

«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор ФГБУ «ВИМС»
О.В. Казанов
«21» июля 2023 г.



ОТЗЫВ

**ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья
им. Н.М. Федоровского» (ФГБУ «ВИМС») на диссертационную работу Миненко
Владимира Геннадиевича «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»**

Представленная на рассмотрение 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.

Актуальность

Известно, что эффективность процессов обогащения минерального сырья зависит не только от вещественного состава сырья, но, в значительной степени, от ионного состава и физико-химических свойств технологических вод. Данная проблема 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. Общий объем потребляемой компанией АЛРОСА воды в 2021 году составил 194,7 млн. м³, тогда как доля потребления оборотной и повторно используемой воды в технологическом цикле составила только 83 %. В связи с чем, в 2021 году общее дополнительное потребление пресной воды составило 33,6 млн. м³. Объем отведения сточных вод составил около 66 млн. м³, из которых 61,7 млн. м³ сброшено в поверхностные водоемы вместе с 21 тыс. тонн загрязняющих веществ.

Поэтому тема диссертационной работы Миненко В.Г., посвященная научному обоснованию и разработке комбинированных процессов глубокой переработки техногенных вод алмазодобывающих предприятий на основе использования электрохимического кондиционирования и сепарации промышленных вод, обеспечивающих за счет направленного регулирования ионного состава, окислительно-восстановительных свойств жидкой фазы и структурного состояния твердой фазы организацию эффективной системы водооборота, снижение экологической нагрузки на окружающую среду и попутное получение сапонита (АО «Севералмаз») и раствора активного хлора (Мирнинско-Нюрбинский ГОК АК «АЛРОСА» (ПАО)), является актуальной.

Основное содержание работы. В диссертации на основании выполненных исследований разработаны теоретические положения по обоснованию и разработке комбинированных процессов глубокой переработки техногенных вод алмазодобывающих

предприятий, обеспечивающих извлечение сапонита, модифицирование его физико-химических и механических свойств для использования сапонита в качестве керамического материала, сорбента ионов тяжелых металлов и получение гипохлорита – для очистки бытовых вод от токсичных веществ.

В первой главе диссертации приведены результаты литературного обзора по анализу условий накопления, состояния методов очистки и переработки техногенных вод алмазодобывающих предприятий, а также методов модифицирования смектитов с оценкой возможности получения товарных продуктов. **Во второй главе** описаны методики и приборное обеспечение экспериментальных и технологических исследований. **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. Установлены зависимости концентрации активного хлора в техногенных водах от параметров электрохимической обработки и натрий-хлоридной минерализации воды; определены оптимальные параметры электрохимического кондиционирования техногенных вод. Приведены результаты исследований процесса обеззараживания сточных городских вод электрохимически обработанной водой. **В четвертой главе** научно обоснован механизм электрохимической сепарации для извлечения сапонита и обесшламливания техногенных вод ОФ АО «Севералмаз», представлены результаты изучения зависимости извлечения сапонита от параметров процесса электрохимической сепарации техногенной воды и опытно-промышленных испытаний разработанного сепаратора, обеспечивающего получение осветленной воды и сапонита. **В пятой главе** приведены результаты исследований по электрохимической, химической и термической модификации физико-химических, механических и сорбционных свойств сапонита для получения керамических материалов и сорбентов. **В шестой главе** представлены результаты испытаний сорбента на основе модифицированных сапонитов с определением статической и полной динамической обменной емкости по отношению к катионам меди, а также результаты апробации сорбента для очистки промышленных вод от тяжелых металлов.

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 для последующего их использования для очистки сточных вод и в керамической промышленности.

На основе использования комплекса современных методов теоретических и экспериментальных исследований изучены кислотно-основные, окислительно-восстановительные свойства и ионный состав техногенных вод; текстурно-структурные, физико-химические, электроповерхностные, кристаллохимические свойства, минеральный и фазовый составы тонкодисперсной твердой фазы техногенных вод алмазодобывающих фабрик.

