССВ при различных рН, в образцах, функционирующих в среде ВКС, наблюдалось исчезновение голых амёб подкласса *Gymnamoebia*, образование значительного количества цист раковинных корненожек подкласса *Testacealobosia* и раковинных амёб класса *Filosea*, развитие особей растительных жгутиконосцев класса *Phytomastigophorea*, а также равноресничных инфузорий родов *Colpoda*, *Chilodonella*, *Litonotus* и класса *Oligohymenophora*.

В кислой и щелочной среде при воздействии ВКС отсутствовали кругоресничные инфузории класса *Peritricha*, коловратки *Rotifera*, однако, при уровне рН = 5 ÷ 9 отмечались единичные представители блуждающих инфузорий класса *Peritricha* и малочисленное присутствие спиральноресничных инфузорий класса *Polyhymenophora*, а также единичные и малочисленные представители коловраток родов *Cephalodella*, *Lecane*, *Rotaria*, *Dicranophorus*, *Epiphanes*.

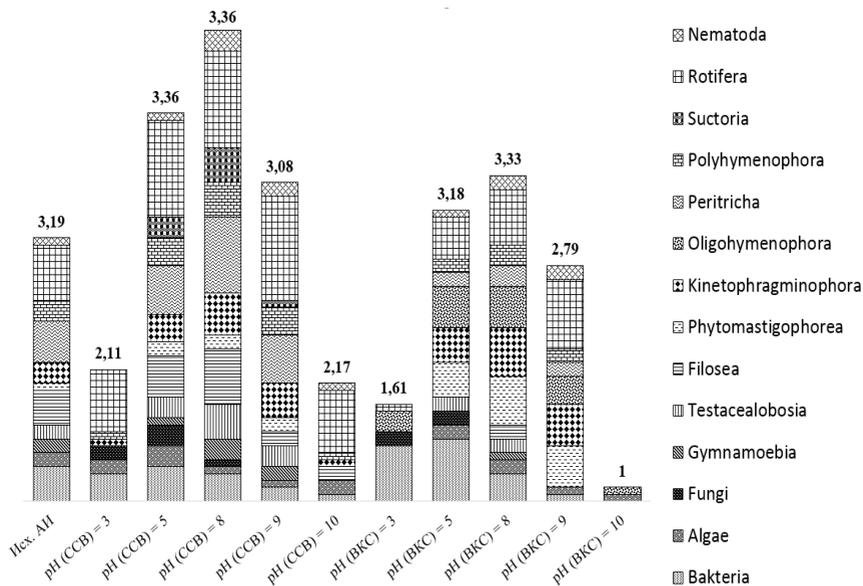


Рисунок 2 – Структура видового разнообразия АИ с учетом индекса Шеннона при воздействии стоков с различным рН

В связи с тем, что содержание фенола в природных водоемах различного водопользования может двадцатикратно превышать допустимые концентрации, было проведено исследование влияния на гидробиологические показатели биоценоза АИ ВКС с содержанием фенола 2,0; 4,0; 8,0; 20,0 мг/дм³ при традиционной биоочистке в течение 48 часов.

В пробах АИ с содержанием фенола 4,0 и 8,0 мг/дм³ наблюдалось развитие нитчатых микроорганизмов, устойчивых к воздействию токсичной среды, обуславливающих вспухание биоценоза АИ, что также подтверждалось возрастанием значения илового индекса (202,8 см³/г) и снижением скорости оседания (0,15 см³/мин), при этом эффективность биоочистки составила: при содержании фенола в ВКС 4,0 мг/дм³ 41,3 ÷ 46,8 %, при содержании 8,0 мг/дм³ 41,3 ÷ 46,8 %. Следует отметить, что ВКС с содержанием фенола 20,0 мг/дм³ при поступлении на линию биоочистки приводили к гибели биоценоза АИ. По результатам исследования определено: при концентрации фенола в ВКС не более 2,0 мг/дм³ может осуществляться их удовлетворительное биологическое окисление неадаптированным биоценозом АИ с эффективностью до 51,2 %, при структурных показателях АИ: массовая концентрация 1,26 ÷ 2,1 г/дм³, иловый индекс 105,7 ÷ 134,3 см³/г, скорость оседания 0,28 ÷ 0,39 см³/мин.

Для оценки показателей видового разнообразия и структурных характеристик биоценоза АИ, приведенных в таблице 1, при функционировании в среде с высоким содержанием БЛК, в качестве питательного субстрата использовалась ССВ с содержанием пептона: 500,0; 1000,0; 2000,0; 3000,0; 4000,0 мг/дм³.

