



002561

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования

**«Магнитогорский государственный
технический университет**

им. Г. И. Носова»

(ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»)

пр. Ленина, д. 38, г. Магнитогорск, Челябинская обл., 455000

Тел.: 8 (3519) 29-84-02; Факс: 8 (3519) 23-57-59, 29-84-26

E-mail: mgtu@magtu.ru; <http://www.magtu.ru>

ОКПО 02069384, ОГРН 1027402065437,

ИНН/КПП 7414002238/745601001

Ministry of Science and Higher Education
of the Russian Federation

Federal State Budgetary

Educational Institution of Higher Education

**«Nosov Magnitogorsk State
Technical University»**

(FSBEIHE «NMSTU»)

38, Lenin Street, Magnitogorsk, Chelyabinsk Region, 455000

Tel.: +7 3519 298 402; Fax: +7 3519 235 759, +7 3519 298 426

E-mail: mgtu@magtu.ru; <http://www.magtu.ru>

ОКПО 02069384, ОГРН 1027402065437

INN/KPP 7414002238/745601001

10.06.2025

№ 66.01-1949

На/To № _____ от/dated _____



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и
инновационной работе

ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

О.Н. Тулупов

2025 г.

М.п.

ОТЗЫВ

ведущей организации

на диссертационную работу Собенина Артема Вячеславовича «Обоснование параметров технологии очистки сточных вод от тяжелых металлов при проектировании разработки медноколчеданных месторождений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.7. «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем»

В Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» представлена диссертация, изложенная на 146 страницах машинописного текста, включающая 24 рисунка, 21 таблицу, список литературы из 197 наименований, состоящая из введения, четырех глав, заключения, приложений и автореферата диссертации. По результатам обсуждения материалов диссертации на заседании кафедры «Разработки месторождений полезных ископаемых» (протокол № 7 от «5» июня 2025 г.) принято следующее заключение.

Актуальность работы. Эффективность проектирования водоотведения и очистки сточных вод как элемента горнотехнической системы оценивается в соответствии с постановлением Правительства РФ № 87 (ред. от 28.12.2024) в разделе «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях и системах инженерно-технического обеспечения», в котором обосновываются решения по выбору технологий очистки и нейтрализации сточных вод, составу применяемых для этого реагентов, оборудования и аппаратуры, обеспечивающей контроль качества. Это обусловлено тем, что в сбросах сточных вод содержатся химические вещества, присутствие которых несет риски загрязнения почвы и водных ресурсов. Актуальность диссертационной работы Собенина Артема Вячеславовича обусловлена особенностью функционирования горнотехнических систем при разработке медноколчеданных месторождений, а именно образованием высокоминерализованных

сточных вод. Одним из основных источников формирования загрязненных сточных вод при разработке месторождений являются объекты размещения отходов. Статистические данные, приведенные автором в диссертационной работе, свидетельствуют о том, что Свердловская область является одним из основных центров горнодобывающей деятельности в России с высокой экологической нагрузкой.

В сложившейся ситуации особую важность приобретает развитие эффективных и экономически целесообразных технологий очистки сточных вод. В настоящее время большое развитие получило направление использования отходов горнорудного производства в качестве реагентов и сорбционных материалов. Подобные решения позволяют не только снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду, но и утилизировать часть промышленных отходов, что соответствует принципам устойчивого развития и ресурсосбережения.

2. Общая характеристика работы.

Диссертационное исследование посвящено решению актуальной научно-практической задачи – повышению эффективности извлечения металлов (Cu, Zn, Cd, Fe) из высокоминерализованных сточных вод, позволяющих совершенствовать организацию их отведения и очистки на этапах проектирования, ввода в эксплуатацию, реконструкции, консервации и ликвидации горнотехнических систем. Идея работы заключается в последовательном применении отходов железо-магниевого производства и отходов, образующихся при производстве гуминовых препаратов для очистки высокоминерализованных сточных вод.

Поставленная в работе цель достигнута на основе: анализа существующих методов очистки от тяжелых металлов; выявления закономерностей изменения эффективности извлечения металлов в зависимости от времени контакта со сточными водами, а также дозировки отходов железо-магниевого производства и производства гуминовых препаратов для достижения максимальной эффективности водоотведения и очистки как элемента горнотехнической системы; разработки технологических решений; обоснования направлений использования в хозяйственных целях материалов, образованных в результате очистки высокоминерализованных сточных вод.

Во введении диссертационного исследования представлена общая характеристика работы с обоснованием актуальности, а также сформулированы цель, идея, научная новизна и практическая значимость исследования.

В первой главе отражены особенности функционирования горнотехнических систем, сформированных при освоении медноколчеданных месторождений на территории Свердловской области. Основное внимание сосредоточено на вопросах организации систем водоотведения и очистки сточных вод, которые являются неотъемлемым компонентом горнотехнической инфраструктуры на всех стадиях разработки месторождения.

