

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный
университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Александровская ул., д. 30, г. Чита, 672039
Тел. (302-2) 41-64-44, 41-66-00
Факс: (302-2) 41-64-44
Web-server: www.zabgu.ru
E-mail: mail@zabgu.ru
ОКПО 02069390, ОГРН 1027501148652
ИНН/КПП 7534000257/753601001

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор

ФГБОУ ВО «Забайкальский
государственный университет»

О.О. Мартыненко



2026 г.

26.01.2026 г.

28.01.2026 № 01.1-283
На № _____ от _____

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Забайкальский государственный университет» (ЗабГУ) на диссертационную работу Заколюкиной Алины Маратовны на тему «Очистка сточных вод от ионов аммония и фосфатов модифицированными золошлаковыми отходами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.2. Экологическая безопасность (технические науки)

Актуальность темы исследования

Превышение предельно допустимой концентрации ионов аммония и фосфатов в сточных водах, сбрасываемых в водный объект, свидетельствует о недостаточно очищенных бытовых стоках. Это связано с ростом населения и, в основном, с устаревшими и изношенными очистными сооружениями. В этом случае необходимо проводить доочистку сточных вод перед сбросом их в водоем. В последнее время большое внимание как в нашей стране, так и за рубежом, уделяется использованию отходов производства. К одному из таких отходов относятся золошлаковые отходы теплоэнергетики, размещенные в огромных количествах на золошлакоотвалах. Эти отходы

являются дешевыми, они не горючи и не взрывоопасны. Использование этих отходов имеет решающее значение для снижения нагрузки на окружающую среду и здоровье человека.

Таким образом, вопросы поиска рациональных способов утилизации накопленных золошлаковых отходов требуют изучения и научного обоснования. В связи с этим, диссертационная работа Заколюкиной А.М., направленная на повышение эффективности очистки сточных вод от ионов аммония и фосфатов модифицированными золошлаковыми отходами, является актуальной в плане доочистки сточных вод путем реализации вторичного вовлечения отходов производства.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Кубанского научного фонда (КНФ) в рамках научного проекта № МФИ-20.1/57 (грант КНФ) «Разработка экологически безопасных сорбентов для очистки ливневых стоков, содержащих фекально-бытовые и нефтяные загрязняющие вещества» (№ государственной регистрации 122101000007-2).

Научная новизна положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выводы и рекомендации, представленные в диссертационной работе Заколюкиной А.М., обладают научной новизной. Наиболее значимыми являются следующие результаты.

Автором выполнен анализ изотерм адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха, Еловича, Темкина и Дубинина-Радушкевича на наличие экстремума функции $K_d = f(C_e), E = f(C_0)$, полученного при обработке экспериментальных данных, что позволяет прогнозировать изменение эффективности очистки сточных вод в диапазоне начальных концентраций ионов аммония от 5 до 300 мг/дм³ и фосфатов от 2 до 5000 мг/дм³ в растворе.

Экспериментально получены данные и определены условия получения цеолита для очистки сточных вод от NH_4^+ . Цеолит получен прокаливанием при 600 °С золошлаковых отходов Новочеркасской ГРЭС с последующей

гидротермальной обработкой путем добавления 2 М раствора NaOH в соотношении 10 см³ на 1 г прокаленного сорбента, что привело к увеличению сорбционной емкости по отношению к ионам аммония и снижению времени достижения фазового равновесия в растворе цеолит – ионы аммония.

Таким образом, полученные Заколюкиной А.М. результаты обладают научной новизной и вносят вклад в развитие теории и практики адсорбционных технологий.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в анализе изотерм адсорбции. Показано, что зависимости $K_d = f(C_e)$ и $E = f(C_0)$ на основе изотерм Темкина и Дубинина–Радущкевича имеют максимум при изменении концентраций адсорбтива в растворе, а на основе изотерм Ленгмюра, Фрейндлиха и Еловича являются монотонно убывающими во всем диапазоне концентраций адсорбтива в растворе. Экспериментально подтвержден экстремум кривых зависимости $K_d = f(C_e)$ и $E = f(C_0)$ как функции от концентрации адсорбтива в растворе C_0 и C_e при очистке модельных водных растворов и реальной сточной воды от ионов аммония и фосфатов в системах ионы аммония – прокаленный сорбент, фосфаты – прокаленный сорбент, ионы аммония – цеолит. Получено качественное согласование экспериментальных и расчетных данных по изотермам Темкина и Дубинина–Радущкевича.