Анализ видовой структуры АИ после воздействия на биоценоз ССВ с различным содержанием БЛК, представленной на рисунке 3, коррелирует с данными таблицы 1: при воздействии ССВ с содержанием БЛК – 500,0 мг/дм³ видовое разнообразие преимущественно представлено различными прикрепленными инфузориями *Peritricha* рода *Vorticella*, рода *Opercularia*, рода *Carchesium*, активными коловратками *Cephalodella*, *Lepadella*, *Rotaria*, *Philodina*, филозеями *Euglypha*, *Zoogloea ramigera*, голыми амебами *Gymnamoebia*, инфузориями класса *Polyhymenophora*, *Trochilia*, *Chilodonella*, *Colpoda*, *Epiphanes*, круглыми червями *Nematoda Monhyстера*, жгутиконосцами *Phytomastigophorea*, равноресничными инфузориями класса *Oligohymenophora*, незначительным количеством нитчатых и грибов. Образцы АИ после взаимодействия со стоками, содержащими 1000,0 мг/дм³ БЛК, имеют аналогичное предыдущему образцу видовое разнообразие, незначительно отличающееся количеством обнаруженных особей, а также присутствием равноресничных инфузорий рода *Loxodes* и отсутствием *Amoeba proteus*, инфузорий *Vorticella*, коловраток *Cephalodella*, *Philodina*.

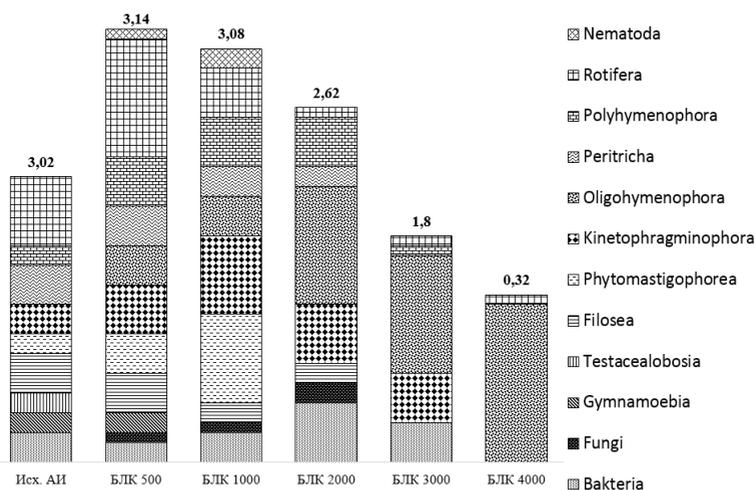


Рисунок 3 – Структура видового разнообразия АИ с учетом индекса Шеннона при влиянии различного содержания БЛК в ССВ

Таблица 1 – Структурные показатели АИ при различном содержании БЛК в ССВ

Показатель	Исходный АИ	Содержание пептона, мг/дм ³				
		500,0	1000,0	2000,0	3000,0	4000,0
Массовая концентрация, г/дм ³	4,0 ÷ 5,5	2,72 ÷ 3,76	1,93 ÷ 2,66	0,84 ÷ 1,16	0,66 ÷ 0,92	0,2 ÷ 0,28
Иловый индекс, см ³ /г	92,0 ÷ 125,0	78,2 ÷ 106,3	135,1 ÷ 183,7	340,1 ÷ 462,5	212,0 ÷ 288,3	48,2 ÷ 65,6
Скорость оседания, см ³ /мин	0,5 ÷ 0,6	0,53 ÷ 0,63	0,54 ÷ 0,64	0,16 ÷ 0,19	0,71 ÷ 0,85	0,82 ÷ 0,98

Отрицательная динамика структурных характеристик биоценоза после очистки ССВ с содержанием БЛК – 2000,0 мг/дм³ и его вспухание подтверждалось присутствием в микроскопируемых образцах АИ значительного количества нитчатых бактерий, *Zoogloea ramigera*, грибов *Fungi*. Отмечалось снижение количества раковинных амёб и прикрепленных инфузорий *Peritricha*, увеличение количества равноресничных инфузорий класса *Oligohymenophora*, количество обнаруженных видов коловраток сводилось к единичным представителям рода *Lepadella*.

Видовое разнообразие образца стока с содержанием БЛК – 3000,0 мг/дм³ сводилось к малочисленным *Zoogloea ramigera* и нитчатым бактериям, и многочисленным особям инфузорий рода *Colpoda*, рода *Chilodonella*, класса *Oligohymenophora*. Видовые показатели образца стока с содержанием БЛК – 4000,0 мг/дм³ определялись практически 100 % представителями инфузорий класса *Oligohymenophora*: род *Colpidium*, род *Paramecium*, род *Tetrahymena*, род *Glaucoma* и отсутствием других особей биоценоза АИ.