Вторая глава содержит комплексное описание объекта исследования с представлением динамики взаимодействия элементов горнотехнической системы в условиях экологических ограничений. Внимание акцентируется на анализе взаимосвязей между технологическими процессами и состоянием окружающей среды, включая оценку способности растительных сообществ к естественному восстановлению. Обоснована необходимость оптимизации технологических решений в сфере водоотведения и очистки сточных вод, что особенно актуально для горнодобывающих предприятий.

В третьей главе представлена научная аргументация оптимальных технологических параметров для очистки высокоминерализованных сточных вод, загрязненных тяжёлыми металлами в процессе разработки медноколчеданных месторождений. Обоснована технология

утилизации промышленных отходов железо-магниевого производства и побочных продуктов производства гуминовых веществ в качестве эффективных реагентов-сорбентов для глубокой очистки сточных вод. Основной акцент сделан на выявлении и анализе фундаментальных закономерностей извлечения ионов металлов.

В четвертой главе исследования предложены практические технико-технологические рекомендации по модернизации систем водоочистки и водоотведения для предприятий, разрабатывающих медноколчеданные месторождения. Проведенные технико-экономические расчеты подтверждают высокую рентабельность предложенных мероприятий. Внедрение оптимизированных схем очистки позволит добиться снижения эксплуатационных расходов – стоимость обработки одного кубометра сточных вод уменьшается со 119,15 рублей до 4,20 рублей за м³.

Таким образом, результаты исследования позволили сформулировать научно аргументированные выводы и разработать практические рекомендации, имеющие теоретическое и прикладное значение.

В диссертационной работе соблюдена строгая логическая последовательность изложения, все представленные данные согласованы между собой и подтверждены экспериментальными результатами. Все экспериментальные данные представлены в соответствии с общепринятыми методами статистической обработки, с указанием возможных погрешностей, что обеспечивает достоверность, воспроизводимость и обоснованность полученных научных результатов.

3. Новизна исследований полученных результатов, выводов и рекомендаций.

1. Установлена закономерность функционального роста эффективности извлечения цинка, меди и кадмия из фильтрата сточных вод со временем взаимодействия с отходами железо-магниевого и гуминового производства до 120–180 минут и их дозировкой 10 г/л, что необходимо учитывать при проектировании горнотехнических систем.

2. Обоснованы параметры очистки высокоминерализованных сточных вод от металлов (Cu, Zn, Cd, Fe) при использовании последовательного двухэтапного внесения отходов железо-магниевого производства и гуминовых препаратов.

3. Предложена методика расчета параметров технологии очистки сточных вод, обеспечивающей достижение максимальной эффективности подсистемы водоотведения как элемента горнотехнической системы.

4. Значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов.

К наиболее значимым научным и практическим результатам в области проектирования горнотехнических систем, полученным в диссертационной работе, относятся:

1. Оптимальные параметры очистки (дозировка 10 г/л, время контакта 120-180 мин) обеспечивают эффективность удаления тяжелых металлов до 99,99%, причем отход железо-магниевого производства наиболее эффективен при высоких концентрациях (>500 мг/л), а отходы гуминового производства – для доочистки (<50 мг/л). Составы и способы получения сорбентов запатентованы.

2. Разработанная безотходная технология последовательного осаждения и сорбции позволяет очищать до 1,6 тыс. м³ сточных вод в сутки, что существенно повышает эффективность функционирования горнотехнических систем.

3. Образующиеся в процессе очистки материалы могут использоваться в качестве ферро-магниевого мелиоранта с рекомендуемой дозировкой 60 г/м², реализуя принцип безотходного производства.

4. Внедрение технологии обеспечивает многократное снижение затрат на очистку (с 119,15 до 4,20 руб./м³) и годовую экономию на экологических платежах до 48,55 млн руб.

5. О стиле и языке диссертации и автореферата. Соответствие автореферата основным положениям диссертации.

Диссертационная работа написана грамотным языком, оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Автор использует общепринятую научную терминологию, что делает работу доступной специалистам. Выводы и рекомендации работы изложены четко и лаконично. Структура и содержание автореферата соответствуют основным положениям диссертации.

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Полученные в диссертации результаты рекомендовано использовать для совершенствования методики проектирования и внедрения технологии очистки сточных вод с применением производственных отходов. Заинтересованными предприятиями и учреждениями могут быть научно-исследовательские институты, проектные организации и горнодобывающие предприятия.

Материалы диссертации могут быть использованы в учебном процессе при подготовке студентов в соответствии с действующими Федеральными государственными образовательными стандартами.

7. Соответствие паспорту специальности.

Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.8.7. «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем» в части методологического обеспечения качества проектов с учетом промышленной и экологической безопасности, и технико-экономико-экологического обоснования критерия оптимальности, и установления зависимостей между элементами горнотехнической системы, и их стоимостными оценками в связи с экологическими факторами.

8. Замечания по диссертации и автореферату.