Установлены зависимости концентрации активного хлора в техногенных высокоминерализованных водах от параметров электрохимической обработки и натрий-хлоридной минерализации воды. Выполнена оптимизация процесса электрохимического получения растворов активного хлора из минерализованных техногенных вод и получены уравнения полиномиальных моделей, на основе которых определены оптимальные параметры электрохимического кондиционирования техногенных вод натрий-хлоридного типа с получением растворов с концентрацией активного хлора $\sim 145 \text{ мг/дм}^3$, необходимой и достаточной для процесса обеззараживания сточных городских вод.

Научно обоснован процесс электрохимической сепарации и вскрыт механизм извлечения сапонитсодержащего продукта из техногенных вод предприятий АО «Севералмаз», заключающийся в электрофоретическом закреплении отрицательно заряженных тонкодисперсных частиц сапонита на аноде и электроосмотическом движении и выделении осветленной воды на катоде.

Научно обоснован механизм электрохимической и термической (850 °С) модификации сапонита – техногенного продукта оборотных вод обогатительного процесса алмазосодержащих кимберлитов, заключающийся в направленном изменении структуры (плотности упаковки, размера частиц, удельной поверхности частиц), минерального и химического составов, электрокинетического потенциала частиц и появлении сил ионно-статического притяжения, что способствует консолидации структуры и переходу сапонита в аморфную фазу, и процесс получения высококачественных керамических материалов с улучшенными физико-механическими и декоративными характеристиками.

Вскрыт механизм химической и электрохимической модификации с последующей термической обработкой при температуре 750 °С сапонитсодержащего продукта, обеспечивающей повышение статической обменной емкости в 1,2-2,0 при химической модификации и в 2,4-4,9 раза при электрохимической 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, что в комплексе обеспечивает интенсификацию ионного обмена и образования вторичных металлсодержащих фаз на сапоните.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов не вызывают сомнений, выполненные исследования характеризуются системным подходом и подтверждаются значительным объемом выполненных экспериментов, сходимостью теоретических положений и результатов экспериментальных исследований, применением методов математической статистики для обработки полученных экспериментальных данных, достижением максимальной эффективности процессов глубокой переработки оборотных вод, а также положительными результатами лабораторных, стендовых и опытно-промышленных испытаний.

Практическое значение работы заключается в выборе технологических параметров и разработке оборудования для электрохимической обработки техногенных вод, обеспечивающих возможность утилизации до 1,0 млн. м³/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».

Апробация работы: основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на российских и международных конференциях (конгрессах): IMPC 2018, «Плаксинские чтения» (2003, 2006-2009, 2012-2017, 2020, 2021), «Конгресс обогатителей стран СНГ» (2009 - 2011); «Проблемы экологии и рационального природопользования стран АТЭС и пути их решения» (2010), «Экологические проблемы северных регионов и пути их решения» (2016), «Минералогия техногенеза» (2016, 2017), «Проблемы освоения недр в XXI

веке – глазами молодых» (2017, 2019), «Неделя горняка» (2012-2013, 2019); научные семинары ИПКОН РАН (2009-2022).

Автореферат диссертации с достаточной полнотой отражает основное ее содержание.

Диссертация написана хорошим научно-техническим языком, четко и ясно изложена, 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». Выводы и рекомендации работы изложены четко и лаконично. Структура и содержание автореферата соответствуют основным положениям диссертации.

Замечания:

1. В работе не рассмотрено влияние электролизных газов на процесс электрохимической сепарации сапонитсодержащих суспензий.

2. В работе было бы целесообразным провести эколого-экономическую оценку снижения экологической нагрузки на окружающую среду при внедрении разработанных процессов глубокой переработки техногенных вод алмазодобывающих предприятий.

3. Значительная часть работы посвящена переработке сапонитсодержащих вод, электрохимическому кондиционированию высокоминерализованных вод посвящена меньшая часть диссертации.

4. В положения, выносимые на защиту, избыточно внесены данные диапазонов параметров: плотностей тока, скорости вращения барабана и пр., данные по которым подробно отражены в тексте работы.

