

УТВЕРЖДАЮ:  
Врио ректора ФГБОУ ВО  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет»,  
кандидат технических наук, доцент



Т.Б. Кайтуков

«18» октября 2023 г.

## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» на диссертационную работу **Авдеенкова Павла Павловича** на тему «Очистка высококонцентрированных сточных вод предприятий глубокой переработки куриных яиц», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4 Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

### 1. Актуальность темы исследования

Сточные воды рассматриваются как один из основных источников загрязнения водных объектов - приемников сточных вод. Производственные сточные воды могут быть сброшены непосредственно в водный объект, либо приняты в городскую канализацию для совместной очистки с хозяйственно-бытовыми сточными городами. При сбросе сточных вод в водный объект требуется глубокая очистка сточных вод до ПДК, предъявляемых к водоемам рыбохозяйственного водопользования. Поступление производственных сточных вод в городскую канализацию допускается, если оно не нарушит процессы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, очищаемых механическими и биологическими методами. Поэтому производственные сточные воды должны удовлетворить установленным требованиям к сбросу в городскую канализацию.

Сточные воды предприятий глубокой переработки яиц в нашей стране являются практически неизученным видом производственных сточных вод. До настоящего времени вопросам очистки сточных вод предприятий глубокой переработки куриных яиц не уделено должного внимания. Однако потребность в продукции переработки яиц постоянно растет. Ожидается расширение производств по переработке куриных яиц, а следовательно увеличение потока сточных вод. Сточные воды характеризуются высоким содержанием

органических, взвешенных веществ и биогенных (соединения азота) и должны быть очищены.

В связи с этим, диссертационная работа **Авдеенкова Павла Павловича**, посвященная решению проблемы изучения состава и возможных методов очистки высококонцентрированных сточных вод предприятий глубокой переработки куриных яиц, безусловно, является **актуальной**.

## **2. Структура и содержание работы**

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и приложения, содержит 20 таблиц, 51 рисунок и Приложение. Изложена на 167 страницах машинописного текста. Список литературы включает 255 наименований источников.

**Первая глава** работы посвящена обзору научно-технической литературы, связанной с вопросами состава, свойств сточных вод и методов очистки предприятий глубокой переработки куриных яиц. В зарубежной литературе информация об очистке сточных вод производства куриной продукции связана, в основном, с физико-химическими процессами - реагентной обработкой сточных вод, отстаиванием, либо флотационным разделением жидкой и твёрдой фракций.

В нашей стране информации об исследованиях методов очистки сточных вод предприятий данного профиля, в литературе не выявлена. Поэтому выполнен обзор методов очистки высококонцентрированных сточных вод близкого состава - пищевой и мясомолочной промышленности. Показано, что для очистки высококонцентрированных сточных вод применяются, в основном, физико-химические методы очистки, а также могут быть применены биологические процессы. Делается предположение о возможности применения физико-химических и биологических методов для очистки высококонцентрированных сточных вод предприятий глубокой переработки куриных яиц в единой схеме. Ставится задача изучения влияния реагентной обработки сточных вод на процесс биологической очистки.

**Во второй главе** в результате анализа фактических данных о химическом составе сточных вод предприятия глубокой переработки куриных яиц установлен диапазон колебания концентраций загрязняющих веществ высококонцентрированного стока: концентраций взвешенных (1206-3451 мг/л), органических веществ (ХПК - 6206 - 12200 мг/л, БПК<sub>полн</sub> 2534 – 8540 мг/л). Выявлено высокое содержание органического азота (72 – 244 мг/л), при незначительных концентрациях аммония и окисленных форм азота. Для сточных вод характерно практическое отсутствие соединений фосфора, а также резкое колебание показателя pH сточных вод. Это обуславливает необходимость изучения параметров биологических процессов очистки сточных вод предприятий глубокой переработки куриных яиц.

Приведены методики изучения параметров обработки сточных вод реагентами. Представлено описание методик проведения реагентной обработки сточных вод, исследований биологической очистки активным илом в

контактных условиях на лабораторной установке SBR и исследований на пилотной установке МБР – в проточных условиях. Описана методика определения кинетических констант биологического процесса очистки сточных вод. Приведено описание использованных установок.

**В третьей главе** описываются результаты физико-химической обработки сточных вод методом пробного коагулирования с использованием реагентов. Экспериментально показано, что эффективность применения пяти изученных образцов реагентов для снижения концентрации взвешенных веществ и органических веществ (оцениваемых показателями ХПК и БПК) близка между собой, и достигает 76-80%. Наименьшие показатели остаточного алюминия и минимальное снижение показателя pH при введении реагентов достигается при применении полиоксихлорида марки «Аква-Аурат<sup>TM</sup> -14». Этот реагент выбран для продолжения исследований. Отмечено, что полученное качество очистки реагентом не допускает прием сточных вод даже в городскую канализацию и требует дополнительной ступени очистки.

