

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента
Сапроновой Жанны Ануаровны 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 работы

Проблеме удаления ионов аммония и фосфатов из сточных вод посвящено большое количество исследований, направленных на изучение и повышение сорбционной емкости новых модифицированных адсорбентов, с последующим применением в производственных масштабах. Высокой сорбционной емкостью по отношению к поллютантам обладают угольные сорбенты, но их запасы не безграничны. В последнее время модификации подвергают отходы производства, что связано с их дешевизной и значительными накопленными ресурсами. К одному из таких отходов относятся золошлаковые отходы теплоэнергетики, накопившиеся в нашей стране на золоотвалах в огромных количествах и занимающие площадь около 30 тысяч гектаров. Объемы отходов составляют порядка 1,7 миллиарда тонн.

Исследование сорбентов проводят на статику, кинетику и динамику процесса сорбции. Обработка экспериментальных данных по статике ограничивается в основном двухпараметрическими изотермами Ленгмюра и Фрейндлиха, либо при малом количестве точек однопараметрической изотермой Генри, что не всегда позволяет добиться качественного и количественного согласования экспериментальных и расчетных данных. Применение других моделей адсорбции способствует повышению сходимости между теорией и экспериментом.

В этой связи практическое решение изложенных выше проблем, направленное на разработку цеолита из золошлаковых отходов теплоэнергетики для очистки сточных вод от ионов аммония и фосфатов, утилизацию зо-

лошлаковых отходов и применение других моделей адсорбции с целью повышения сходимости экспериментальных и расчетных данных, является актуальным.

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

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, обеспечена использованием утвержденных РФ методик и методов контроля выполнения измерений ФР, РД, ПНД Ф, ГОСТ и сравнением полученных экспериментальных данных с известными.

Диссертант использует научные методы, основываясь на литературных и собственных экспериментальных данных, полученных с использованием традиционных методов физико-химического анализа, таких как количественный химический анализ и биотестирование.

Обработка экспериментальных данных проведена с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel. Поиск экстремума (максимума) функциональных зависимостей выполнен известными методами математического дифференцирования. Для статистического анализа выбран метод квадратов (метод Пирсона) для установления силы связи между признаками, имеющими количественное выражение, вычислен коэффициент корреляции и доверительная вероятность.

Таким образом, использование общепринятых методов экспериментальных исследований, средств проведения измерений и обработки экспериментальных данных не дают оснований для сомнений в их достоверности.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

В работе выполнен анализ изотерм адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха, Еловича, Темкина и Дубинина-Радущкевича на наличие экстремума (максимума) функциональных зависимостей коэффициента распределения и эффективности очистки, выявленных 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 ионов аммония. 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.

В работе впервые применен метод анализа изотерм на наличие экстремума функциональных зависимостей.

Значимость для науки и практики научной работы

Удельная эффективная активность ЗЩО Новочеркасской ГРЭС составила $A_{эфф} = 235,3 \pm 21,4$ Бк/кг, что соответствует нормам экологической безопасности.

Проведенный мониторинг с 2018 г. по 2022 г. показателей качества воды реки Кубань выявил повышенные значения NH_4^+ , PO_4^{3-} и других поллютантов.

Экспериментально исследована статика и кинетика на модельных растворах и реальных СВ в системах NH_4^+ – прокаленный сорбент, PO_4^{3-} – прокаленный сорбент, NH_4^+ – цеолит. Определены константы изотерм Ленгмюра, Фрейндлиха, Темкина, Еловича и Дубинина-Радушкевича и моделей кинетики псевдопервого (Лагергрена), псевдовторого порядка (Хо и Маккея), диффузионной и Еловича.

Анализ изотерм адсорбции показал, что зависимости $K_d = f(C_e)$ и $E = f(C_0)$ на основе изотерм Темкина и Дубинина–Радушкевича 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 СВ от NH_4^+ и PO_4^{3-} в системах NH_4^+ – прокаленный сорбент, PO_4^{3-} – прокаленный сорбент, NH_4^+ – цеолит. Получено качественное согласование экспериментальных и расчетных данных по изотермам Темкина и Дубинина–Радускевича.

