

## ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Миненко Владимира Геннадиевича на тему: «Научное обоснование и разработка комбинированных процессов глубокой переработки техногенных вод алмазодобывающих предприятий», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.9 – Обогащение полезных ископаемых (технические науки)

### Актуальность темы

Проблема очистки и переработки техногенных вод особенно актуальна для алмазодобывающих предприятий, воды которых характеризуются высокой коррозионной агрессивностью за счет хлорид- и серу-содержащих ионов для месторождений Якутии и высокой концентрацией тонкодисперсных частиц сапонита для месторождений Архангельской области, наличие которых нарушает процессы извлечения алмазов. В 2021 году объем отведения сточных вод компанией АЛРОСА составил около 66 млн. м<sup>3</sup>, из которых 61,7 млн. м<sup>3</sup> сброшено в поверхностные водоемы вместе с 21 тыс. тонн загрязняющих веществ.

Диссертационная работа Миненко В.Г. посвящена научному обоснованию и разработке комбинированных процессов глубокой переработки техногенных вод алмазодобывающих предприятий на основе использования электрохимического кондиционирования и сепарации промышленных вод. Данные процессы обеспечивают за счет направленного регулирования ионного состава, окислительно-восстановительных свойств жидкой фазы и структурного состояния твердой фазы организацию эффективной системы водооборота, повышение эффективности процессов переработки алмазосодержащего сырья, снижение экологической нагрузки на окружающую среду, а также попутное получение сапонита и растворов активного хлора.

Актуальность темы как в научном, так и прикладном отношении не вызывает сомнения.

Цель работы: разработка комбинированных процессов глубокой комплексной переработки высокоминерализованных и сапонитсодержащих техногенных вод алмазодобывающих предприятий с получением дополнительных товарных продуктов.

Для достижения этой цели автором диссертации разработаны теоретические положения по обоснованию и разработке комбинированных процессов глубокой переработки техногенных вод алмазодобывающих предприятий, обеспечивающих получение сапонита и гипохлорита, модифицирование их физико-химических и механических свойств для использования сапонита в качестве керамического материала и сорбента ионов тяжелых металлов и гипохлорита для очистки бытовых вод от токсичных веществ

### Общая характеристика диссертационной работы.

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы из 298 наименований, содержит 405 страниц машинописного текста, из них 107 страниц в виде приложений, 113 рисунков, 49 таблиц и 7 приложений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель, идея и задачи исследований, научная новизна и практическая значимость работы, изложены основные положения, выносимые на защиту, научная новизна, научное и практическое значение работы, описаны объекты и предметы исследований.

В первой главе диссертации приведены результаты литературного обзора по анализу условий накопления, современного состояния методов очистки и переработки техногенных

вод алмазодобывающих предприятий, а также методов модифицирования смектитов с оценкой возможности получения товарных продуктов.

Во второй главе рассмотрены объекты, предметы и материалы исследований, описаны методики и приборное обеспечение для исследования физико-химических свойств и химического состава техногенных вод. Представлены принципы метрологической оценки результатов измерений.

В третьей главе представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований процесса электрохимической переработки и утилизации высокоминерализованной техногенной воды ОФ №3 Мирнинско-Нюрбинского ГОКа (МНГОКа) в виде растворов активного хлора для обеззараживания сточных вод г. Мирного.

Установлены зависимости концентрации активного хлора в техногенных водах от параметров электрохимической обработки и натрий-хлоридной минерализации воды; предложены оптимальные параметры электрохимического кондиционирования техногенных вод. Опытными промышленными испытаниями подтверждена возможность обеззараживания сточных городских вод электрохимически обработанной водой.

Разработан комплекс оборудования, технологическая схема установки и регламент по переработке высокоминерализованных натрий-хлоридного типа техногенных вод ОФ №3.

В четвертой главе представлено научное обоснование процесса электрохимической сепарации для извлечения сапонита и обесшламливания техногенных вод ОФ АО «Севералмаз». Установлены эмпирические и экспериментальные зависимости извлечения сапонита от параметров процесса электрохимической сепарации техногенной воды. Представлены результаты лабораторных и опытно-промышленных испытаний разработанных сепараторов. Показана возможность получения осветленного слива и сгущенного сапонитового продукта.

