

**ОТЗЫВ**  
**НА АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ГАФАРОВА РЕШАТА РЕШАТОВИЧА**  
**НА ТЕМУ: «ИОНООБМЕННО-СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ**  
**ВОД ОТ ИОНОВ НИКЕЛЯ И МЕДИ ОТХОДОМ ОТБЕЛЬНОЙ ГЛИНЫ»,**  
**ПРЕДСТАВЛЕННУЮ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА**  
**ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**  
**ПО НАУЧНОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 1.4.10. КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ**

Проблема очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, таких как никель и медь, остается одной из актуальных задач современной коллоидной химии и экологии. Разработка эффективных и экономически доступных сорбционных материалов на основе промышленных отходов, в частности отработанной отбелной глины, имеет важное значение для развития ресурсосберегающих технологий. В связи с этим диссертационное исследование Гафарова Р.Р., направленное на создание и изучение свойств термомодифицированного сорбента из отхода маслоэкстракционного производства, является своевременным и актуальным. Представленный подход носит междисциплинарный характер, объединяя методы коллоидной химии, физико-химического анализа и технологии водоочистки.

Научная новизна диссертационной работы не вызывает сомнений. Автором установлены закономерности изменения структурных и сорбционных характеристик отработанной отбелной глины в процессе термоактивации. Выявлено, что обработка при 350 °С приводит к формированию композитного материала с развитой мезопористой структурой и аморфной углеродной фазой, что увеличивает сорбционную емкость по ионам  $Ni^{2+}$  и  $Cu^{2+}$  в 1,7 раза. Важным результатом является установление коллоидно-химических закономерностей изменения  $\zeta$ -потенциала в процессе сорбции. Показано, что специфическая адсорбция катионов металлов приводит к перезарядке поверхности частиц от -29,2 мВ до +11,6 мВ, что обосновывает механизм формирования поверхностных комплексов. Решена научная задача, заключающаяся в разработке научно обоснованного подхода к получению эффективного сорбционного материала из техногенного отхода, что имеет существенное значение для развития коллоидной химии в области очистки водных сред.

Практическая значимость работы обусловлена созданием на основе доступного и крупнотоннажного отхода (отработанной отбелной глины) эффективного сорбционного материала, позволяющего достигать степени очистки сточных вод от ионов никеля до 98 %, меди – до 97 %. Автором определены оптимальные параметры процесса (температура обжига сорбента – 350 °С, дозировка – 1,5 г/дм<sup>3</sup>, температура воды – 30 °С), разработана принципиальная технологическая схема очистки сточных вод. Дополнительную значимость работе придает предложенный способ утилизации отработанного сорбента в качестве пигмента-наполнителя для лакокрасочных материалов, что соответствует принципам циркулярной экономики. Результаты прошли успешную апробацию в

промышленных условиях, а предотвращенный эколого-экономический ущерб составляет около 1 млн рублей в год.

Результаты диссертационного исследования, отражающие его основные положения, изложены в 14 научных публикациях, в том числе: 5 – в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий из международных реферативных баз данных, рекомендованных ВАК РФ. Получено 1 свидетельство о регистрации ноу-хау, что подтверждает высокий уровень апробации работы.

В качестве замечания следует отметить:

1. В автореферате не в полной мере раскрыта методика оценки вклада внешней и внутренней диффузии при определении критерия Био. Желательно было бы более детально указать, какие именно параметры использовались для разделения стадий массопереноса.

2. Учитывая наличие в составе сорбента аморфной углеродной фазы и глинистой матрицы, изучалась ли возможность регенерации отработанного сорбционного материала ООГ350 для его многократного использования, и если да, то какое влияние это оказывает на его коллоидно-химические и сорбционные свойства?

3. В автореферате подробно представлен состав отработанной отбелной глины (ООГ) с конкретного предприятия. Насколько стабилен (однороден) этот состав при поступлении разных партий отхода? Как сезонные или технологические колебания на предприятии-источнике могут повлиять на воспроизводимость сорбционных свойств получаемого материала ООГ350?

4. В автореферате указано, что материал используется в виде порошка (дозировка  $1,5 \text{ г/дм}^3$ , упоминается «расходный бункер», «устройство дозирования»). На технологической схеме (Рисунок 12) показан ввод адсорбента, но не указано, в каком виде (порошок, гранулы, паста) он поступает. Для реальной водоочистки использование мелкодисперсного порошка сопряжено с трудностями фильтрации, уносом материала и стадией обезвоживания осадка. Проводились ли исследования по формованию (гранулированию) полученного сорбционного материала для улучшения гидродинамических характеристик процесса (например, для использования в фильтрах с плотным слоем) и снижения потерь материала при его дозировании и последующем отделении от очищенной воды?

5. Исходный и модифицированный материал ООГ представляет собой тонкодисперсный порошок. Каким образом в разработанной технологической схеме решается проблема пыления на этапе загрузки сорбента в расходный бункер (поз. 3) и его дозирования (поз. 4)? Предусмотрены ли технические решения для минимизации потерь материала и обеспечения санитарно-гигиенических требований?

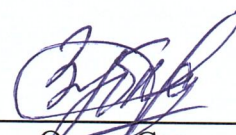
6. В автореферате предложена технологическая схема с использованием смесителя и отстойника. Был ли проведен анализ альтернативных вариантов аппаратного оформления (например, использование напорных или безнапорных фильтров с загрузкой из ООГ350, либо устройств с псевдоожиженным слоем)? Чем

обоснован выбор именно реакторно-отстойной схемы для реализации предложенного способа очистки?

7. В разделе «Степень разработанности темы» и «Общая характеристика работы» указано, что существуют традиционные сорбенты (активированные угли, глины). Однако в автореферате нет прямого сравнительного технико-экономического анализа разработанного ООГ350 с существующими на рынке аналогами. Проводился ли сравнительный анализ эффективности и стоимости полученного сорбента ООГ350 с ближайшими промышленными аналогами (природными бентонитами, активированными углями, другими техногенными сорбентами)? Какое место, по мнению автора, занимает разработанный материал на рынке сорбентов для водоочистки с точки зрения соотношения «цена/эффективность».

Учитывая актуальность темы исследования, научную новизну полученных результатов, их теоретическую и практическую значимость, считаю, что диссертационная работа Гафарова Решата Решатовича соответствует специальности 1.4.10. Коллоидная химия и отвечает требованиям, установленным пунктом 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в действующей редакции), а ее автор, Гафаров Решат Решатович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.10. Коллоидная химия.

Кандидат технических наук по специальности 05.17.01. Технология неорганических веществ, старший научный сотрудник Научного центра «Проблем переработки минеральных и техногенных ресурсов» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»



Ольга Сергеевна  
Зубкова

«02» апреля 2026 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»

Адрес: 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я линия, д. 2

Телефон: +7-812-382-01-28

E-mail: rectorat@spmi.ru, zubkova-phd@mail.ru

Подпись кандидата технических наук Ольги Сергеевны Зубковой, с.н.с. Научного центра «Проблем переработки минеральных и техногенных ресурсов» заверяю



Завлечения  
ства и  
нтооборота  
Звлева

02.04.2026