Выполнены исследования биологического метода очистки сточных вод предприятия глубокой переработки куриных яиц по технологии SBR. Установлена эффективность биологической очистки сточных вод предприятия без использования реагентов на ступени механической обработки сточных вод и при обработке реагентом сточных вод на ступени механической очистки. Достигнуты более высокие показатели очищенной воды, но ниже, чем ПДК водоема рыбохозяйственного водопользования. Определены кинетические параметры биологических процессов. Установлена степень влияния предварительной физико-химической очистки на кинетические характеристики последующего биологического процесса.

Для получения более глубокой очистки исследованы схемы очистки сточных вод по технологии МБР (с применением мембранный технологии).

**Четвертая глава** посвящена изучению эффективности очистки сточных вод предприятия глубокой переработки куриных яиц в пилотном проточном мембранным биореакторе (МБР). В качестве исходной воды использована реальная сточная вода предприятия по глубокой переработке куриных яиц для двух вариантов сточных вод – по схеме очистки сточных вод, непосредственно поступающих с производства, и по схеме с предварительной физико-химической очисткой (ФХО) выбранным ранее реагентом (аналогично работам в контактных условиях).

Исследованиями в проточных условиях на реальной воде показана реальная возможность достижения показателей ПДК рыбохозяйственного водоема по соединениям азота при очистке высококонцентрированных сточных вод. Подтверждено влияние реагента на параметры биологического процесса очистки. Определены кинетические константы процесса окисления органических веществ.

Установлено, что при определении основных технологических параметров работы схемы диктующим показателем загрязнения сточных вод, на который необходимо вести расчет сооружений биологической очистки предприятий по глубокой переработке куриных яиц является БПК<sub>поли</sub>.

счищаемых сточных вод. Определены кинетические константы процесса биохимического окисления, которые позволяют вести расчеты сооружений технологических схем.

В обеих схемах получены сопоставимые близкие составы остаточных загрязняющих веществ в очищенной воде (БПК от 7 до 30мг/л, ХПК 90 -180 мг/л, аммоний солевой до 2мг/л, нитриты от 0,1 до 1мг/л, нитраты 10 - 20мг/л, но при значительно различающихся технологических параметрах работы установки: при очистке натуральных сточных вод - время обработки составляло 6-9 сут, рабочая доза активного ила- 5-10г/л, рециркуляция 800%. При предварительной ФХО время обработки для достижения того же эффекта очистки составило 2-3 сут, рабочая доза ила 4-6,5г/л, рециркуляция 600%

*В пятой главе* предложены технологические схемы очистки сточных вод предприятий по глубокой переработке куриных яиц. Разработан алгоритм расчета очистных сооружений очистки высококонцентрированных сточных вод предприятий глубокой переработки яиц.

Выполненные экономические расчеты затрат (с учетом жизненного цикла) на очистку сточных вод глубокой переработки куриных яиц позволили соискателю рекомендовать технологическую схему, включающую предварительную физико-химическую очистку и последующую одноступенчатую биологическую очистку в аэротенках. Определена стоимость очистки 1 м<sup>3</sup> сточных вод, которая составляет 99,6руб

### **3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Большой объем выполненных исследований с использованием современных апробированных методик проведения экспериментов с надлежащей математической обработкой опытных данных, а также результаты, полученные в производственных условиях на реальной сточной воде предприятия по глубокой переработке куриных яиц, подтверждающие теоретические предпосылки и результаты лабораторных изысканий, свидетельствуют о *достоверности* и *обоснованности* полученных результатов.

### **4. Научная новизна**

1. Разработана технологическая схема очистки сточных вод предприятий глубокой переработки куриных яиц, включающая реагентную обработку сточных вод и биологическую очистку активным илом.

2. Определены основные технологические параметры, кинетические константы и коэффициенты биологической очистки сточных вод, поступающих непосредственно от предприятий глубокой переработки куриных яиц а также сточных вод, прошедших физико-химическую обработку сточных вод.

3. Впервые установлено влияние предварительной коагуляции на кинетические характеристики биологической очистки сточных вод предприятий глубокой переработки куриных яиц.

## **5. Научная и практическая ценность диссертации**

1. Установленные технологические параметры и кинетические зависимости в процессах обработки сточных вод предприятий глубокой переработки куриных яиц позволяют проводить расчеты вновь строящихся сооружений
2. Даны рекомендации по проектированию и аппаратурному оформлению включенных в технологическую схему сооружений
3. Результаты работы внедрены в производство на ряде объектов. Разработаны технологии для сброса в городскую канализацию после локальной очистки и схема с введением МБР, что позволит сбросить непосредственно в водный объект технология может быть применена.