В пятой главе приведены результаты испытаний по электрохимической, химической и термической модификации физико-химических, механических и сорбционных свойств сапонита с целью получения керамических материалов и сорбентов.

Приведены результаты исследования сорбционных (по отношению к катионам тяжелых металлов), физико-химических и текстурно-структурных свойств модифицированных сорбентов на основе сапонита, а также процесса образования вторичных металлосодержащих фаз на поверхности сорбента при взаимодействии с катионами тяжелых металлов.

Показана возможность химической и электрохимической модификации с последующей термической обработкой сапонита для повышения статической обменной емкости в 1,2-4,9 раза за счет удаления минеральных примесей, увеличения площади поверхности и замещения обменных катионов ионами водорода (кислотная активация), расширения слоев, образования дополнительных кислотных или окислительно-восстановительных центров (пилларинг), изменения структуры, состава и электрических свойств (электрохимическая обработка) сапонита.

В шестой главе представлены результаты испытаний сорбента на основе модифицированного сапонита и определены статическая и полная динамическая емкости сапонита по отношению к катионам меди. Показана эффективность сорбента на основе модифицированного сапонита для очистки промышленных вод от тяжелых металлов (на примере технологической воды Ковдорского ГОКа).

В заключении сформулированы основные выводы по работе.

**Научная новизна работы** состоит в научном обосновании механизма электрохимического получения гипохлорита из высокоминерализованных вод и

электрохимической сепарации сапонитсодержащих техногенных вод с попутным извлечением сапонитового продукта и осветленной воды, их последующего использования для очистки сточных вод и в керамической промышленности.

В научном обосновании процесса получения высококачественных керамических материалов с улучшенными физико-механическими и декоративными характеристиками на основе использования электрохимической и термической (850 °С) модификации сапонита, обеспечивающей направленное изменение структуры (плотности упаковки, размера частиц, удельной поверхности частиц), минерального и химического состава, электрокинетического потенциала частиц и появление сил ионно-статического притяжения, что способствует консолидации структуры и более полному переходу сапонита в аморфную фазу.

Во вскрытии механизма химической и электрохимической модификации с последующей термической обработкой при температуре 750 °С сапонитсодержащего продукта, обеспечивающей повышение статической обменной емкости сорбента в 1,2-4,9 раза.

**Практическое значение работы** заключается в выборе технологических параметров и разработке оборудования для электрохимической обработки техногенных вод, обеспечивающих возможность утилизации до 1,0 млн. м<sup>3</sup>/год высокоминерализованной оборотной воды ОФ№3 МНГОКа в виде раствора активного хлора при полном обеззараживании сточных городских вод и промышленную переработку сапонитсодержащих вод АО «Севералмаз», обеспечивающую извлечение из них сапонита более 80 % и выход осветленного слива до 75 % при степени его очистки до 99,5 %.

Разработанные схемы и аппаратный комплекс для кондиционирования техногенных вод при обогащении алмазосодержащего сырья прошли опытно-промышленные испытания и рекомендованы к внедрению на ОФ: №3 МНГОКа, №12 УГОКа и №1 АО «Севералмаз».

**Обоснованность и достоверность защищаемых научных положений и выводов диссертации**

Степень обоснованности и достоверности результатов научных положений и выводов подтверждается сходимостью теоретических положений и результатов экспериментальных исследований, лабораторных, стендовых и опытно-промышленных испытаний.

Выполненные исследования характеризуются системным подходом и подтверждаются значительным объемом выполненных экспериментов, применением методов математической статистики для обработки полученных экспериментальных данных, достижением максимальной эффективности процессов глубокой переработки оборотных вод. Обоснованность и достоверность научных положений и выводов не вызывают сомнений.