Разработан способ получения цеолита для очистки водных растворов и СВ от NH_4^+ путем гидротермальной обработки прокаленного сорбента 2 М раствором гидроксида натрия. Определены его физико-химические показатели. Повышена эффективность очистки раствора от NH_4^+ по сравнению с прокаленным сорбентом. Цеолит исследован на модельных растворах и реальной СВ. Технологические и технические решения подтверждены патентом РФ на изобретение № 2829776. Себестоимость цеолита составляет 17,5 руб. за 1 кг.

Для доочистки СВ от NH_4^+ 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 NH_4^+ 40 мг/дм³ составляет 201 руб., размер предотвращенного экологического ущерба, причиненного сбросом 70 м³/сут., составляет 13103,5 тыс. руб./год.

Достоинства диссертации, включая содержание и оформление

Диссертационная работа изложена в традиционной последовательности и включает: расшифровку принятых обозначений переменных, введение, шесть глав, основные выводы и результаты, список условных обозначений и сокращений, список использованных источников и приложения.

Во введении обоснована актуальность исследования, цель и задачи работы, её научная новизна и практическая значимость.

В первой главе представлен обзор литературы, в котором дан анализ состояния рек России по докладам Министерств экологии и природных ресурсов Российской Федерации, приведен анализ отечественной и зарубежной литературы по загрязнению рек сточными водами, рассмотрены современные исследования в области очистки бытовых сточных вод и сорбенты для очистки сточных вод от ионов аммония и фосфатов, приведены сведения по нормам радиационной безопасности отечественных золошлаковых отходов предприятий теплоэнергетики.

Во второй главе описаны объекты и методы исследования, использованные в диссертационной работе при выполнении экспериментов и анализе полученных результатов. Приведена методика статистической обработки экспериментальных данных и результаты радиологического анализа образцов золошлаковых отходов Новочеркасской ГРЭС.

В третьей главе рассмотрены направления деятельности экологической стратегии Краснодарского края в области охраны (защиты) окружающей среды, состояние реки Кубань за период с 2018 г. по 2022 г. и проведена эколого-химическая оценка состояния реки Кубань в условиях антропогенной нагрузки г. Краснодара за период с 2018 по 2022 годы. Выполнен количественный химический и микробиологический анализы проб 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.

В четвертой главе проведено экспериментальное исследование статистики и кинетики сорбции очистки водных растворов и сточных вод от ионов аммония и фосфатов прокаленным сорбентом и математическая обработка полученных данных. Наличие ионов аммония и фосфатов в водных объектах рыбохозяйственного значения приводит к увеличению в них патогенных микроорганизмов, поэтому они выбраны в качестве исследуемых поллютантов. На первом этапе применен прокаленный сорбент на основе золошлаковых отходов Новочеркасской ГРЭС. На втором этапе в шестой главе исследован цеолит для очистки водных растворов и сточных вод от ионов аммо-

ния, полученный путем гидротермальной обработки прокаленного сорбента. Исследования проведены при дозах сорбента 1, 2 и 5 г на 50 см³ раствора в диапазоне начальных концентраций ионов аммония от 5 до 300 мг/дм³ и фосфатов от 2 до 5000 мг/дм³ в растворе.

В пятой главе для выявления причин качественного несоответствия положения экспериментальных точек по статике сорбции зависимостей коэффициента распределения и эффективности очистки выполнен анализ изотерм адсорбции Ленгмюра, Фрейндлиха, Еловича, Темкина и Дубинина-Радущкевича на наличие экстремума функциональной зависимости коэффициента распределения от концентрации адсорбтива в растворе. Показана пропорциональность между коэффициентом распределения и эффективностью очистки.

В шестой главе для повышения сорбционной емкости по отношению к ионам аммония разработан способ получения цеолита для очистки сточных вод от ионов аммония, определены его физико-химические показатели, себестоимость, проведены исследования на модельных водных растворах и реальных сточных водах. Предложена технологическая схема доочистки сточных вод от ионов аммония. Определен размер предотвращенного экологического ущерба и обоснована экономическая эффективность использования цеолита из золошлаковых отходов для очистки сточных вод от ионов аммония.

