



УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИГД УрО РАН,

д.т.н., Соколов И.В.

«27» января 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук

Диссертация «Обоснование параметров технологии очистки сточных вод от тяжелых металлов при проектировании разработки медноколчеданных месторождений» выполнена в лаборатории экологии горного производства Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук (ИГД УрО РАН).

Собенин Артем Вячеславович в 2015 году окончил биологический факультет Уральского федерального университета им. Президента России Б. Н. Ельцина. По специальности «Экология и природопользование».

В период подготовки диссертации соискатель Собенин Артем Вячеславович работал в ИГД УрО РАН в должностях стажера-исследователя, младшего и научного сотрудника. В настоящее время продолжает работать в должности научного сотрудника лаборатории экологии горного производства.

Научный руководитель – Антонинова Наталья Юрьевна, кандидат технических наук, заведующая лабораторий экологии горного производства Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук.

Справки о сдаче кандидатских экзаменов выдана Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук и Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение.

Актуальность темы исследования

Эффективность проектирования подсистемы 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». Указанные системы инженерно-технического обеспечения ведения горных работ включают в том числе разделы «Водоснабжение» и «Системы водоотведения», в которых 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. Одним из основных источников формирования загрязненных сточных вод при разработке месторождений являются объекты размещения отходов.

Актуальность исследований подтверждается особенностью функционирования горнотехнических систем при разработке медноколчеданных месторождений в части формирования высокоминерализованных сточных вод, а традиционные методы очистки не всегда обеспечивают их полную нейтрализацию. Разработка адаптированных технологий очистки сточных вод, включающая химическую нейтрализацию, сорбцию и вовлечение вновь образованных материалов в хозяйственную деятельность, становится ключевым условием для соблюдения законодательных норм и санитарных правил при проектировании.

Личный вклад соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Автор внес личный вклад в исследование, определив цели и задачи, а также проводя экологический мониторинг ресурсов в зоне влияния объекта.

Он выполнил лабораторные исследования для определения свойств материалов на основе отходов, используемых для удаления тяжелых металлов.

Собениным А.В. выявлены закономерности процесса извлечения металлов из сточных вод. На основе полученных данных разработана технология очистки сточных вод, оценена ее эффективность при проектировании системы водоотведения. Результаты внедрены в проектные решения системы водоочистки сточных вод, что обеспечило соответствие требованиям Постановления №87 и снижение экологических рисков.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения исследования подтверждены результатами экологического мониторинга водных, почвенных и растительных ресурсов горнотехнической системы, а также лабораторных анализов проб воды, грунтов и растений. Экспериментальные данные согласуются с выявленными теоретическими закономерностями, что подтверждает достоверность полученных результатов и их удовлетворительную сходимость.

Результаты диссертационного исследования отражены в 10 публикациях, включая 6 статей в журналах из перечня ВАК. Кроме того, на основе проведённых исследований получены 2 патента и созданы 2 базы данных.

Научная новизна результатов исследования

- Установлена закономерность функционального роста эффективности извлечения цинка, меди и кадмия из фильтрата сточных вод со временем взаимодействия с отходами производства (ЖМКС и ОГП) до 120–180 минут и их дозировкой 10 г/л, что необходимо учитывать при проектировании горнотехнических систем.
- Обоснованы параметры очистки высокоминерализованных сточных вод от металлов (Cu, Zn, Cd, Fe) при использовании последовательного двухэтапного внесения отходов железо-магниевого производства и гуминовых препаратов.
- Предложена методика расчета параметров технологии очистки сточных вод, обеспечивающей достижение максимальной эффективности подсистемы водоотведения как элемента горнотехнической системы

Практическая значимость

Разработанная технология очистки промышленных сточных вод демонстрирует значительное снижение эксплуатационных затрат — с 119,15 до 4,20 руб./м³, достигаемое за счёт использования материалов на основе промышленных отходов. Это обеспечивает не только экономическую эффективность, но и соответствие качества очищенной воды нормативам ПДК по тяжёлым металлам (цинк, медь, кадмий). Образующиеся в процессе материалы могут использоваться как мелиоранты для восстановления деградированных почв, создавая замкнутый цикл утилизации отходов горнодобывающей отрасли.

Патентное подтверждение технологии включает два изобретения:

Патент № 2800460 С1 Российская Федерация, МПК В01J 20/04, В01J 20/06, С02F 1/28. Железо-магниевого композиционный состав для очистки сточных вод: № 2022124852: заявл. 28.09.2022: опубл. 21.07.2023

Патент на изобретение Отходы гуминового производства для очистки сточных вод: № 2023133123; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук. Внедрение этих решений в проектирование систем водоочистки горнотехнических систем способствует минимизации экологического ущерба и соблюдению требований Постановления №87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию (с изменениями на 28 декабря 2024 года)».

Ценность научных работ

Представленная диссертация является квалификационной работой, в которой изложено решение актуальной научно-практической задачи - обоснованы параметры безотходной технологии очистки высокоминерализованных сточных промышленных вод, с использованием отходов железо-магниевого производства и гуминовых препаратов, что имеет существенное значение при проектировании систем водоочистки на этапе освоения медноколчеданных месторождений.

