

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

Гафарова Решата Решатовича на тему: «Ионообменно-сорбционная очистка сточных вод от ионов никеля и меди отходом отбелной глины», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.4.10. Коллоидная химия

Диссертационная работа Гафарова Р.Р. посвящена актуальной проблеме коллоидной химии и экологической безопасности – разработке эффективных сорбционных материалов на основе промышленных отходов для очистки сточных вод от ионов тяжёлых металлов и органических красителей. Использование отхода отбелной глины (ООГ), образующегося в больших объёмах при переработке растительных масел, позволяет решить одновременно две задачи: снижение техногенной нагрузки за счёт утилизации отхода и получение недорогого сорбента для водоочистки. Работа выполнена в рамках актуального научного направления, связанного с созданием материалов с заданными коллоидно-химическими свойствами.

Работу можно условно разделить на две взаимосвязанные части. Первая посвящена исследованию закономерностей термической модификации отхода отбелной глины, изучению изменений её минерального состава, пористой структуры, поверхностных свойств в зависимости от температуры обработки. Вторая часть направлена на выявление коллоидно-химических механизмов сорбции ионов  $Ni^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  и красителя метиленового голубого на термоактивированном материале, а также на разработку технологических параметров очистки сточных вод. Такой подход обеспечивает глубокую связь между фундаментальными аспектами коллоидной химии и прикладными задачами водоочистки.

Несомненную **научную новизну** работы определяют:

- установленные закономерности трансформации структурно-сорбционных свойств отхода отбелной глины при термической

обработке до 350 °С, заключающиеся в контролируемом разложении гидроксильных групп, частичной деструкции монтмориллонита и формировании аморфной углеродной фазы, что приводит к увеличению сорбционной ёмкости в 1,7 раза по ионам металлов;

- выявленный механизм специфической адсорбции катионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Ni}^{2+}$  с образованием поверхностных комплексов типа  $\equiv\text{Si}-\text{OCu}^+$ , сопровождающийся перезарядкой поверхности и изменением  $\zeta$ -потенциала от  $-29,2$  мВ до положительных значений;

- обоснование двухстадийного механизма сорбции, включающего быструю физическую сорбцию в микропорах углеродной и последующее хемосорбционное закрепление на активных центрах глинистой матрицы.

**Практическая значимость** работы подтверждена определением оптимальных параметров получения сорбционного материала (температура модификации 350 °С, продолжительность 30 мин) и условий очистки сточных вод (доза сорбента 1,5 г/дм<sup>3</sup>, температура обрабатываемой воды 30 °С), обеспечивающих степень удаления ионов никеля до 98 %, меди – до 97 %. На основе выполненных исследований разработана принципиальная технологическая схема очистки сточных вод с использованием термически модифицированной отбеленной глины, которая прошла успешную апробацию в полупромышленных условиях на предприятии ООО «Белрегионцентр». Кроме того, предложен способ утилизации отработанного сорбента в качестве пигмента-наполнителя для лакокрасочных материалов, что подтверждено испытаниями в ООО «ГЭКОР+». Предотвращенный эколого-экономический ущерб от внедрения разработанной технологии составляет около 1 млн рублей в год при расчётном объёме очищаемых сточных вод 80 000 м<sup>3</sup>/год.

**Степень достоверности** результатов не вызывает сомнений. Исследования выполнены с использованием современных методов: рентгенофазового анализа, ИК-спектроскопии, низкотемпературной адсорбции азота, лазерной гранулометрии, электронной микроскопии, а

также классических методов анализа жидких фаз. Полученные результаты согласуются с данными других авторов и прошли апробацию в промышленных условиях.

Основные результаты диссертации опубликованы в 14 научных работах, в том числе в 5 статьях в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных, рекомендованных ВАК РФ. Получено 1 свидетельство о регистрации ноу-хау.

Автореферат написан грамотно, логично, хорошо иллюстрирован, отражает основное содержание работы.

#### **Замечания и вопросы по автореферату:**

1. В автореферате недостаточно подробно рассмотрен вопрос о возможности регенерации отработанного сорбционного материала или о способах извлечения аккумулированных ионов тяжёлых металлов. Каковы перспективы решения этой задачи с точки зрения коллоидно-химических свойств материала?

2. В работе исследована сорбция ионов  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  и метиленового голубого из модельных растворов. Чем, по мнению автора, обусловлена различная селективность термоактивированной отбелной глины по отношению к этим загрязнителям в многокомпонентных системах?

3. На рисунке 8 автореферата представлена зависимость  $\zeta$ -потенциала от pH. Хотелось бы уточнить, как влияет ионная сила раствора на электрохимические свойства поверхности ООГ350 и, соответственно, на сорбционную способность при обработке реальных сточных вод с переменным солевым составом?

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы.

**Заключение.** Диссертационное исследование Гафарова Решата Решатовича является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основе комплексных коллоидно-химических исследований

решена актуальная задача разработки высокоэффективного сорбционного материала на основе термически модифицированного отхода отбелной глины для очистки сточных вод от ионов никеля, меди и красителя метиленового голубого. Работа отвечает требованиям п.п. 9–14 «Положения о присуждении учёных степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, **Гафаров Решат Решатович**, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 1.4.10. Коллоидная химия.

Доктор технических наук (специальность 03.02.08. Экология (в химии и нефтехимии)), профессор, заведующий кафедрой «Инженерная экология и безопасность труда» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

«13» апреля 2026 г.

 Николаева Лариса Андреевна

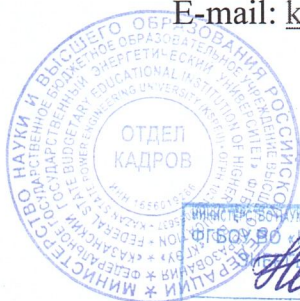
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

Адрес: 420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51

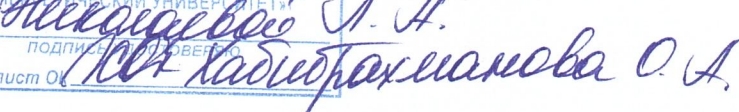
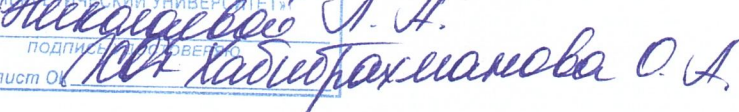
Телефон: +7 (843) 519-42-02

+7 (843) 562-43-25

E-mail: [kgeu@kgeu.ru](mailto:kgeu@kgeu.ru)



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

  
подпись:   
Специалист О.А. Халибрахимова О.А.