

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктор геолого-минералогических наук, профессора Гуман Ольги Михайловны на диссертацию Собенина Артема Вячеславовича «Обоснование параметров технологии очистки сточных вод от тяжелых металлов при проектировании разработки медноколчеданных месторождений», представленную на соискание степени кандидата технических наук по специальности 2.8.7 - «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем»

Актуальность темы выполненной работы

Диссертационная работа Собенина А.В. посвящена актуальной проблеме — совершенствованию технологий очистки сточных вод от тяжелых металлов, образующихся при освоении медноколчеданных месторождений. В условиях роста объемов отходов горнодобывающей промышленности и ухудшения состояния водных объектов, в том числе в Свердловской области, тема исследования приобретает особую значимость для обеспечения экологической безопасности и рационального использования водных ресурсов.

Общая характеристика и оценка содержания работы

Диссертация логично структурирована, содержит введение, четыре главы, выводы, обширный список литературы и приложения. Основные положения неоднократно докладывались на международных и всероссийских конференциях, что говорит о высокой степени апробации и признании результатов научным сообществом.

Во введении представлена общая характеристика выполненной работы, которая включает в себя обоснование её актуальности, формулировку цели и основную идею исследования, а также раскрытие научной новизны и практической значимости полученных результатов.

В первой главе представлен анализ особенностей функционирования горнотехнических систем при разработке медноколчеданных месторождений в Свердловской области. Особое внимание уделено вопросам водоотведения и водоочистки на различных этапах жизненного цикла горнотехнических систем. В работе также рассмотрены проблемы, связанные с высоким содержанием тяжелых металлов в сточных водах, в том числе образуемых объектами размещения отходов.

Проведен обзор наиболее эффективных технологий очистки сточных вод, включающий анализ используемых реагентов, сорбентов и необходимого оборудования, что является важным аспектом при внедрении технологий очистки для минимизации негативного воздействия на окружающую среду и повышения эффективности водоочистных процессов в условиях освоения медноколчеданных месторождений.

Во второй главе представлена подробная характеристика объекта исследования и результаты анализа взаимосвязей между элементами горнотехнической системы (ГТС) в процессе её развития, с учетом экологического фактора. В работе описаны методы, используемые для изучения воздействия элементов ГТС на окружающую среду и процессы самовосстановления растительных ресурсов. На основе проведенного анализа обоснована необходимость совершенствования организации производственных процессов водоотведения и водоочистки.

В третьей главе представлено обоснование параметров технологии очистки сточных вод, содержащих тяжелые металлы, которые образуются в процессе разработки медноколчеданных месторождений. Особое значение в исследовании имеет применение отходов двух промышленных предприятий: железо-магниевого производства (ЖМКС) и производства гуминовых препаратов (ОГП). Эти отходы рассматриваются как реагенты и сорбенты, что позволяет не только улучшить процесс очистки, но и снизить экологическую нагрузку за счет повторного использования промышленных отходов. Основным направлением исследования является изучение закономерностей удаления тяжелых металлов из сточных вод, что позволяет оптимизировать параметры технологии и повысить её эффективность. В центре внимания находится использование отходов горнодобывающей промышленности, что способствует развитию более экологичных и экономичных методов очистки сточных вод.

В четвертой главе представлены разработанные практические технико-технологические рекомендации, направленные на совершенствование систем водоотведения и водоочистки на медноколчеданных месторождениях. Особое внимание уделяется экономической эффективности предложенных методов. В рамках главы представлен анализ, который подтверждает, что внедрение этих рекомендаций значительно снижает негативное воздействие на окружающую среду, а также позволяет оптимизировать затраты на эксплуатацию горнотехнических систем. Ключевым результатом внедрения разработанных рекомендаций является значительное уменьшение затрат на очистку сточных вод: с 119,15 рублей за кубический метр до 4,20 рублей за кубический метр. Это свидетельствует о высокой эффективности предложенных решений и их потенциале для практического применения в горнодобывающей отрасли.

В заключении изложены основные научные и практические выводы, которые были получены в ходе проведенного исследования.