В приложениях приведены протоколы радиологического анализа образцов золошлаковых отходов Новочеркасской ГРЭС, протоколы по количественному химическому и микробиологическому анализам состояния р. Кубань, расчетные данные по изотермам Ленгмюра, Френдлиха, Еловича, Темкина и Дубинина-Радущкевича, статистическая обработка экспериментальных данных, протоколы лабораторных испытаний, патент на изобретение, акты передачи научно-технических исследований цеолита и апробация исследований на международных конкурсах и конференциях.

Приведенные в диссертации *выводы* соответствуют поставленным задачам.

Материал представлен в строгом соответствии с содержанием, достаточно проиллюстрирован экспериментальными и расчетными данными, представленными в виде 83 рисунков и 45 таблиц. Список использованной литературы включает 129 наименований, в том числе 73 иностранных авторов. Диссертация аккуратно оформлена.

Публикация основных результатов диссертации

Основные результаты диссертации опубликованы в соответствии с требованиями ВАК Минобрнауки РФ. По материалам диссертации опубликовано 23 научных работы, из них: 7 статей в научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science, 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.

Соответствие автореферата основным положениям

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации и оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК Минобрнауки РФ к диссертациям. Диссертация соответствует паспорту научной специальности ВАК 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.

Замечания по диссертации

1. В работе приведены исследования 14-ти качественных показателей воды, отобранной из стока в реку Кубань. Чем обоснован выбор ионов аммония и фосфатов в качестве исследуемых поллютантов?

2. Мониторинговые исследования и их результаты насколько совпадают или противоречат официальной статистике по данному вопросу, по отчетам Росприроднадзора?
3. Почему для анализа, кроме широко применяемых изотерм Ленгмюра и Фрейндлиха, выбраны изотермы Темкина и Дубинина-Радужкевича?
4. В диссертационной работе прокаленный сорбент, подвергнутый гидротермальной обработке, назван цеолитом. Какими исследованиями это подтверждено?
5. Каким методом изучена статика и кинетика сорбции?
6. Как в дальнейшем утилизируются прокаленный сорбент и цеолит? Можно ли их регенерировать?
7. В работе имеются опечатки и стилистические ошибки. Так, названия иностранных водных объектов, как, например, «Sakubva», «Munzur», «Bagmati» и др. следовало перевести или транслитерировать на русский язык. Латинские названия в тексте принято выделять курсивом.

Сделанные замечания не снижают общих достоинств работы.

Заключение

Диссертационная работа Заколюкиной Алины Маратовны «Очистка сточных вод от ионов аммония и фосфатов модифицированными золошлаковыми отходами» является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, направленной на решение важной задачи — очистки сточных вод от ионов аммония и фосфатов.

Диссертационная работа имеет теоретические и прикладное значение. Результаты работы базируются на значительном объеме экспериментальных исследований. Представленные результаты достоверны, выводы и заключения вполне обоснованы.

По объему выполненных исследований, научной новизне и значимости полученных результатов исследования для науки и практики диссертационная работа полностью соответствует требованиям пп.9-11, 13, 14, «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Пра-

вительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изм. и доп., вступившими в силу с 01.01.2025 г.), предъявляемым ВАК Министерства науки и высшего образования РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а автор работы **Заколюкина Алина Маратовна** заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.10.2. Экологическая безопасность (технические науки).

Официальный оппонент:

доктор технических наук по специальности 03.02.08 Экология (по отраслям), доцент, заведующий кафедрой промышленной экологии Химико-технологического института ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»

Тел. (4722) 55-47-96, E-mail: sapronova.2016@yandex.ru

23.01.2026



Сапронова Жанна Ануаровна

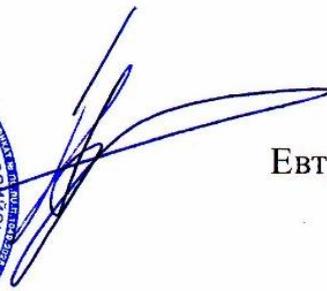
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет «БГТУ»»

Почтовый адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Тел. (4722) 54-20-87

E-mail: rector@intbel.ru

Первый проректор
д-р техн. наук, профессор



Евтушенко Евгений Иванович