

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по инновационной деятельности  
ФГБОУ ВО «Уфимский  
университет науки и технологий»

к.т.н., доцент

Агеев Г.К.

2024.



## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Уфимский университет науки и технологий»  
на диссертационную работу Араслановой Ляйсан Хадисовны на тему  
«Очистка сточных вод от тяжелых металлов и нефтепродуктов  
сорбентами на основе промышленных отходов»,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по научной специальности  
1.5.15. - «Экология»

### Актуальность темы выполненной работы

Диссертационная работа Араслановой Л.Х. посвящена разработке новых сорбентов на основе отходов горно-обогатительных комбинатов Республики Башкортостан (Учалинского ГОК, Бурибаевского ГОК, Сибайского ГОК) и гуматов натрия, полученных из отходов добычи бурого угля Тюльганского месторождения (г. Кумертау), а также изучению возможности применения их для очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов с высокой степенью эффективности.

В настоящее время очистка сточных вод от экотоксикантов (ионов тяжелых металлов, нефтепродуктов и др.) является важной проблемой для различных отраслей промышленности. Для очистки промышленных сточных вод от присутствия загрязнителей широко используют физико-химические методы. Одним из наиболее эффективных методов среди них являются сорбционные с использованием различных сорбентов природного и синтетического происхождения. При этом применение в промышленности современных сорбентов часто не рентабельно вследствие их высокой стоимости и недостаточной сорбционной эффективности.

Одним из путей решения экологических проблем, связанных с очисткой промышленных сточных вод от экотоксикантов является разработка недорогих и эффективных сорбентов на основе промышленных отходов. Большое количество научных публикаций посвящено изучению свойств сорбентов, полученных на основе отходов сельскохозяйственных, деревообрабатывающих, металлургических и других промышленных производств. Следует отметить, что деятельность горно-обогатительных комбинатов сопровождается образованием довольно больших объемов отходов, до сотен тысяч тонн, что является серьезной экологической проблемой. С другой стороны, из отходов добычи бурого угля – пылевидных и низкокалорийных фракций можно получать гуматы, которые могут быть использованы для производства сорбентов очистки сточных вод.

Исходя из вышеуказанного, **актуальность проведенных исследований** несомненна, связана с разработкой новых высокоэффективных сорбентов на основе отходов промышленности – хвостов обогащения горнодобывающих комбинатов и гуминовых соединений, полученных из отходов добычи бурого угля для очистки сточных вод от присутствия тяжелых металлов и нефтепродуктов.

#### **Новизна исследований и полученных результатов**

Диссертация Араслановой Л.Х. является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи в области промышленной экологии – очистки сточных вод и переработки отходов.

В диссертации получены следующие результаты, которые могут быть квалифицированы как обладающие **научной новизной**:

1. Впервые предложены и экспериментально реализованы способы получения новых пористых сорбентов из отходов горно-обогатительных комбинатов и природных материалов – глины, гуматов натрия, полученных на основе экстракции отходов добычи бурого угля.

2. Установлена зависимость адсорбционной активности полученных новых сорбентов от условий получения, найдены их оптимальные значения.

3. Впервые исследованы адсорбционные свойства разработанных новых, в том числе модифицированных сорбентов для очистки сточных вод: эффективность адсорбции для ионов  $\text{Fe}^{3+}$  – 95-99,9 %,  $\text{Zn}^{2+}$  – 97-98 %,  $\text{Cd}^{2+}$  – 92-99,5 %,  $\text{Cu}^{2+}$  – 84,5-99,9 %,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  – 98-99,7 % и нефтепродуктов – 90-98,2 %.

4. Впервые определены кинетические и термодинамические параметры процесса адсорбции ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов на поверхности новых разработанных сорбентов, константы скорости процесса

адсорбции псевдопервого порядка на примере модельных и реальных сточных вод (эффективные константы скорости адсорбции ( $k_{эфф} \cdot 10^4, c^{-1}$ ):  $Fe^{3+}$  - 3,0-13,0;  $Zn^{2+}$  - 5-11;  $Cd^{2+}$  - 2-13;  $Cr_2O_7^{2-}$  - 3,8-9,0;  $Cu^{2+}$  - 5,0-11,0; нефтепродуктов - 1-3, значения величин энтальпии процесса адсорбции ( $\Delta H$ , кДж/моль) -  $Fe^{3+}$  - 81,0;  $Zn^{2+}$  - 39,9;  $Cd^{2+}$  - 24,1; энтропии ( $\Delta S$ , Дж/моль·К) -  $Fe^{3+}$  - 275,2;  $Zn^{2+}$  - 133,9;  $Cd^{2+}$  - 82,1.