В пятой главе описано создание устойчивой искусственной экосистемы биоценоза АИ и управление ее функционированием при антропогенном воздействии ВКС.

При выборе способа предварительной обработки ВКС с целью обеспечения устойчивости биоценоза АИ при биоочистке были изучены физико-химические методы: реагентная коагуляция с использованием: FeCl₃ (0,5; 0,75; 1,0 г/дм³); FeSO₄ (9,0; 9,5; 10,0 г/дм³); Al₂(SO₄)₃ (2,5; 3,0; 3,5 г/дм³); электрокоагуляция с использованием растворимого железного анода (при силе тока 2 ÷ 5 А, напряжении до 15 В); электрофлотация с подщелачиванием ВКС до pH = 7, 8, 9 (при силе тока 2 А).

В стоках и выделенных осадках после реагентной коагуляции отмечается вторичное загрязнение. Электрокоагуляция показывает более высокую эффективность при низком вторичном загрязнении, но

характеризуется высокими эксплуатационными затратами. Оптимальная степень извлечения загрязнений достигается электрофлотацией ВКС при pH = 9: по взвешенным веществам – 67,2 %, сухому остатку – 75,0 %, ХПК – 50,0 %.

Оценку функционирования экосистемы биоценоза АИ в условиях биоочистки ВКС, прошедшего предварительную электрофлотационную обработку при pH = 7 (образец № 2), pH = 8 (образец № 3), pH = 9 (образец № 4) по изменениям гидробиологических показателей биоценоза АИ проводили параллельно с изучением эффективности биоокисления ВКС в сравнении с показателями АИ в контрольном аэротенке, куда подавалась ССВ (образец № 1). Результаты приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Структурные показатели АИ до и после биоокисления ССВ и ВКС, прошедшего электрофлотацию

Показатель	Образец АИ				
	Исходный	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Массовая концентрация, г/дм ³	4,66 ÷ 4,98	3,97 ÷ 4,25	3,73 ÷ 3,99	3,48 ÷ 3,72	1,21 ÷ 1,3
Иловый индекс, см ³ /г	95,0 ÷ 110,0	100,4 ÷ 117,4	93,6 ÷ 109,5	94,4 ÷ 110,5	166,2 ÷ 194,4
Скорость оседания, см ³ /мин	0,54 ÷ 0,57	0,52 ÷ 0,55	0,52 ÷ 0,55	0,56 ÷ 0,59	0,19 ÷ 0,2

Таблица 3 – Результаты определения показателей ВКС при осуществлении биологической очистки

Показатель	ВКС до очистки	ВКС после биоочистки, прошедший электрофлотацию		
		при pH = 7	при pH = 8	при pH = 9
Взвешенные вещества, мг/дм ³	804,1 ÷ 1087,9	109,2 ÷ 146,8	80,7 ÷ 109,3	83,3 ÷ 112,7
Сухой остаток, мг/дм ³	1462,0 ÷ 1978,0	179,3 ÷ 242,7	101,9 ÷ 138,1	119,1 ÷ 160,9
ХПК, мгО ₂ /дм ³	1360,0 ÷ 1840,0	453,9 ÷ 614,1	105,4 ÷ 142,6	116,4 ÷ 157,6

Структура видового разнообразия изучаемых образцов АИ представлена на рисунке 4.

Отсутствие в образце № 2 раковинных корненожек подкласса *Testacealobosia*, единичные представители раковинных амёб класса *Filosea*, численное преобладание жгутиконосцев и равноресничных инфузорий классов *Kinetophragminophora* и *Oligohymenophora*, появление кругоресничных инфузорий рода *Carchesium* и *Opercularia*, присутствие блуждающих инфузорий *Vorticella* свидетельствует о высокой нагрузке на

биоценоз АИ, а следовательно, о низкой эффективности предварительной обработки ВКС электрофлотацией при pH = 7.