Диссертационная работа выполнена в строгом соответствии с требованиями ВАК, предъявляемыми к диссертациям, и написана на научном языке. Автореферат дает

всестороннее и точное представление о содержании исследования, полученных результатах и научных положениях, выносимых на защиту.

Содержание диссертации соответствует пункту 3 паспорта научной специальности 2.8.7. «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем»:

– совершенствование организации производственных процессов в связи с особенностями функционирования, реконструкции, технического переоснащения горнотехнических систем

Новизна исследований автора и практическая значимость

Научная новизна работы заключается в установлении закономерностей повышения эффективности извлечения тяжелых металлов (Cu, Zn, Cd, Fe) из высокоминерализованных сточных вод при последовательном применении отходов железо-магниевого производства и гуминовых препаратов. Обоснованы параметры двухэтапной технологии очистки, позволяющей достигать степени извлечения металлов до 99,99% при оптимальных дозировках и времени контакта. Практическая значимость подтверждается патентами и снижением затрат на очистку сточных вод (с 119,15 до 4,20 руб./м³) и возможностью повторного использования образованных материалов в качестве мелиорантов.

Степень обоснованности результатов исследований и достоверности научных положений

В работе применены современные аналитические методы: атомно-абсорбционный анализ, рН-метрия, системный анализ и моделирование. Экспериментальные данные подтверждены комплексными полевыми и лабораторными исследованиями, что свидетельствует о высокой степени достоверности результатов.

Публикации, отражающие основное содержание диссертационной работы, и апробация работы

Основные результаты диссертации были представлены на 12 конференциях и опубликованы в 10 научных работах, среди которых 6 статей, рекомендованных ВАК. Также получено 2 патента и зарегистрированы 2 базы данных.

Замечания по содержанию и оформлению работы

1. Автор диссертации не приводит ссылки на «региональных, уральских ученых», знающих медно-колчеданные месторождения Урала и состав сопутствующих при

отработке и на постэксплуатационном этапе поверхностных и подземных вод. Приведу примеры некоторых из них:

- Геолого-промышленные типы месторождений меди, цинка, свинца на Урале (геологические условия размещения, история формирования, перспективы): научная монография / **Е. С. Контарь**; Департамент по недропользованию по Уральскому федеральному округу (Уралнедра). Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 199 с.
- **Елохина С.Н., Рыженко Б.Н.** (2014) Вторичное минералообразование в природно-техногенных гидрогеологических системах колчеданных месторождений. Моделирование фазы $(Fe,Mg)SO_4 \cdot 7H_2O$ при окислении сульфидов Дегтярского медноколчеданного месторождения. Геохимия (2), 178-192.
- **Смирнов С.С.** Зона окисления сульфидных месторождений. М.: АН СССР, 1951. 334 с.
- **Вахрушева З. Г.** Некоторые данные о рудах и геохимических ореолах колчеданных месторождений Урала// Геология, геохимия и полезные ископаемые Урала. Межвузовский научный тематический сборник. Вып.1. Свердловск, изд. УПИ, 1977.- С.14-24.
- **Вершинин А.С., Вахрушева З.Г.** О геохимическом спектре медноколчеданных месторождений Урала// Геология и поиски месторождений редких и цветных металлов. Тр.Свердловского ордена Трудового Красного Знамени горного института им. В.В.Вахрушева. Вып. 112, Свердловск, 1975.- С.118-123.
- **Крайнов С. Р., Рыженко Б. Н., Швеи В. М.** Геохимия природных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты / М: Наука, 2004. - 677 с.
- Ранжирование источников антропогенного воздействия на геологическую среду на примере ведения мониторинга Волковского рудника/ **Парфенова Л. П., Копенкина О. А.** //Известия Уральского государственного горного университета. Вып. 19. Серия: Геология и геофизика. 2004. С. 200-203.
- **Рыбникова Л. С.** Процессы формирования подземных вод в горнодобывающих районах Среднего Урала на постэксплуатационном этапе. Авт. на соиск. уч. ст. докт.геол-мин. наук, Москва, 2019. 45 с.
- **Емлин Э.Ф.** Техногенез колчеданных месторождений Урала. Свердловск: Изд-во УрГУ, 1991. 256 с.