Практическая значимость работы заключается в экспериментальном подтверждении соответствия удельной эффективной активности золошлаковых отходов Новочеркасской ГРЭС нормам экологической безопасности. Проведенный мониторинг с 2018 г. по 2022 г. показателей качества воды реки Кубань выявил повышенные значения ионов аммония, фосфатов и других поллютантов. Автором экспериментально исследована статика и кинетика на модельных растворах и реальных сточных водах в

системах ионы аммония – прокаленный сорбент, фосфаты – прокаленный сорбент, ионы аммония – цеолит. Определены константы изотерм Ленгмюра, Фрейндлиха, Темкина, Еловича и Дубинина-Радущкевича и моделей кинетики псевдопервого (Лагергрена), псевдвторого порядка (Хо и Маккея), диффузионной и Еловича. Разработан способ получения цеолита для очистки водных растворов и сточных вод от ионов аммония путем гидротермальной обработки прокаленного сорбента 2 М раствором гидроксида натрия. Определены его физико-химические показатели. Повышена эффективность очистки раствора от ионов аммония по сравнению с прокаленным сорбентом. Цеолит исследован на модельных растворах и реальной сточной воде. Технологические и технические решения подтверждены патентом РФ на изобретение № 2829776. Себестоимость цеолита составляет 17,5 руб. за 1 кг. Для доочистки сточных вод от ионов аммония после биологической очистки предложена технологическая схема, включающая 3 ступени статической сорбционной очистки, где на 1-й и 2-й ступени в качестве сорбента используется цеолит из ЗШО, и на 1-й и 3-й – клиноптилолит. Стоимость очистки 1 м³ раствора с концентрацией ионов аммония 40 мг/дм³ составляет 201 руб., размер предотвращенного экологического ущерба, причиненного сбросом 70 м³/сут., составляет 13103,5 тыс. руб./год. Результаты испытаний цеолита на основе ЗШО Новочеркасской ГРЭС и технология его производства переданы ООО «Газпром трансгаз Краснодар» (Анапское ЛПУМГ), ООО «ССК Газрегион» (Лаборатория управления контроля качества в Ленинградской области), АО «Анапа Водоканал».

Степень достоверности и обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и практических рекомендаций диссертации Заколюкиной А.М. не вызывает сомнений. Научные положения соответствуют основной цели и задачам исследования.

Положения и выводы по статике и кинетике адсорбции обоснованы результатами собственного исследования и адекватно соотносятся с накопленными данными в области адсорбции. Достоверность и точность результатов исследования обусловлена использованием в диссертационной работе фундаментальных и эмпирических уравнений и статистической обработки полученных результатов, а также большим количеством экспериментальных данных.

Данные получены в лабораторных условиях с использованием утвержденных в РФ методов анализа. Полученные результаты согласуются между собой и не противоречат существующим представлениям в данной области. Выводы и рекомендации по результатам исследований в достаточной степени аргументированы.

Основные положения диссертации опубликованы в 23 научных работах, из них: 7 статей в научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и WebofScience, 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, 1 статья в прочем издании и 12 работ в материалах конференций различного уровня, получен 1 патент РФ на изобретение. По своему содержанию публикации автора полностью соответствуют теме диссертационной работы.

Рекомендации по использованию результатов

Предложенный метод определения максимума функций может быть распространен на другие изотермы с целью определения возможности прогнозирования эффективности очистки при концентрациях загрязнителей, близких к предельно допустимой концентрации.