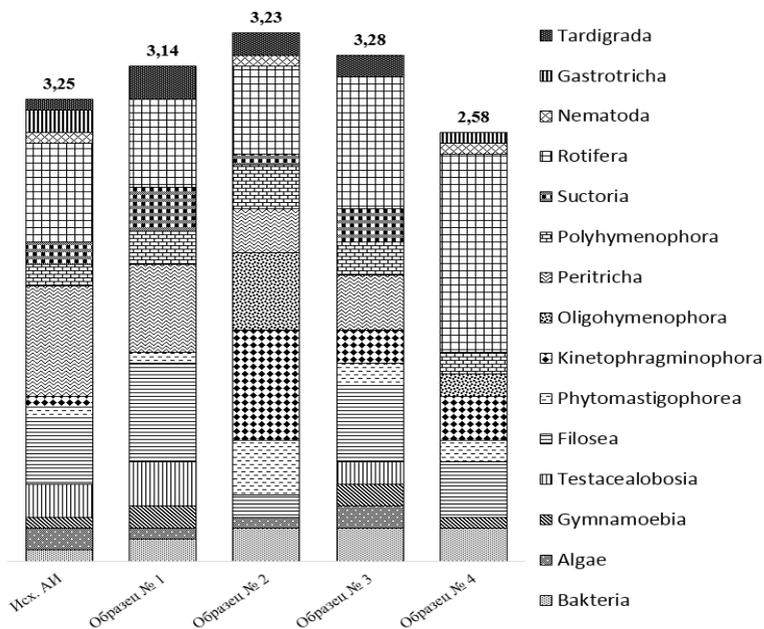


Рисунок 4 – Структура видового разнообразия АИ с учетом индекса Шеннона при биоокислении образцов ВКС

В образцах № 3 и № 4 в незначительном количестве присутствуют нитчатые и водоросли, мелкие голые амебы, единичные представители растительных жгутиконосцев, однако, в образце № 3 отмечено присутствие раковинных корненожек и большего числа филозей, а также отсутствие равноресничных инфузорий рода *Litonotus*, *Colpoda* и *Chilodonella* относительно образца № 4, развитие равноресничных инфузорий рода *Holophrya*, присутствие кругоресничных инфузорий рода *Epistylis*, *Vorticella*, *Zoothamnium*, что свидетельствует о нормальном протекании процесса биологической очистки подаваемого ВКС. Образец № 4 характеризуется присутствием блуждающих инфузорий рода *Vorticella*, единичных представителей равноресничных инфузорий класса *Oligohymenophora* – типичных обитателей нагруженного биоценоза АИ и склонной к загниванию среды.

Полученные данные коррелируют с результатами оценки структурных и видовых показателей состояния биоценоза АИ. Очевидно, что внедрение стадии электрофлотационной обработки ВКС на

предприятия по переработке птицы с предварительным подщелачиванием до pH = 8, между стадиями напорной флотации и биологической очистки позволит сохранить достаточное видовое разнообразие, «рабочее» состояние биоценоза АИ по основным гидробиологическим показателям, значительно снизить содержание загрязнений в очищенных стоках перед их сбросом, обеспечив общую эффективность очистки по показателю ХПК – 92,3 %, по взвешенным веществам – 89,9 %, по сухому остатку – 93,0 %.

С целью повышения эффективности извлечения загрязнений из ВКС для снижения антропогенного воздействия на природные водные объекты была изучена биологическая очистка ВКС иммобилизованным биоценозом АИ на плавающем носителе, изготовленном из композитных материалов. Данные по эффективности иммобилизации, характеризующейся приростом биомассы АИ, приведены на рисунке 5.

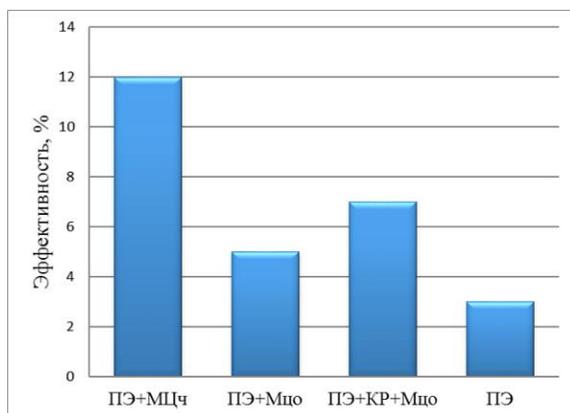


Рисунок 5 – Эффективность иммобилизации биоценоза АИ на плавающих носителях

Высокие показатели (12 % за 72 часа) отмечаются на плавающем носителе, изготовленном из полиэтилена и чистой микроцеллюлозы. Это обусловлено развитой поверхностью, шероховатостью и пористостью композитного материала, а также наличием в композите природного полисахарида. Микроскопирование проб смывной воды с образцов носителей биомассы, изготовленных из полиэтилена и чистой микроцеллюлозы, показало присутствие в значительных количествах живых и подвижных представителей биоценоза АИ.

Эффективность биологической очистки ВКС с использованием плавающего носителя биомассы, представленная графически на рисунке 6, составила: по взвешенным веществам – 81,7 %, по сухому остатку – 84,9

%, по показателю ХПК – 92,7 %, что превышает значения эффективности при биологической очистке в системе со свободноплавающим АИ.

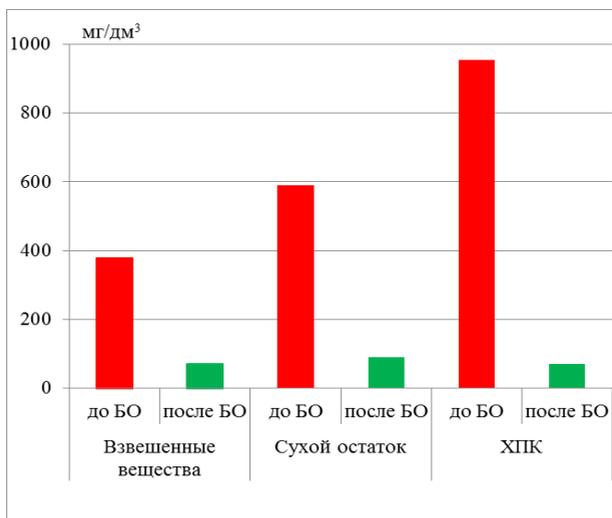


Рисунок 6 – Степень биоочистки ВКС в системе с иммобилизованным на плавающем носителе АИ (*БО – биоочистка)

Разработанное принципиальное решение по обеспечению устойчивого функционирования искусственной экосистемы биоценоза АИ при очистке ВКС, поступающих с напорных флотаторов предприятия по переработке птицы, предусматривающее следующие стадии: электрофлотация ВКС при $pH = 8$, переработка биоценозом АИ на стадии биоочистки в системе с плавающим носителем биомассы, изготовленном из композитного материала (полиэтилен и чистая микроцеллюлоза), доочистка стоков на напорном фильтре, обеззараживание ВКС на установке ультрафиолетового облучения, механическое обезвоживание образованных осадков, позволит обеспечить:

- устойчивое функционирование искусственной экосистемы биоценоза АИ при очистке ВКС, характеризуемое показателями, представленными в таблице 4;

- общую эффективность очистки ВКС птицеперерабатывающего предприятия по приоритетным показателям: ХПК – до 95,6 %, взвешенным веществам – до 92,7 %, сухому остатку – до 94,8 %;

- снижение антропогенной нагрузки на природные водные объекты, обуславливающее допустимые нормы воздействия хозяйственной

деятельности человека и стабильное состояние окружающей природной среды.

Таблица 4 – Показатели биоценоза АИ, достигаемые после внедрения предлагаемого принципиального решения

Показатель	Значение
Массовая концентрация, г/дм ³	2,0 ÷ 6,0
Иловый индекс, см ³ /г	80,0 ÷ 120,0
Скорость оседания, см ³ /мин	0,5-0,6
Прозрачность надильовой воды	прозрачная
Структура хлопьев	плотные, компактные
Видовое разнообразие	
<i>Zoogloea ramigera, Beggiatoa alba, Anabaena spiroides, Amoeba proteus, Arcella vulgaris, Arcella discoidea, Cromia fluviatilis, Euglypha laevis, Euglypha acanthophora, Paranema trichophorum, Colpidium, Paramecium, Tetrahymena, Glaucoma, Opercularia, Carchesium, Vorticella, Epistylis, Zoothamnium, Thuricola, Holophrya, Podophrya carchesii, Trochilia Euplotes, Aspidisca, Acineta foetida, Tokophrya, Cephalodella gibba, Cephalodella incila, Philodina roseola, Lecane, Rotaria tardigrada, Rotaria rotatoria, Epiphanes, Monhystera sp., Macrobiotus K.</i>	

В шестой главе дано эколого-экономическое обоснование снижения антропогенного воздействия на водные объекты в результате внедрения принципиального решения: размер ежегодной платы за негативное воздействие на окружающую среду снизится на 54,9 млн. руб., величина нанесенного экологического ущерба снизится на 97,3 млн. руб./год, величина предотвращенного экологического ущерба увеличится на 8,8 млн. руб./год, при этом эколого-экономический эффект составит 31,8 млн. руб./год.

Выводы.

1. Высокие значения приоритетных показателей изучаемых стоков, поступающих из напорных флотаторов, позволяют отнести их к категории высококонцентрированных, а угнетающее воздействие на биоценоз активного ила, характеризующееся деградацией биоценоза и нарушением работы биологической системы, указывает на необходимость в дополнительной обработке стока перед подачей на линию биоокисления.

2. Многофакторное абиотическое воздействие на биоценоз активного ила характеризуется удовлетворительными показателями видового разнообразия и структурных характеристик при биоокислении высококонцентрированного стока птицеперерабатывающего предприятия при следующих параметрах: T = 10 ÷ 30 °C; pH = 5 ÷ 9, содержание фенола до 2,0 мг/дм³.

3. Содержание в модельном синтетическом стоке белково-липидного компонента животного происхождения более 2000,0 мг/дм³ при продолжительном биоокислении приводит к истощению видового

разнообразия биоценоза активного ила, характеризующегося многочисленным присутствием инфузорий класса *Oligohymenophora* и критическими значениями структурных показателей.

4. Устойчивое видовое разнообразие и «рабочее» состояние биоценоза активного ила по основным структурным характеристикам: массовая концентрация $2,0 \div 6,0$ г/дм³, иловый индекс $80,0 \div 120,0$ см³/г при биологической очистке высококонцентрированного стока птицеперерабатывающего предприятия достигается использованием предварительной электрофлотационной обработки с подщелачиванием до значения рН = 8, обуславливающей снижение содержания загрязняющих веществ в биологически очищенных сточных водах по показателю ХПК – на 92,3 %, по взвешенным веществам – на 89,9 %, по сухому остатку – на 93,0 %.

5. Имобилизация биоценоза активного ила на плавающем носителе биомассы, изготовленном из композитного материала (полиэтилен и чистая микроцеллюлоза), позволит повысить общую эффективность очистки высококонцентрированного стока птицеперерабатывающего предприятия, прошедшего предварительную электрофлотационную обработку при рН = 8, по приоритетным показателям: ХПК – до 95,6 %, взвешенным веществам – до 92,7 %, сухому остатку – до 94,8 %, обеспечив снижение антропогенной нагрузки на водные объекты окружающей природной среды.

6. Разработанные принципиальное решение по обеспечению устойчивого функционирования искусственной экосистемы биоценоза активного ила при биологической очистке высококонцентрированного стока птицеперерабатывающего предприятия, предусматривающее использование электрофлотационной обработки и биоокисления в аэротенках с плавающим носителем биомассы, обеспечит снижение величины нанесенного экологического ущерба на 97,3 млн. руб./год, повышение величины предотвращенного экологического ущерба на 8,8 млн. руб./год при эколого-экономическом эффекте 31,8 млн. руб./год.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, индексируемых в базах данных SCOPUS и Web of Science

1. Korchagin, V.I. Extraction of nutrient substrate from highly concentrated poultry processing plants effluents / V.I. Korchagin, **Yu.N. Dochkina**, L.V. Popova, E.A. Denisova-Barabash // IOP Conference Series: Earth and environmental science. International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials - Technology of Processing, Storage and Recycling of Plant Crops. 2020. EESE6402062. – DOI:10.1088/1755-1315/640/2/022062.

В изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки Российской Федерации:

1. **Дочкина, Ю.Н.** Воздействие абиотических факторов на состояние биоценоза активного ила и его гидробиохимические показатели / Ю.Н. Дочкина, В.И. Корчагин, А.А. Плякина // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. – № 4 (44). – С. 29-42. – DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.4/3.

2. **Дочкина, Ю.Н.** Оценка состояния биоценоза активного ила при функционировании в среде с высоким содержанием белково-липидного компонента / Ю.Н. Дочкина, А.А. Плякина, В.И. Корчагин // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. – № 4 (44). – С. 43-56. – DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.4/4.

3. Студеникина, Л.Н. Модификация полиэтилена микроцеллюлозой для повышения его иммобилизационной способности / Л.Н. Студеникина, В.И. Корчагин, М.В. Шелкунова, **Ю.Н. Дочкина**, А.В. Протасов // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2018. – № 3. – С. 23-29.

4. Студеникина, Л.Н. Влияние внешних факторов на высоконаполненный полисахаридами полиэтилен / Л.Н. Студеникина, М.В. Шелкунова, **Ю.Н. Дочкина**, В.И. Корчагин и др. // Вестник ВГУ, Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2019. – № 1. – С. 27-33.

5. Корчагин, В.И. Сравнительная оценка эффективности коагуляционных методов при извлечении биологически активных компонентов из высококонцентрированных стоков / В.И. Корчагин, **Ю.Н. Дочкина**, Е.А. Денисова-Барабаш, А.А. Плякина // Вестник ВГУИТ. – 2020. – № 1. – С. 213-218. – DOI:10.20914/2310-1202-2020-1-213-218.