#### **Значимость для науки результатов диссертационных исследований автора**

Значимость результатов для науки определяется тем, что результаты исследований Араслановой Л.Х. могут быть полезными для исследователей в области разработки методов синтеза сорбентов и на основе отходов промышленных предприятий и изучение их эффективности в процессе очистки сточных вод.

Автором разработана технологическая схема получения новых сорбентов на основе отходов горно-обогатительных комбинатов и гуматов натрия, полученных на основе отходов добычи бурого угля (УГОК, БГОК, СГОК).

#### **Значимость для производства результатов диссертационных исследований автора**

Разработан способ получения новых сорбентов на основе отходов горно-обогатительных комбинатов и гуматов натрия, полученных на основе отходов добычи бурого угля.

Предложен способ очистки сточных вод с использованием новых сорбентов от ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов, позволяющие достигнуть степени очистки сточных вод от ионов  $Fe^{3+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cr_2O_7^{2-}$  в интервале 95-99 % при концентрациях и нефтепродукты - до 95 %.

Материалы, полученные в диссертации внедрены в производство (ООО «БиоПромИнвест»)

Материалы диссертационной работы «Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов сорбентами на основе промышленных отходов» используются при чтении курсов лекции и практических работ по дисциплинам «Промышленная экология и техносферная безопасность», «Системы и методы защиты окружающей среды», «Безопасность жизнедеятельности» для обучающихся направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, профили «Инженерная защита окружающей среды», «Экологическая безопасность территорий и промышленных объектов»; «Защита объектов интеллектуальной собственности» для

обучающихся направления подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность, магистерская программа «Экологический инжиниринг и аудит».

### **Основное содержание диссертации**

#### **Структура и объем диссертации**

По структуре и содержанию диссертация и автореферат к диссертации характеризуются логической связанностью и единством.

Диссертационная работа состоит из введения, обсуждения результатов, выводов, библиографического списка использованной литературы, включающего 127 наименований. Материал диссертации изложен на 131 страницах машинописного текста, содержит 47 рисунков, 23 таблицы.

**Во введении** обоснована актуальность темы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследования, сформулированы цели и задачи исследования, а также выдвинуты положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** приведен обзор литературных источников по проблемам загрязнения и очистки промышленных сточных вод. Рассмотрены основные методы очистки сточных вод, подробно проанализированы физико-химические и адсорбционные методы очистки сточных вод. Приведены сведения об основных видах сорбентов, полученных на основе промышленных отходов или продуктов их переработки. Отдельно рассмотрены гуминовые соединения как потенциальное сырье для получения и модификации сорбентов для очистки промышленных сточных вод.

**Во второй главе** приведены методики получения сорбентов, методики исследования физико-химического состава отходов и сорбентов, методы аналитического контроля и исследования состава сточных вод.

**В третьей главе** изложены методики получения сорбентов на основе отходов горно-обогатительных комбинатов и гуминовых соединений; результаты исследований физико-химических свойств сорбентов, их состав и структура; проанализирована зависимость сорбционной эффективности от состава и свойств сорбентов, проведен поиск оптимальных параметров сорбентов для очистки сточных вод.

**В четвертой главе** исследована эффективность очистки модельных сточных вод от ионов тяжелых металлов сорбентами на основе вышеуказанных промышленных отходов. Определены эффективные константы скорости процесса адсорбции в модельных сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов с использованием разработанных сорбентов. Определена статическая емкость и удельная поверхность сорбентов по метиленовому голубому. Определены термодинамические

характеристики адсорбции ионов тяжелых металлов с использованием сорбентов на основе отходов ГОК.

**В пятой главе** исследована эффективность очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов.

Выявлено влияние физико-химических характеристик сорбентов на основе отходов горно-обогатительных комбинатов (ГОК): Учалинского (УГОК), Бурибаевского (БГОК), Сибайского (СГОК) на эффективность сорбции.

Проведены исследования эффективности адсорбционных свойств новых сорбентов на основе отходов (хвостов) ГОК, а также гумата натрия, полученного из отходов добычи бурого угля для очистки сточных вод о наличия ряда ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов, при этом получены значения эффективности адсорбции до 99,9 %.