## **6. Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки**

1. Результаты выполненной работы открывают возможность использования их для технологических и экономических расчетов и применения других испытанных реагентов.
2. Результаты выполненной работы позволяют разработать схему очистки и рассчитать очистные сооружения производства по глубокой переработки куриных яиц с учетом конкретных условий сброса сточных вод – либо в водный объект, либо в городскую канализацию.
3. Установленные кинетические константы биологического процесса очистки высококонцентрированных сточных вод могут быть использованы при расчетах очистных сооружений конкретных объектов и для применения при дальнейших исследованиях.

## **7. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Результаты диссертационной работы использованы ООО «Эколос Проектстрой» при разработке технологии очистки сточных вод, поставке оборудования и выполнении пуско-наладочных работ на локальных очистных сооружениях двух предприятий глубокой переработки куриных яиц: Яйцеперрабатывающей фабрике ЗАО «Рузово», локальных очистных сооружениях «ЛОС-КН-600»; ООО «Лето Групп».

## **8. Публикация результатов работы и их апробация**

По теме диссертации Авдеенковым Павлом Павловичем опубликовано 8 работ, в том числе 5 статей в журналах, входящих в перечень ВАК.

Основные и промежуточные результаты работы были доложены на Международной конференции «Вода: Экология и технологии» ЭКВАТЭК, г. Москва 2021, XIII Международной научно-практической конференции «Техновод», г. Сочи, 2021 г., конференции, посвящённой памяти академика РАН С.В. Яковлева, г. Москва, 2022 и 2023 гг., 79 и 80 научно-технических конференциях АСА СамГТУ «Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика», г. Самара, 2022-2023 г., Международной конференции EcwaExpo, г. Москва, 2022 г., Международной научно-практической конференции «Водоснабжение, химия и прикладная экология», г. Гомель, 2023 г.

## **Замечания**

1. С.39 отсутствует описание условий отбора проб сточной воды предприятия по переработке яиц, что не позволяет обосновать наличие отдельных экстремальных показателей загрязнения, приведенных в Табл.2.1., например, концентрации нитратов 15мг/л, концентрации нитритов 7,27 мг/л и др.

2. Учитывая фактический состав сточных вод (Табл. 2.1), характеризующийся с значительным диапазоном показателя рН, в рекомендованные схемы (Рис. 5.1.), вероятно, необходимо включить этап корректировки рН

3. Выполненными исследованиями установлено, что для достижения конкретного установленного эффекта очистки требуемая доза испытанных реагентов (по активной части, выраженной полуторными окислами) близки. Следовало бы привести и сопоставить потребность в испытанных реагентах по товарному продукту.

4. Не ясно, какое количество осадка образуется в результате реагентной обработки сточных вод, а также в изученных процессах биологической очистки и как рекомендуется его обрабатывать.

5. В диссертации приведено содержание в исходной сточной воде концентрации общего азота –до 244 мг/л, органического азота 72 – 244мг/л. Следовало бы указать какая концентрация этих загрязняющих веществ остается в очищенной воде.

6. Следовало бы включить информацию о типичных исходных сведениях о предприятиях глубокой переработке куриных яиц –характерном для предприятий количестве образующихся производственных сточных вод, традиционном размещении предприятий в городской структуре, режиме образования и поступления сточных вод на очистные сооружения.

7. Не ясна цель включения в технологическую схему вторичного отстойника поз.9 Рисунок 5.3 а) диссертации.

## **9. Заключение**

Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что диссертация **Авдеенкова Павла Павловича** на тему «Очистка высококонцентрированных сточных вод предприятий глубокой переработки куриных яиц» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, научной и практической ценностью, а научные положения, выводы и рекомендации имеют существенное значение для развития соответствующей отрасли наук. Диссертационная работа полностью соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических, а ее автор **Авдеенков Павел Павлович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.4 – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов.

Отзыв обсужден и принят на заседании кафедры «Водоснабжение и водоотведение» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (протокол № 1 от 19 сентября 2023). Присутствовало на заседании 18 человек, из них 6 доктора наук. Результаты голосования: «за» - 18 человек, «против» - нет, «воздержался» - нет.

Составители отзыва:

Заведующий кафедрой,  
«Водоснабжение и водоотведение»  
Федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет», доктор  
технических наук, профессор (2.1.4 –  
Водоснабжение, канализация,  
строительные системы охраны водных  
ресурсов)

Профессор кафедры  
«Водоснабжение и водоотведение»  
Федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет»,  
доктор технических наук (2.1.4 –  
Водоснабжение, канализация,  
строительные системы охраны водных  
ресурсов)

Алексеев  
Евгений  
Валерьевич

Залетова  
Нина  
Анатольевна

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (ФГБОУ ВО « НИУ МГСУ») 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, дом 26 Тел. +7(495) 651-81-85 e-mail: kanz@mgsu.ru