6. Студеникина, Л.Н. Оценка эффективности иммобилизации активного ила на композитных материалах «полиэтилен: полисахариды» / Л.Н. Студеникина, **Ю.Н. Дочкина**, М.В. Шелкунова, В.И. Корчагин // Вестник ВГУИТ. – 2018. – № 4. – С. 356-360. – DOI:10.20914/2310-1202-2018-4-356-360.

Патенты:

1. Патент № 2682532 Российская Федерация, МПК C02F3/10. Способ получения материала-носителя биомассы для биологической очистки сточных вод : № 2018113477 : заявл. 13.04.2018 ; опубл. 19.03.2019 / Л.Н. Студеникина, А.В. Протасов, В.И. Корчагин, М.В. Шелкунова, **Ю.Н. Дочкина**. – 11 с.

В сборниках научных трудов и материалах конференций:

1. **Дочкина, Ю.Н.** Особенности биологической очистки высококонцентрированных стоков, прошедших электрофлотационную обработку / Ю.Н. Дочкина, В.И. Корчагин // Материалы LIX отчет. науч. конф. препод. и науч. сотруд. ВГУИТ за 2020 год. – Воронеж, 2021. – С. 113.

2. Плякина, А.А. Исследование гидробиохимических и гидробиологических показателей биоценоза активного ила в процессе подкормки субстратом, содержащим биологически активные компоненты / А.А. Плякина, **Ю.Н. Дочкина**, В.И. Корчагин // Материалы студ. науч. конф. за 2021 год. – Воронеж, 2021. – С. 283.

3. Закаблукова, Ю.В. Оптимизация содержания биогенных элементов при биологической очистке сточных вод / Ю.В. Закаблукова, **Ю.Н. Дочкина**, В.И. Корчагин // Материалы студ. науч. конф. за 2021 год. – Воронеж, 2020. – С. 329.

4. **Дочкина, Ю.Н.** Особенности электрокоагуляционного извлечения ценных компонентов из высококонцентрированных сточных вод / Ю.Н. Дочкина, В.И. Корчагин, Е.А. Денисова-Барабаш // Материалы LVIII отчет. науч. конф. препод. и науч. сотруд. ВГУИТ за 2019 год. – Воронеж, 2020. – С. 77.

5. Денисова-Барабаш, Е.А. Электрофлотация – перспективный способ очистки высококонцентрированных сточных вод птицеперерабатывающего предприятия / Е.А. Денисова-Барабаш, В.И. Корчагин, **Ю.Н. Дочкина** // Материалы студ. науч. конф. за 2020 год. – Воронеж, 2020. – С. 87.

6. Плякина, А.А. Оценка состояния биоценоза активного ила при биологической очистке высококонцентрированных сточных вод / А.А. Плякина, Ю. В. Закаблукова, **Ю.Н. Дочкина** // Материалы студ. науч. конф. за 2020 год. – Воронеж, 2020. – С. 93.

7. Калугина, Д.С. Очистка высококонцентрированных сточных вод методом традиционной физико-химической коагуляции / Д.С. Калугина, А.Э. Карасева, **Ю.Н. Дочкина** // Материалы студ. науч. конф. за 2020 год. – Воронеж, 2020. – С. 173.

8. **Дочкина Ю.Н.** Коагуляционное извлечение белково-липидных загрязнений из высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающих предприятий / Ю.Н. Дочкина, Д.С. Калугина, Е.А. Денисова-Барабаш, В.И. Корчагин // Наука и инновации-современные концепции : сборник науч. статей по итогам работы Международного науч. форума. – Москва, 2020. – С. 176-182.

9. **Дочкина, Ю.Н.** Влияние природы питательного субстрата на гидробиологические и гидрохимические показатели активного ила / Ю.Н. Дочкина, Л.Н. Студеникина, В.И. Корчагин // Материалы LVII отчет. науч. конф. препод. и науч. сотrud. ВГУИТ за 2018 год. – Воронеж, 2019. – С. 106.

10. **Дочкина, Ю.Н.** Определение максимально допустимой концентрации загрязнений стоков по гидрохимическим показателям активного ила / Ю.Н. Дочкина, Л.Н. Студеникина, В.И. Корчагин, Е.Ю. Шпомер, А.А. Плякина // Проблемы и инновационные решения в химической технологии : материалы всерос. конф. с междун. участ. – Воронеж, 2019. –С. 344-345.

11. Студеникина, Л.Н. Влияние состава и структуры загрузки биофильтра на иммобилизационную способность / Л.Н. Студеникина, В.И. Корчагин, **Ю.Н. Дочкина**, М.В. Шелкунова // Комплексные проблемы техносферной безопасности : материалы V Междун. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2019. – С. 402-406.