Приведенные в работе **выводы аргументированы**, работа хорошо оформлена. Диссертационная работа Араслановой Л.Х представляется законченным исследованием, выполненном на высоком научном уровне.

Автореферат по содержанию соответствует диссертации и содержит все **основные положения и выводы**.

#### **Публикации автора диссертации**

По теме диссертации опубликовано 24 научных труда, в том числе: 4 статьи в ведущих рецензируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ, 4 статьи в журналах, включенных в базу данных Web of Science и Scopus; 15 работ в материалах международных и всероссийских конференций и в сборниках научных трудов, 1 патент Российской Федерации.

#### **Достоверность научных положений диссертации**

Достоверность результатов научных положений диссертации обеспечена использованием комплекса обоснованных и широко используемых физико-химических методов (УФ-спектроскопии, рентгенофлуоресцентного анализа, рентгенофазового анализа, ИК-, ЯМР спектроскопии, атомно-эмиссионной и атомно-адсорбционной спектроскопии) на сертифицированном оборудовании, статистической обработкой и высокой воспроизводимостью полученных экспериментальных данных.

**Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации.**

Автореферат диссертации по своей структуре и содержанию соответствует диссертации и отражает полностью содержание диссертации

### **Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты диссертационного исследования Араслановой Л.Х. представляют несомненный научный и практический интерес для ведущих институтов, занятых аналогичной проблематикой по созданию современных адсорбентов, таких как: Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова РАН, Ивановский государственный химико-технологический университет, Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Южно-Уральский государственный университет, Сибирский федеральный университет, Красноярский научный центр СО РАН, Томский государственный университет и др.

### **Соответствие паспорту специальности**

Диссертационная работа посвящена разработке способа очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов и нефтепродуктов с использованием сорбентов, полученных на основе отходов промышленности – хвостов обогащения ГОК и отходов добычи бурого угля. Рассматриваемые в диссертации задачи охватывают вопросы, включенные в паспорт специальности 1.5.15. Экология (технические науки), а именно пункту 5 «Разработка экологически безопасных технологий и материалов, процессов подготовки и повышения качества продукции, утилизации промышленных отходов».

### **Замечания и вопросы по диссертационной работе**

1. В диссертации (глава 3.1.1.) указано, что для предварительной подготовки сорбентов на основе промышленных отходов ГОК и удаления подвижных форм ионов тяжелых металлов в составе отходов была проведена промывка отходов ГОК 0,01 % раствором HCl. Чем можно объяснить выбор реагента (HCl) для удаления подвижных форм ионов меди, цинка и т.д. в составе отходов, а не какой-либо другой кислоты? Почему для промывки сорбента был использован именно 0,01 % раствор соляной кислоты?

2. Почему в состав сорбентов на основе ГОК в качестве связующего компонента была введена именно глина (Талалаевского месторождения Республики Башкортостан) (глава 3.2.), а не какой-либо другой аналогичный материал?

3. Чем можно объяснить высокую эффективность сорбции разработанного сорбента на основе отходов ГОК по отношению к

исследованным загрязнителям? С учетом известных высоких сорбционных свойств глины по отношению ко многим загрязнителям неорганического и органического происхождения, возможно, именно глина в составе указанных отходов, выполняет в большей степени роль основного сорбционного материала в составе изученного сорбента?

4. Промышленные отходы ГОК по химическому составу содержат оксиды, обладающие сорбционными свойствами:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$  (табл. 3.1., 3.2.). Исследовались ли отдельно сорбционные свойства глины Талалаевского месторождения Республики Башкортостан и отходов ГОК без добавления каолина в связи с «эффектом наложения» предполагаемых сорбционных свойств отходов ГОК и сорбционных свойств каолина?

5. Учитывались ли при изучении адсорбционных свойств исследованных образцов сорбентов оптимальные условия сорбции по отношению к ионам металлов и нефтепродуктам (рН, температура, время контакта фаз, соотношение количеств сорбента и сорбата)?

6. В главе 4.1.2 указано, что адсорбция ионов железа возрастает при модификации сорбентов на основе отходов предприятий по добыче бурого угля РБ гуматами, что может быть связано с образованием устойчивых комплексов  $\text{Fe}^{3+}$  с фенольными и карбоксильными группами в составе гумата натрия. Возникает вопрос - проводились ли исследования, доказывающие образование комплексных соединений металлов на поверхности сорбента?