2. Это привело к тому, что перечень тяжелых металлов выбран произвольно, исходя из группы месторождений. Наши исследования на ряде месторождений показали следующие результаты:

Название месторождений	Ряды по кратности превышения ПДК
Гумешевское (скарново-медно-порфировый генетический тип) шахтный ствол	Cd> Al> Mn> Fe> Ni (1000)
Дегтярское (медно-колчеданное) шахтный ствол	Fe> Al > Mn (100-1000)
Северо-Ольховское (медно-колчеданное) подотвальные воды	Fe > Al > Cd >Mn> Cu (100-1000)
Левихинское месторождение (медно-колчеданное) карьер, затопленный водой	Al> Fe> Mn(100-1000)

Очень жаль, что в перечень изучаемых элементов не попали алюминий и марганец, хотя при оценке качества воды в Свердловской области на стр. 14 марганец обозначен как один из основных загрязнителей.

3. По тексту диссертации перечень изучаемых элементов меняется:

- стр.7 при формулировании цели работы – Cu, Zn, Cd, Fe,
- на стр. 75 при характеристике отходов после взаимодействия со сточными водами появляются Co, Mg.

4. Глава 1.1.2. Сформулирована следующим образом – Источники поступления ТМ в водные экосистемы: классификация и характеристики. К недостаткам этой главы можно отнести то, что отсутствуют примеры Уральских объектов, а также то, что общая классификация источников поступления ТМ в водные экосистемы должна быть доработана к данному виду месторождений, т.к. такие процессы как добыча полезного ископаемого, выветривание и отходы могут быть территориально и по временному признаку объединенными, т.е. являться единым источником воздействия.

5. При оценке загрязнения водных объектов необходимо выполнять полный макрокомпонентный состав воды, что позволит контролировать правильность лабораторных исследований, дать наименование воды. Не ясно как будет выполнена очистка воды от сульфатов.

Отмеченные выше замечания не снижают научной ценности исследований и работы в целом. Диссертация является научно-квалификационной работой по своей структуре и содержанию. Работа выполнена на высоком научном уровне. Следует отметить комплексный подход к исследованию, сочетание теоретических и практических аспектов, а также внедрение результатов в образовательный процесс.

Заключение

Представленная диссертация Собенина А.В. является квалификационной работой, и представляет собой значимое научно-практическое исследование, направленное на решение актуальной проблемы очистки промышленных сточных вод, образующихся при разработке медноколчеданных месторождений. Автором разработаны и обоснованы технологические решения, основанные на последовательном применении отходов железо-магниевого производства и гуминовых препаратов в качестве реагентов и сорбентов.

Предложенные методы позволяют существенно повысить эффективность очистки высокоминерализованных стоков, снизить эксплуатационные затраты и обеспечить возможность повторного использования очищенной воды в хозяйственных целях. Результаты работы имеют важное значение для горнодобывающей промышленности, поскольку способствуют минимизации экологического воздействия и рациональному использованию водных ресурсов.

Диссертация Собенина А.В. вносит существенный вклад в развитие ресурсосберегающих технологий очистки сточных вод и соответствует современным

требованиям в области охраны окружающей среды и устойчивого развития горной промышленности.

Диссертационная работа по глубине проработки проблемы и значимости полученных результатов полностью удовлетворяет всем критериям Высшей аттестационной комиссии. Проведённое исследование, его методологическая основа и практическая значимость свидетельствуют о высокой квалификации автора. Учитывая это, полагаю, что Собенин А.В. достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.7 «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем».

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор ООО «Уралгеопроект»

Дата составления отзыва: «11» июня 2025 г.

 Гуман О. М.

Шифр и наименование специальности:

25.00.36 - «Геоэкология».

Почтовый адрес:

620146, г. Екатеринбург, ул. Академика Бардина, д. 48-а, кв. 144, Тел. +79043803342, e-mail: Guman2007@mail.ru.

Подпись Гуман О.М. удостоверяю,

Зам. директора по персоналу

«11» июня 2025 г.



Антонова И.А.