**Личный вклад автора** состоит в развитии теоретических основ метода электрохимического получения растворов активного хлора из высокоминерализованных техногенных вод натрий-хлоридного типа, обосновании процесса электрохимической сепарации для извлечения сапонитсодержащего продукта из техногенных вод алмазодобывающих предприятий и методов его модификации; в организации и участии в проведении экспериментальных исследований и опытно-промышленных испытаний, анализе и обобщении полученных результатов, обосновании выводов и подготовке публикаций.

**Полнота опубликования результатов диссертационной работы**

Основные положения и результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в 53 опубликованных работах, из которых 22 статьи – в журналах из перечня ВАК Минобрнауки России, в 4-х патентах на изобретения. Основные положения диссертационной

работы докладывались и обсуждались на Всероссийских и Международных конференциях и симпозиумах.

### **Оформление диссертационной работы**

Диссертационная работа составлена в соответствии с требованиями ВАК и оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Диссертация написана хорошим научно-техническим языком, материалы изложены ясно, логично и достаточно полно иллюстрированы рисунками и таблицами. Выводы и рекомендации работы изложены четко и лаконично. Структура и содержание автореферата соответствуют основным положениям диссертации.

### **Соответствие автореферата содержанию диссертации**

Автореферат диссертации с достаточной полнотой отражает основное ее содержание.

### **Вопросы и замечания по работе**

По диссертации имеются следующие замечания:

1. В работе не рассмотрено влияние величины рН на процесс сорбции тяжелых металлов на исходном и модифицированном сапоните.

2. В диссертации оценка статической и динамической обменной емкости сорбента на основе сапонита проводится с использованием модельных растворов металлов с концентрацией до 1 и более г/дм<sup>3</sup>, тогда как минеральные сорбенты применяются для очистки техногенных вод с концентрацией до десятков мг/дм<sup>3</sup>. Воды с высокой концентрацией металлов, как правило, на первых стадиях очищают методом химического осаждения.

3. Из представленных в работе данных не понятно как долго может работать сорбент на основе модифицированного сапонита до механического (химического) разрушения. Не рассмотрена прочность гранул сорбента и возможность интенсификации их механических свойств и хемостойкости, например, спеканием с известью или полимеризацией.

4. В работе не приведена оценка экономической эффективности процесса переработки сапонитсодержащих вод.

5. В работе было бы целесообразным привести данные о влиянии концентрации сапонита в оборотной воде на показатели обогащения алмазосодержащего сырья на ОФ АО «Севералмаз».

6. В диссертации присутствуют орфографические и стилистические ошибки. В наименовании таблиц, например 3.3 и 3.4 (стр. 109), различные отступы абзаца. Некоторые рисунки (например, «Схема процесса электрохимического получения гипохлорита из слива хвостохранилища ОФ №3» на рис.3.22 (стр. 138) и энергодисперсионные спектры на 5.6 (стр. 203) и 5.7 (стр. 228)) плохо читаемы. Ссылки на литературу не всегда соответствуют приведенному тексту: так, например, на стр. 61 диссертации вместо ссылки 55 указан номер 238.

Отмеченные замечания носят частичный характер и принципиально не влияют на конечные результаты и общую положительную оценку работы.

### **Общая оценка диссертации**

Диссертация Миненко Владимира Геннадиевича «Научное обоснование и разработка комбинированных процессов глубокой переработки техногенных вод алмазодобывающих предприятий» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и практической значимостью, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические

положения по обоснованию и разработке комбинированных процессов глубокой переработки техногенных вод алмазодобывающих предприятий, обеспечивающих получение сапонита и гипохлорита, модифицирование их физико-химических и механических свойств для использования сапонита в качестве керамического материала и сорбента ионов тяжелых металлов и гипохлорита для очистки бытовых вод от токсичных веществ.

Результаты диссертационного исследования соответствуют пункту 4 паспорта специальности 2.8.9 «Обогащение полезных ископаемых» (технические науки) «Физические, физико-химические и химические процессы концентрации и комплексного извлечения полезных компонентов из продуктивных растворов природного и техногенного происхождения с получением дополнительной товарной продукции. Процессы кондиционирования и очистки природных, техногенных, сточных вод. Организация замкнутого водооборота».