7. В главе 4.2.1. указано, что адсорбция и связывание в комплексы катионов металлов гуминовыми веществами и глинистыми минералами увеличивается при высоких значениях рН, при этом оптимальное значение рН = 10 - 11. Однако согласно литературным данным, в щелочной среде ионы металлов (кроме иона  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) образуют нерастворимые гидроксиды металлов. С учетом указанного возможно ли при таком высоком значении рН образование комплексных соединений металлов на поверхности изученных сорбентов?

8. По данным, приведенным на рис. 4.3, утверждается, что при концентрации  $\text{Fe}^{3+}$  до 170-200 мг/дм<sup>3</sup> значение статистической обменной емкости стремится к пределу 200 мг/г. Возникает вопрос: как может измениться данная зависимость по иону  $\text{Fe}^{3+}$ , если увеличить концентрацию иона, например, до 250 мг/дм<sup>3</sup> и выше?

9. Как можно объяснить - почему с увеличением температуры прокаливания сорбентов при их приготовлении степень очистки растворов, загрязненных ионами тяжелых металлов, возрастает (глава 4.1.2.)?

10. В табл. 4.10 указаны энтальпии сорбции ионов металлов частицами изученных сорбентов, значения которых положительны, что не характерно

для физической сорбции согласно литературным данным. Как можно объяснить наблюдаемый эффект?

11. Чем можно объяснить высокую эффективность изученных промышленных отходов по отношению к ионам металлов и нефтепродуктам при невысоких значениях удельной площади поверхности полученных сорбентов на основе промышленных отходов?

Указанные замечания не затрагивают принципиальные положения и выводы диссертационной работы, ее новизну и значимость и не снижают общую положительную оценку диссертации.

Оценку влияния указанных замечаний на качество диссертации оставляем на усмотрение диссертационного совета.

### **Заключение**

Таким образом, диссертационная работа Араслановой Л.Х. «Очистка сточных вод от тяжелых металлов и нефтепродуктов сорбентами на основе промышленных отходов», представленная на соискание ученой степени 1.5.15 «Экология» (технические специальности), является самостоятельным законченным научно-квалификационным исследованием, в котором на основе большого объема экспериментального материала и его теоретического обобщения получены достоверные и значимые результаты, обладающие научной новизной и практической значимостью.

Рассматриваемые в диссертации задачи охватывают вопросы, включенные в паспорт специальности 1.5.15. Экология (технические науки), а именно пункту 5 «Разработка экологически безопасных технологий и материалов, процессов подготовки и повышения качества продукции, утилизации промышленных отходов».

В работе содержится решение научно-технической задачи исследования возможности использования новых сорбентов, полученных на основе отходов ГОК, в том числе модифицированных гуматом натрия для очистки сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов и нефтепродуктов. Обоснована адекватность установленных закономерностей, проведено статистическое и теоретическое обоснование результатов. Полученные результаты вносят существенный вклад в развитие научных основ экологии.

Подводя итог, можно констатировать, что диссертационная работа Араслановой Л.Х. соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., с изменениями, утвержденными Постановлением Правительства РФ № 426 от 20.03.2021 г., а ее автор



Арасланова Ляйсан Хадисовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.5.15 «Экология» (технические науки).

Диссертационная работа Араслановой Ляйсан Хадисовны и отзыв на нее обсуждены на заседании кафедры физической химии и химической экологии института химии и защиты в чрезвычайных ситуациях ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (протокол № 5 от 22 января 2024 года).

Отзыв составил:

Заведующий кафедрой  
физической химии и  
химической экологии  
доктор химических наук,  
профессор



Мустафин Ахат  
Газизьянович

Мустафин Ахат Газизьянович, доктор химических наук, профессор. защитил докторскую диссертацию в 1999 году по специальности 02.00.03 – органическая химия. ученое звание профессор получил в 2001 году по специальности «Органическая химия».

Должность: зав. кафедрой физической химии и химической экологии.  
Контактный телефон: +7(347) 229-97-07, e-mail: [agmustafin@gmail.com](mailto:agmustafin@gmail.com)

Сведения об организации:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий» (ФГБОУ ВО «УУНиТ»),

Адрес: ул. Заки Валиди, д. 32, г. Уфа, 450076

<https://uust.ru/>, телефон +7(347) 229-96-46, e-mail: [rector@uust.ru](mailto:rector@uust.ru)

Подпись Мустафина А.Г. заверяю:  
Ученый секретарь Ученого Совета УУНиТ,  
кандидат филологических наук, доцент



Ефименко Н.В.