5. В работе в не достаточной мере отражены эксплуатационные характеристики платинированных электродов. Так в главе 3.1. отмечается, что срок службы платинированных электродов составляет 10-15 лет при условии непрерывности их работы (без остановок), в главе 3.3. разработана установка по переработке технологических вод ОФ №3, предусматривающая в своем составе функцию «переплюсовки» (смены полярностей электродов) для очистки электродов от солей, что повлечет резкое снижение срока службы электродов с покрытием из платины или иридия на титановой основе.

6. Некорректно название «Новообразованных соединений Cu на исх. Sap ...» (рис. 16 автореферата).

Приведенные замечания носят дискуссионный характер, не являются принципиальными и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, выполненной на высоком научном уровне.

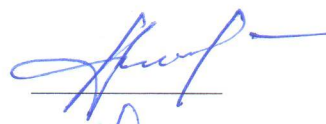
Заключение. Диссертация В.Г. Миненко является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения по обоснованию и разработке комбинированных процессов глубокой переработки техногенных вод алмазодобывающих предприятий, 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».

Работа 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, кандидат технических наук Миненко Владимир Геннадиевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых» (технические науки).

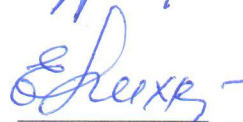
Диссертационная работа и положительный отзыв ведущего предприятия рассмотрены на заседании технологической секции Ученого Совета ФГБУ «ВИМС» (протокол №1 от 21 июля 2023 г.).

Зав. технологическим отделом
ФГБУ ВИМС, к.х.н.



Ануфриева С.И.

Гл. научный сотрудник
ФГБУ «ВИМС», д.г.-м.н.



Лихникевич Е.Г.

*Соблюдены все требования к оформлению диссертации
и ее автору, Миненко Владимир Геннадиевич
удостоверено
специально: 21.07.2023 г. м.п. м.н.с. Кошурова
21.07.2023 г. 2023/34*



СВЕДЕНИЯ О ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Полное наименование организации	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ФГБУ «ВИМС»
Ведомственная принадлежность	Федеральное агентство по недропользованию - Роснедра
Почтовый индекс, адрес организации	119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 31
Веб-сайт	http://vims-geo.ru
Телефон	(495) 951-50-43
Адрес электронной почты	vims@vims-geo.ru
Список основных публикаций сотрудников организации по теме диссертации	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Броницкая Е.С., Ануфриева С.И., Иванова М.В., Лаптева А.М. Современное состояние и основные направления развития технологии переработки шеелитовых руд // Разведка и охрана недр. 2018. №6. С. 36-42. 2. Курков А.В., Ануфриева С.И., Лихникевич Е.Г., Рогожин А.А. Комплекс современных технологических решений переработки сподуменовых руд // Разведка и охрана недр. 2018. №9. С. 44-52. 3. Рябкин В.К. К проблеме представительности лабораторных технологических проб твердых полезных ископаемых // Разведка и охрана недр. 2018. № 6. С. 42-46. 4. Скобелев Д.О., Марьев В.А., Шубов Л.Я., Иванков С.И., Доронкина И.Г. Аналитическая оценка оборудования для дробления и сепарации по крупности техногенного сырья // Экология промышленного производства. 2018. № 1 (101). С. 2-10. 5. Карпенко И.А., Цымбалист С.И., Рябкин В.К., Литвинцев Э.Г., Куликов Д.А., Хашковская Т.Н., Ратнер В.Б. Совершенствование технологии переработки вкрапленных сульфидных платиновых медно-никелевых руд Мончегорского рудного района // Разведка и охрана недр. 2018. №2. С. 50-55. 6. Горбатова Е.А., Раков Л.Т., Киселев А.А., Иоспа А.В., Чепрасов И.В. Оценка обогатимости хромовых руд Аккаргинского месторождения методами технологической минералогии // Разведка и охрана недр. 2019. № 12. С. 26-33. 7. Курков А.В., Мамошин М.Ю., Рогожин А.А. Прорывные гидрометаллургические процессы для устойчивого развития технологий переработки минерального сырья. М: ВИМС, 2019, 107 с. ISBN 978-5-6042742-1-7 8. Курков А.В., Ануфриева С.И., Лихникевич Е.Г., Рогожин А.А. Экологически щадящие энергосберегающие гидрометаллургические процессы селективного вскрытия упорного минерального сырья. XII Конгресс обогатителей стран СНГ. Сборник материалов. -М.: ИТЕП, 2019, С. 149- 154. 9. Курков А.В., Ануфриева С.И., Рогожин А.А. Технологическое обеспечение переработки нетрадиционных видов минерального сырья. Проблемы и перспективы эффективной переработки минерального сырья в 21 веке (Плаксинские чтения - 2019): Материалы Международного совещания. Иркутск, ООО «Репроцентр А1», 2019, С. 42-45. 10. Лихникевич Е.Г., Курков А.В., Ануфриева С.И., Рогожин А. Гидрометаллургические процессы селективного вскрытия минерального сырья // Цветные металлы. — 2020. — №3, —С. 27-31. 11. Лихникевич Е.Г., Курков А.В., Пермякова Н.А., Соколова Н. Новая гидрометаллургическая технология комплексной переработки золото-сурьмяных 	