Исследования адсорбционной способности модифицированных сорбентов на основе золошлаковых отходов теплоэнергетики (прокаленного сорбента и цеолита) могут быть продолжены по отношению к другим загрязнителям, содержащимся в сточных водах.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа Заколюкиной Алины Маратовны на тему «Очистка сточных вод от ионов аммония и фосфатов модифицированными золошлаковыми отходами» состоит из введения, 6 глав, основных выводов и результатов, списка использованных источников и приложений. Работа изложена на 210 страницах компьютерного текста, содержит 83 рисунка и 45 таблиц. Список использованных источников включает 129 наименований. В приложениях представлены протоколы испытаний, результаты расчетов по изотермам Ленгмюра, Френдлиха, Еловича, Темкина и Дубинина – Радушкевича, приведена статистическая обработка экспериментальных данных, акты передачи научно-технических исследований цеолита и апробация исследований на конференциях различного уровня. Работа построена традиционным способом, характерным для кандидатских диссертаций.

В первой главе представлен литературный обзор, включающий в себя анализ состояния рек России по докладам Министерств экологии и природных ресурсов Российской Федерации, анализ отечественной и зарубежной литературы по загрязнению рек сточными водами, обзор современных исследований в области очистки бытовых сточных вод, рассмотрение сорбентов для очистки сточных вод от ионов аммония и фосфатов, применение золошлаковых отходов предприятий теплоэнергетики для очистки сточных вод от ионов аммония и фосфатов, изложение норм радиационной безопасности золошлаковых отходов предприятий теплоэнергетики, краткий обзор моделей кинетики и статики сорбции.

Во второй главе перечислены объекты и методы исследований, изложена методика статистической обработки экспериментальных данных, приведены результаты экспериментальных исследований радиологического анализа образцов золошлаковых отходов Новочеркасской ГРЭС и уточнены основные расчетные зависимости, используемые в последующих главах.

В третьей главе представлены направления деятельности экологической стратегии Краснодарского края в области охраны (защиты) окружающей среды, дана оценка состояния реки Кубань за период с 2018 г. по 2022 г., приведены результаты количественного химического и микробиологического анализов проб воды по 14 показателям загрязняющих веществ: хлориды, азот нитритный, азот нитратный, NH_4^+ , PO_4^{3-} , БПК₅; ХПК; железо общее, нефтепродукты, сульфаты, взвешенные вещества, ОКБ, ТКБ, колифаги, выявлены ключевые взаимосвязи причин и источников загрязнения реки Кубань на основе метода «Диаграмма Исикавы». Полученные автором результаты сопровождаются обсуждением и аргументированы выводами, что облегчает восприятие и понимание диссертационной работы.

В четвертой главе приведены многочисленные экспериментальные исследования статики и кинетики сорбционной очистки водных растворов и сточной воды от ионов аммония и фосфатов прокаленным сорбентом из золошлаковых отходов. Определены параметры исследования в системе ионы аммония – прокаленный сорбент: рН раствора, частота вращения магнитной мешалки, время достижения равновесия. Экспериментально исследована статика и кинетика очистки модельных водных растворов от ионов аммония прокаленным сорбентом из золошлаковых отходов предприятий теплоэнергетики. Определены параметры исследования в системе фосфаты – прокаленный сорбент: рН раствора, частоты вращения магнитной мешалки, времени достижения равновесия. Экспериментально исследована статика и кинетика очистки модельных водных растворов от фосфатов прокаленным сорбентом из золошлаковых отходов предприятий теплоэнергетики, изучена возможность очистки реальных сточных вод от фосфатов и ионов аммония прокаленным сорбентом. Выполнена обработка полученных данных по изотермам сорбции и по моделям кинетики, соответственно.

В пятой главе для выявления причин качественного несоответствия

положения экспериментальных точек по статике сорбции зависимостей по коэффициенту распределения и эффективности очистки расчетным кривым по изотермам адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха, Еловича и качественного согласования по изотермам Темкина и Дубинина-Радущкевича выполнен анализ изотерм адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха, Еловича, Темкина и Дубинина-Радущкевича на наличие экстремума функции коэффициента распределения от концентрации адсорбтива в растворе после сорбции.