Научная специальность, которой соответствует диссертация

Область исследования соответствует паспорту научной специальности 2.8.7. «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем» по пункту: совершенствование организации производственных процессов в связи с особенностями функционирования, реконструкции, технического переоснащения горнотехнических систем.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

По теме диссертации автором опубликовано 10 печатанных работ, в том числе 6 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, кроме того, получены 2 патента и зарегистрированы 2 базы данных.

НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

(в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, SCOPUS, WOS)

1. Антонинова Н.Ю., Собенин А.В., Усманов А.И., Шепель К.В. Оценка возможности использования отходов железо-магниевого производства для очистки сточных вод от тяжелых металлов (Cd^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+}) // Записки Горного института. 2023. Т. 260. С. 257-265. DOI: 10.31897/PMI.2023.34
2. Собенин А.В., Антонинова Н.Ю., Усманов А.И., Шепель К.В. Удаление ионов меди из промышленных сточных вод с использованием отходов железомagneйного производства // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2023. № 2. С. 32-42. DOI: 10.21440/0536-10.

3. Корнилков С.В., Антонинова Н.Ю., **Собенин А.В.**, Усманова В.А., Усманов А.И. Об основных положениях методики проектирования мероприятий, локализирующих миграцию тяжелых металлов в почвах и техногенных грунтах // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2024. № 6(166) С. 85-94. DOI 10.26730/1999-4125-2024-6-85-94. – EDN LUMHKA.

4. **Собенин А.В.**, Антонинова Н.Ю., Усманов А.И., Шепель К.В. Оценка влияния вещественного состава ложа биологических прудков на очистку сточных вод предприятий горнометаллургического комплекса // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. № 5-2. С. 273-282. DOI 10.25018/0236_1493_2021_52_0_273. – EDN OSCEZY.

5. Антонинова Н.Ю., **Собенин А.В.**, Усманов А.И., Горбунов А.А. Обоснование возможности применения отходов производства гуминовых препаратов для очистки сточных вод от металлов (Cd^{2+} , Zn^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+}) с целью разработки эффективных мероприятий по экологической реабилитации // Записки Горного института. 2024. Т. 267. С. 421-432. EDN NYTVJH

6. **Собенин А. В.**, Антонинова Н. Ю., Горбунов А. В., Якупов Д. Р. Использование производственных отходов в целях очистки сточных вод от тяжелых металлов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2024. № 12(1). С. 47–66. DOI: 10.25018/0236_1493_2024_121_0_47.

Другие печатные материалы

7. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023623743 Российская Федерация. Адсорбционная ёмкость железо-магниевого композиционного состава по отношению к тяжелым металлам (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Ni^{2+}) : № 2023623462 : заявл. 20.10.2023 : опубл. 02.11.2023 /Н. Ю. Антонинова, **А. В. Собенин**, А. И. Усманов, А. А. Горбунов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук.

8. Патент № 2800460 С1 Российская Федерация, МПК В01J 20/04, В01J 20/06, C02F 1/28. Железо-магниевый композиционный состав для очистки сточных вод : № 2022124852 : заявл. 28.09.2022 : опубл. 21.07.2023 / Н. Ю. Антонинова, **А. В. Собенин**, А. И. Усманов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук.

9. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024625407 Российская Федерация. Влияние тяжелых металлов на морфологические показатели растений *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., произрастающих на отработанном медно-

колчеданном месторождении : № 2024625407 : заявл. 29.10.2024 : опубл. 22.11.2024 /Н. Ю. Антонинова, **А. В. Собенин**, А. И. Усманов, В. А. Усманова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук.

Патент на изобретение Отходы гуминового производства для очистки сточных вод: № 2023133123; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук. **Собенин Артем Вячеславович**, Усманов Альберт Исмагилович, Антонинова Наталья Юрьевна, Горбунов Алексей Александрович.

Соавторы не возражают против использования материалов совместных исследований в диссертации соискателя. Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают ее основные положения.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные положения диссертации.

Диссертация «Обоснование параметров технологии очистки сточных вод от тяжелых металлов при проектировании разработки медноколчеданных месторождений» Собенина Артема Вячеславовича является законченным научным исследованием, соответствующим критериям п. 9-11, 13-14 Положения о присуждении научных степеней, утвержденного постановлением правительства от 24.09.2013 №842, и рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.7 «Теоретические основы проектирования горнотехнических систем».

Заключение принято на расширенном заседании секции «Геотехнология» Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института горного дела Уральского отделения Российской академии наук.

Присутствовало на заседании всего – 33 чел., с правом голоса 15 чел., (из них 6 докторов наук).

Результаты голосования. «за» - 15 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол №15 от 19 декабря 2024 г.

Председатель секции «Геотехнология»
Ученого Совета ИГД УрО РАН, д.т.н.



Глебов А.В.

Секретарь секции «Геотехнология»
Ученого Совета ИГД УрО РАН



Меньшиков П. В.