12. **Дочкина, Ю.Н.** Использование компонентов стоков птицеперерабатывающих предприятий в качестве подкормки активного ила / Ю.Н. Дочкина, Л.Н. Студеникина, Е.Ю. Шпомер, Е.А. Денисова-Барабаш // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство : материалы VI Междун. науч.-техн. конф. – Воронеж, 2019. – С. 457-460.

13. Денисова-Барабаш, Е.А. Создание многофункциональной кормовой добавки с использованием биологически активных веществ, извлеченных из высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающих предприятий / Е.А. Денисова-Барабаш, **Ю.Н. Дочкина**, В.И. Корчагин // Инновационные разработки молодых ученых Воронежской обл. на службу региона : материалы регион. конф. – Воронеж, 2019. – С. 97-98.

14. Калугина, Д.С. Разработка компостных смесей с использованием биологически активных загрязнений, извлеченных из высококонцентрированных стоков птицеперерабатывающих предприятий / Д.С. Калугина, **Ю.Н. Дочкина**, В.И. Корчагин // Инновационные разработки молодых ученых Воронежской обл. на службу региона : материалы регион. конф. – Воронеж, 2019. – С. 104-106

15. **Дочкина, Ю.Н.** Разработка технологии биохимического извлечения трудноокисляемых веществ из стока / Ю.Н. Дочкина, А.А. Плякина, В.И.

Корчагин // Инновационные разработки молодых ученых Воронежской обл. на службу региона : материалы регион. конф. – Воронеж, 2019. – С. 110-111.

16. **Дочкина, Ю.Н.** Биологическая очистка сточных вод с использованием композитной загрузки / Ю.Н. Дочкина, Л.Н. Студеникина, В.И. Корчагин // *Материалы LVI отчет. науч. конф. препод. и науч. сотруд. ВГУИТ за 2017 год.* – Воронеж, 2018. – С. 117.

17. Корчагин, В.И. Разработка материала-носителя микрофлоры для биологической очистки сточных вод / В.И. Корчагин, Л.Н. Студеникина, М.В. Шелкунова, **Ю.Н. Дочкина** // *Комплексные проблемы техносферной безопасности : материалы междунауч. науч.-практ. конф.* – Воронеж, 2017. – С. 149-153.

18. **Дочкина, Ю.Н.** Перспектива использования мальтодекстрина и микроцеллюлозы для создания плавающей загрузки биореактора / Ю.Н. Дочкина, Л.В. Молоканова // *Материалы студ. науч. конф. за 2016 год.* – Воронеж, 2016. – С. 494

19. **Дочкина, Ю.Н.** Способ биологической очистки сточных вод от фенола с использованием плавающей загрузки, изготовленной из композиционного материала / Ю.Н. Дочкина, Л.В. Молоканова, М.В. Шелкунова // *Проблемы и инновационные решения в химической технологии : материалы междунауч. науч.-практ. конф.* – Воронеж, 2016. – С. 158-160.

20. **Дочкина, Ю.Н.** Создание локальной биологической очистки стоков при использовании композиции с повышенными иммобилизационными свойствами / Ю.Н. Дочкина, В.И. Корчагин // *Инновационные разработки молодых ученых Воронежской обл. на службу региона : материалы регион. конф.* – Воронеж, 2016. – С. 136-138.

21. **Дочкина, Ю.Н.** Создание плавающей биозагрузки для локальных очистных сооружений с использованием полимерных отходов / Ю.Н. Дочкина, Л.В. Молоканова // *Инновации в химических, нефтехимических производствах и биотехнологии : материалы I междунауч. студ. науч.-практ. конф.* – Воронеж, 2015. – С. 190-192.

22. Молоканова, Л.В. Использование технологии прикрепленной микрофлоры и принципов нитриденитрификации в биологической очистке сточных вод / Л.В. Молоканова, **Ю.Н. Дочкина** // *Материалы LIII отч. науч. конф. препод. и науч. сотруд. ВГУИТ за 2014 год.* – Воронеж, 2015. – С. 236.

23. **Дочкина, Ю.Н.** Использование технологии плавающей загрузки для интенсификации биологической очистки при разработке проекта реконструкции очистных сооружений Кантемировского городского поселения / Ю.Н. Дочкина, Л.В. Молоканова // *Материалы студ. науч. конф. за 2015 год.* – Воронеж, 2015. – С. 532.

Подписано в печать _____. 2022. Формат 60 x 84 1/16

Усл. печ. л. 1.0 Тираж 100 экз. Заказ № 18

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет
инженерных технологий»
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ»)

Отдел оперативной полиграфии ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

Адрес университета и отдела полиграфии:

394036, Воронеж, пр. Революции, 19