В шестой главе разработан способ получения цеолита из золошлаковых отходов, проведены исследования цеолита на модельных водных растворах и реальных сточных водах для очистки от ионов аммония. Предложена технологическая схема очистки сточных вод от ионов аммония с применением цеолита. Выполнены расчеты себестоимости цеолита (в промышленных масштабах) и размера экологического вреда, причиненного водному объекту.

Цель и задачи, сформулированные в диссертации, отвечают полученным результатам.

Замечания по диссертационной работе

1. Первую главу (раздел 1.3 «Современные исследования в области очистки бытовых сточных вод») целесообразно было бы дополнить анализом существующих схем очистки бытовых стоков, содержащих значительное количество ионов аммония и фосфатов.

2. Как учтено влияние сопутствующих загрязняющих веществ в сточной воде на эффективность очистки реальной сточной воды от ионов аммония и фосфатов при проведении экспериментальных исследований?

3. В пятой главе автором выполнен анализ изотерм адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха, Темкина, Еловича и Дубинина-Радущкевича. В настоящее время известно свыше 35 изотерм адсорбции. Почему для анализа выбраны именно эти?

4. Диссертантом при проведении экспериментальных исследований фазового равновесия с ионами аммония и фосфатами выявлен максимум эффективности очистки в некоторой области концентраций поллютанта в исходном растворе. Имеются ли аналогичные данные (собственные или литературные) по другим поллютантам, обнаруженным в отборах проб из реки Кубань?

5. Отсутствуют экспериментальные исследования цеолита для очистки сточных вод от фосфатов.

6. В шестой главе предложена технологическая схема для доочистки сточных вод от ионов аммония, включающая три ступени статической сорбции (стр. 147). Однако в большинстве производственных случаев применяется в основном процесс динамической сорбции. Желательно учесть это в дальнейших исследованиях.

Заключение

Диссертационная работа Заколюкиной Алины Маратовнына соискание ученой степени кандидата технических наук является самостоятельным законченным научным трудом и вносит определенный вклад в исследование и решение задачи очистки сточных вод от ионов аммония и фосфатов. По объему, новизне и значимости результатов диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Содержание диссертации сформулировано на основе опубликованных автором научных трудов, что подтверждает достоверность выдвинутых на защиту теоретических и практических рекомендаций.

Содержание автореферата полностью соответствует основным положениям представленной диссертации.

Диссертационная работа и автореферат соответствуют паспорту специальности научных работников 2.10.2. Экологическая безопасность

по пунктам: 2) Исследования уровня воздействия на окружающую среду негативных факторов производственно-хозяйственной деятельности; 10) Разработка и совершенствование методов, технологий и средств снижения негативного воздействия антропогенной хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду.

Таким образом, по актуальности и объему выполненных исследований, новизне, достоверности, научной и практической значимости полученных результатов и выводов диссертационная работа полностью соответствует требованиям пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в текущей редакции), предъявляемым ВАК Министерства науки и высшего образования РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор *Заколюкина Алина Маратовна* заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.10.2. Экологическая безопасность (технические науки).

Диссертационная работа и автореферат были рассмотрены на заседании кафедры техносферной безопасности факультета строительства и экологии ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет», протокол №7 от «26» января 2026 г.

Отзыв подготовил: Размахнин Константин Константинович, доктор технических наук (25.00.13 Обогащение полезных ископаемых), доцент по специальности «Обогащение полезных ископаемых и вторичного сырья», профессор кафедры техносферной безопасности факультета строительства и экологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Забайкальский государственный университет».



Размахнин Константин Константинович

Сведения о ведущей организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Забайкальский государственный университет».

Адрес: 672039, г. Чита, ул. Александро-Заводская, д. 30;

тел.: (3022)41-64-44; e-mail: mail@zabgu.ru

Адрес официального сайта в сети Интернет: <https://zabgu.ru/php/index.php>

Я, Размахнин Константин Константинович, автор отзыва, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.2.310.03 и их дальнейшую обработку.



Размахнин Константин Константинович