- сырьевая база металлов высоких технологий. Освоение, воспроизводство, использование». 7-8 декабря 2021 г., Москва. С. 201-206.
12. Курков А.В., Ануфриева С.И., Темное А.В. Перспективы разработки и внедрения комплексных технологий переработки отходов недропользования. Устойчивое развитие горных территорий, т. 13, №2(48), 2021, С. 179 -187. DOI: 10.21177/1998-4502-2021-13-2-179-187
 13. A.V. Kurkov, S.I. Anufrieva. and A.A. Rogozhin. Flotation technologies for the extraction of complex beryllium ores. XXX International Mineral Processing Congress 18-22 October 2020 Cape Town, South Africa (IMPC 2020). IMPC Congress Proceedings, The Southern African Institute of Mining and Metallurgy (SAIMM), 2021, pp. 1775-1785. ISBN 978-1- 928410-21-8. www.impc2020.com
 14. Курков А.В., Мамошин М.Ю. Рогожин А.А. Литий: технологии прямого извлечения из растворов (ключевое значение, новое поколение решений, перспективные объекты). М.: ВИМС, 2021, 136 с. ISBN 978-6046868-0-5.
 15. Курков А.В., Мамошин М.Ю., Ануфриева С.И., Рогожин А. Прорывные технологии прямого извлечения лития из гидроминерального сырья. Труды Второй научно-практической конференции с международным участием «Минерально-сырьевая база металлов высоких технологий. Освоение, воспроизводство, использование». М.: ФГБУ «ВИМС», 2021, С. 175-189. ISBN 978-5-6046868-5-0
 16. Лихникевич Е.Г., Курков А.В., Пермякова Н.А., Соколова В.Н., Ануфриева С.И. Новая гидрометаллургическая технология комплексной переработки золото-сурьмяных руд. Труды Второй научно-практической конференции с международным участием «Минерально-сырьевая база металлов высоких технологий. Освоение, воспроизводство, использование». М.: ФГБУ «ВИМС», 2021, С.201-2005. ISBN 978-5-6046868-5-0
 17. Курков А.В., Ануфриева С.И., Рогожин А.А. Создание технологий комплексной переработки руд редких металлов на основе флотационного разделения сложных минеральных комплексов. Материалы международной конференции «Современные проблемы комплексной и глубокой переработки минерального сырья природного и техногенного происхождения» (Плаксинские чтения 2022), 04-07 октября 2022 г., Владивосток, Изд-во ДВФУ, 2022, С.49 -56. ISBN 978-5-7444-5340-4, DOI <https://doi.org/10.24866/7444-5340-4>.
 18. Лихникевич Е.Г., Пермякова Н.А., Курков А.В., Соколова В.Н. Современные технологические подходы к переработке золотосурьмяного сырья. Разведка и охрана недр, 2022, №12, С. 27-30.

Генеральный директор
ФГБУ «ВИМС»

« 21 » 08 2023 г.
М.П.



О.В. Казанов