Представленная диссертационная работа на соискание ученой степени доктора технических наук соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (в редакции постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям, а ее автор, Миненко Владимир Геннадиевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых» (технические науки).

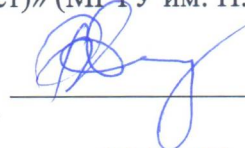
Официальный оппонент,

Доктор технических наук, академик РЭА, профессор кафедры «Экология и промышленная безопасность» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана).

  
Б.С. Ксенофонтов

Даю согласие на обработку своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета.

Доктор технических наук, академик РЭА, профессор кафедры «Экология и промышленная безопасность» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана).

  
Б.С. Ксенофонтов

Дата: «17» 06 2023 г.  
МП

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЮ

ЗАМ. НАЧАЛЬНИКА УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ  
НАЗАРОВА О. В.

ТЕЛ. 8-499-263-60-48

105005, Москва, 2-ая Бауманская ул., д.5, стр.1.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Экология и промышленная безопасность»

Тел. 8 (499) 263-68-93

e-mail: kbsflot@mail.ru

Подпись профессора, д.т.н. Ксенофонтова Б.С. удостоверяю

### Сведения об оппоненте

По диссертации Миненко Владимира Геннадиевича «Научное обоснование и разработка комбинированных процессов глубокой переработки техногенных вод алмазодобывающих предприятий», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых» (технические науки).

Фамилия, имя, отчество	Ксенофонтов Борис Семенович
Научная специальность, по которой оппонентом защищена диссертация	05.15.05 – Технология и комплексная автоматизация торфяного производства
Ученое звание	профессор
Полное название организации	Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»
Адрес, телефон, электронная почта	105005, Москва, 2-ая Бауманская ул., д.5, стр.1. МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Экология и промышленная безопасность» Тел. 8 (499) 263-68-93 e-mail: kbsflot@mail.ru
Должность	профессор кафедры «Экология и промышленная безопасность»
Основные публикации официального оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ксенофонтов Б.С., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Виноградов М.С. Очистка почвы с использованием активного ила // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. № 10. С. 10-14.</li> <li>2. Ксенофонтов Б.С., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Виноградов М.С. Усовершенствование технологической схемы физико-химической очистки сточных вод // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. № 4. С. 10-13.</li> <li>3. Ксенофонтов Б.С., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Виноградов М.С. Использование флотокомбайнов типа КБС в практике очистки сточных вод // Экология и промышленность России. 2021. Т. 25. № 7. С. 4-7.</li> <li>4. Ksenofontov B.S. Flotation multistage and generalized models of the process harvesters of Ksenofontov type and for special purpose // P and T. 2021. Т. 1. С. 299.</li> <li>5. Ксенофонтов Б.С., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Виноградов М.С. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЛОТОКОМБАЙНОВ // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 10. С. 4-7.</li> <li>6. Ксенофонтов Б.С., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Виноградов М.С. Очистка сточных вод от сложных органических веществ // Экология и промышленность России. 2020. Т. 24. № 7. С. 4-7.</li> <li>7. Ксенофонтов Б.С., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Виноградов М.С. Физико-химическая очистка сточных вод от сложных органических веществ с использованием флотокомбайнов // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 12. С. 4-8.</li> </ol>

8. Ксенофонов Б.С. Эжекторы для перемешивания очищаемой воды с реагентами // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 8. С. 8-10.
9. Ксенофонов Б.С., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Виноградов М.С., Сенник Е.В. Флотационная очистка сточных вод гальванических производств // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 11. С. 10-13.
10. Ксенофонов Б.С., Гончаренко Е.Е. Использование активного ила после предварительной флотационной обработки в качестве биофлокулянта // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 3. С. 10-14.
11. Ксенофонов Б.С. Инженерные проблемы обезвоживания осадков сточных вод // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 9. С. 4-7.

Доктор технических наук, академик РЭА, профессор кафедры «Экология и промышленная безопасность» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана).

Б.С. Ксенофонов

Дата: «17» 06 2023 г.



ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

КАФЕДРА ЭКОЛОГИИ И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

М.П. Ксенофонов Б.С.

40-293-60-48