Рассматриваемая диссертация, безусловно, имеет практическую значимость для горнодобывающих предприятий и представляет определенный интерес в научном плане. Однако по содержанию работы имеются следующие вопросы и замечания:

1. Исследование соответствует паспорту научной специальности 2.8.7. «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем», но не содержит четких рекомендаций в виде алгоритмов для проектирования и внедрения технологии очистки сточных вод с применением производственных отходов.

2. Не понятно почему для определения кратности превышения содержания в почве загрязняющих веществ допустимой концентрации для условий торфяно-подзолисто-глеевых почв (табл.1. дисс. стр. 48), которые как правило, относятся к кислым почвам, по СанПиН 1.2.3685-21 принято значение ОДК валового содержания для почв близким к нейтральным, (нейтральные (суглинистые и глинистые), pH KCl > 5,5).

3. В представленном исследовании отсутствует обоснование выбора узколиственного кипрея (Иван-чая) в качестве индикаторного растения для оценки биоаккумуляции тяжелых металлов. Кроме того, не раскрыто количество особей, отобранных по различным точкам мониторинга. Эти пробелы в информации затрудняют оценку репрезентативности выборки.

4. Для железо-магниевого композиционного состава (ЖМКС) был проведен анализ сорбционной емкости. После контакта воды с ЖМКС pH изменился до 5,01. При таком значении pH железо (Fe^{3+}) в сточной воде находится в состоянии гидроксида, что подтверждается резким снижением концентрации железа уже при pH 4,1 (см. табл. 7 дисс.). При этом образуется хлопьевидный осадок с развитой поверхностью, обладающий высокой сорбционной способностью к тяжелым металлам. В этих условиях заявленная сорбционная емкость ЖМКС оказывается завышенной. В исследовании отмечено, что при минимальной дозировке отходов (0,1 г) процент удаления загрязнителей низкий, особенно для кадмия (0%). Это указывает на осадительный механизм действия вещества за счет повышения pH системы, что и отражено в предлагаемой технологии очистки.

5. В технологической схеме очистки высокоминерализованных сточных вод с использованием ЖМКС и ОГП, а также в тексте диссертации не указано количество образующегося осадка. Необходимо было привести материальный баланс, который является обязательным этапом при разработке и проектировании схем очистки сточных вод.

6. В работе отсутствует схема цепей аппаратов, что затрудняет оценку правильности выбора оборудования и расчёт затрат на очистку. Не описан способ подачи, дозирования и смешивания реагентов со сточной водой. Непонятно, как будет осуществляться опускание предварительно подготовленного материала — ЖМКС с дозировкой 10 г/л — в пруд на первом этапе очистки на время, не превышающее 180 минут (как указано на 92 странице диссертации).

7. Для реализации очистки в числе прочего оборудования указаны 4 аэратора BF-370 для обеспечения циркуляции воды в водоеме, для предотвращения застойных зон. По паспортным характеристикам, указанным на сайте поставщика, аэратор BF-370 предназначен для водоёмов объёмом до 90 м³, то есть 4 аэратора на 360 м³, а запроектированные пруды с аэраторами имеют объём 5000 м³ каждый. Следовательно, применение данных аэраторов в указанных количествах будет неэффективно.

Отмеченные замечания не снижают теоретической значимости и практической ценности работы.

9. Заключение

Представленная на отзыв диссертационная работа на тему «Обоснование параметров технологии очистки сточных вод от тяжелых металлов при проектировании разработки медноколчеданных месторождений» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполнена на актуальную тему, обладает новизной и практической ценностью. Основные результаты опубликованы в научно-технической литературе, обсуждены на научно-технических конференциях, раскрыты в 10 научных работах, в том числе 6 статьях, опубликованных в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Российской Федерации, рецензируемых в международных базах Scopus и Web of Science. Кроме того, получено 2 патента

на изобретения и зарегистрированы 2 базы данных. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

В целом, представленная работа соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ при Минобрнауки России № 842 от 24.09.2013, а ее автор, Собенин Артем Вячеславович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.7. «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем».

Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры «Разработки месторождений полезных ископаемых» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» «5» июня 2025 г. протокол № 7.

Председатель заседания

Заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых

Доктор технических наук,

Тел./факс +7 (3519) 29-85-75

e-mail: ormpi-cg@mail.ru

С.Е. Гавришев

Секретарь заседания

Доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых

Кандидат технических наук, доцент

Тел./факс +7 (3519) 29-85-56

e-mail: n_karaulov@mail.ru

Н.Г. Караулов

«05» июня 2025 г.

Отзыв составил:

Доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых

Доктор технических наук, доцент

Тел./факс +7 (3519) 29-85-56

e-mail: dvd1975@mail.ru

Д.В. Доможиров

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»)

Адрес: 455000, Россия, Челябинская обл., г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38

телефон: +7 (3519) 29-84-02

E-mail: mgtu@mgtu.ru. <https://mgtu.ru/>

Подписи заведующего кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых, доктора технических наук, профессора Гавришева Сергея Евгеньевича, доктора технических наук, доцента Доможирова Дмитрия Викторовича, кандидата технических наук, доцента Караулова Николая Геннадьевича заверяю:

