

Утверждаю

Проректор по науке и инновациям

Пермского национального

исследовательского

политехнического университета,

доктор наук, доцент

Швейкин А. И.

Проректор
по приоритетным проектам
Волгов П. С.
Доверенность № 4 от 01.01.2025 г.

М.П.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

Диссертация «Разработка способа очистки карьерных вод горнорудных предприятий от нитрат-ионов и ионов тяжелых металлов с использованием гальванопары Fe-C» выполнена на кафедре «Охрана окружающей среды».

В период подготовки диссертации соискатель Бессонова Елена Николаевна работала на кафедре «Охрана окружающей среды» в должности заведующего учебной лабораторией.

В 2004 году Бессонова Е. Н. окончила с отличием государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный педагогический университет» по специальности «Биология и химия».

С «01» октября 2022 года проходит обучение в аспирантуре очной формы обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский

национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 19.06.01 «Промышленная экология и биотехнологии».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор кафедры «Охрана окружающей среды», профессор Глушанкова Ирина Самуиловна.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в анализе научно-технической информации по теме исследования, обосновании актуальности изучаемой проблемы, постановке цели и задач исследования, планировании и проведении исследований и расчетов, статистической обработке и анализе полученных результатов, формулировании положений, выносимых на защиту, формулировании ключевых выводов, подготовке публикаций в ведущих рецензируемых научных изданиях, участии в конференциях.

2. Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием для аналитических исследований аттестованных методик выполнения измерений, применения комплекса методов физико-химического анализа, современного аналитического оборудования, согласованностью теоретического анализа данных и результатов экспериментальных исследований, планированием эксперимента и статистической обработкой результатов исследований, положительными результатами опытно-промышленных испытаний разработанного способа очистки карьерных вод системой, содержащей гальванопару Fe-C.

Обоснованность научных положений и выводов, изложенных в диссертационной работе, не вызывает сомнений, так как они базируются на известных физико-химических законах, не противоречат данным научно-технической информации и подтверждаются лабораторными экспериментальными исследованиями.

3. Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

- Установлены закономерности процесса очистки карьерных вод системой, содержащей гальванопару Fe-C, и факторы, влияющие на его эффективность (рН, соотношение компонентов Fe-C, время контакта, температура). Обоснован химизм и определены оптимальные условия процесса очистки: массовое соотношение Fe-C 2:1, рН 6-8. Доказано, что процесс восстановления нитрат-ионов при рН 6-8 протекает с образованием газообразного азота как основного продукта (более 81%).

- Определены кинетические характеристики процесса восстановления нитрат-ионов в системе, содержащей гальванопару Fe-C, в диапазоне температур 5-20 °С. Установлено, что процесс восстановления описывается кинетическим уравнением первого порядка и протекает в кинетической области. Определены константы скорости реакции k : при 5 °С $k = 0,0365 \text{ мин}^{-1}$, при 10 °С $k = 0,0416 \text{ мин}^{-1}$, при 15 °С $k = 0,0809 \text{ мин}^{-1}$, при 20 °С $k = 0,0901 \text{ мин}^{-1}$ и значение энергии активации (E_A) электрохимической реакции восстановления нитрат-ионов – 53 кДж/моль.

- Установлены закономерности процесса извлечения ионов тяжелых металлов из карьерных вод горнорудных предприятий системой, содержащей гальванопару Fe-C, обеспечивающие эффективное снижение концентрации ИТМ в карьерных водах до нормативных значений без вторичного загрязнения вод ионами железа. Осадок, формирующийся в процессе очистки карьерных вод от нитрат-ионов, представляет собой смесь магнетита и гетита – термодинамически устойчивых оксидов и оксигидроксидов железа, и является эффективным сорбентом ИТМ. Сорбция ИТМ протекает по механизму полимолекулярной адсорбции.

4. Теоретическая и практическая значимость работы.

Определены закономерности и обоснован механизм процесса восстановления нитрат-ионов системой, содержащей гальванопару Fe-C, в нейтральной и слабощелочной среде.

Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена эффективность использования системы, содержащей гальванопару Fe-C, для очистки карьерных вод горнорудных предприятий, ведущих добычу железной руды открытым способом, от нитрат-ионов и ионов тяжелых металлов.

Разработанный способ и технические решения по очистке карьерных вод от соединений азота и ионов тяжелых металлов, заключающиеся в их очистке системой, содержащей гальванопару Fe-C, в динамическом режиме с доочисткой на природном сорбенте, обеспечивают снижение техногенной нагрузки на объекты гидросферы. Разработанный способ подтвержден в ходе проведения опытно-промышленных испытаний на АО «Карельский окатыш» (г. Костомукша).

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем.

Содержание диссертационной работы изложено в 4 научных изданиях, входящих в реферативные базы данных рецензируемой научной литературы Scopus и/или Web of Science:

1. Очистка карьерных вод горнорудных предприятий от азотсодержащих соединений с использованием редокс-барьеров / И. С. Глушанкова, Е. Н. Бессонова, С. М. Блинов, Л. В. Рудакова, П. А. Белкин. – DOI 10.25018/0236_1493_2021_10_0_58. – Текст : непосредственный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2021. – № 10. – С. 58–68. (0,79 п.л., авт. 0,15 п.л.) (Scopus)

Соискателем выполнена оценка экологического воздействия карьерных вод горнорудных предприятий на объекты окружающей среды, главными из которых является накопление в природных водоемах избыточных концентраций нитрат-ионов, нитрит-ионов, ионов аммония и ионов тяжелых металлов; представлены результаты экспериментальных исследований по определению оптимальных условий процесса очистки

карьерных вод горнорудных предприятий от нитрат-ионов с использованием гальванопары Fe-C: массовое соотношение 2:1, pH 6-8.

2. Denitrification of Quarry Wastewater from Mining Enterprises by Galvanocoagulation / I. S. Glushankova, E. N. Bessonova, S. M. Blinov, E. N. Kudryashova, P. A. Belkin, L. V. Rudakova. – DOI 10.1007/978-3-030-89477-1_34. – Текст :электронный // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 342. – P. 343–351. – URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-89477-1_34#citeas (дата обращения: 19.09.2025). – Режим доступа: по подписке. (1,04 п.л., авт 0,17п.л.) (Scopus)

Соискателем обоснована актуальность проблемы очистки карьерных вод от нитрат-ионов, представлены результаты исследования возможности применения гальванопары Fe-C для очистки карьерных вод горнорудных предприятий от нитрат-ионов, а также результаты исследований по деаммонификации карьерных вод с использованием торфяного сорбента.

3. Бессонова, Е. Н. Теоретическое и экспериментальное обоснование использования редокс-системы Fe⁰-C для очистки карьерных вод от нитрат-ионов / Е. Н. Бессонова, И. С. Глушанкова. – EDN GPENQG. – Текст : электронный // Записки горного института. – 2025. – Т. 276, вып. 1. – С. 41–50. – URL: <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16477/16509> (дата обращения 19.09.2025). (1,16 п.л., авт. 0,58п.л.) (Web of Science, Scopus)

Соискателем представлены результаты проведенного термодинамического анализа процессов, протекающих в редокс-системе, содержащей железо, углерод и нитрат-ионы; теоретически обоснован и экспериментально подтвержден механизм процесса редукции нитрат-ионов с образованием газообразного азота. Представлены результаты кинетического анализа процесса редукции нитрат-ионов гальванопарой Fe-C при различных температурах (5-20 °C). Установлено, что процесс

восстановления нитрат-ионов гальванопарой Fe-C описывается кинетическим уравнением первого порядка и протекает в кинетической области.

4. Бессонова, Е. Н. Очистка карьерных вод от ионов марганца и никеля на проницаемом реактивном железо-углеродном барьере / Е. Н. Бессонова, И. С. Глушанкова. – DOI 10.25018/2036_1493_2025_10_0_48. – Текст : электронный // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2025. – № 10. – С. 48–60. – URL: https://giab-online.ru/files/Data/2025/10/10_2025_48-60.pdf (дата обращения: 19.09.2025). (0,93 п.л., авт. 0,46п.л.) (Scopus)

Соискателем представлены экспериментальные данные и установлены закономерности процесса извлечения ионов тяжелых металлов из карьерных вод системой, содержащей гальванопару Fe-C, обеспечивающие эффективное снижение концентрации ИТМ в карьерных водах до нормативных значений без вторичного загрязнения вод ионами железа. Показано, что шлам, формирующийся при очистке карьерных вод от нитрат-ионов гальванопарой Fe-C, проявляет высокую сорбционную активность в отношении ионов тяжелых металлов и может быть использован как сорбент для их извлечения из карьерных вод горнорудных предприятий. Показано, что сорбция ИТМ протекает по механизму полимолекулярной адсорбции, определены сорбционные емкости шлама по ионам марганца (II) и никеля (II). Выполненный анализ фазового состава показал, что основными фазами формирующегося шлама (отхода) являются гетит и магнетит; методом биотестирования установлено, что отход может быть отнесен к отходам V класса опасности (практически неопасные отходы).

В тексте диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах по теме диссертации.

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите.

Содержание диссертационного исследований, представленного Бессоновой Еленой Николаевной, соответствует паспорту научной специальности 1.5.15. Экология:

п. 3 – Научное обоснование, разработка и совершенствование методов проектирования технико-технологических систем и нормирования проектной и изыскательской деятельности, обеспечивающих минимизацию антропогенного воздействия на живую природу при проведении горных выработок, обогащения и переработки полезных ископаемых, а также разведки, освоения и эксплуатации нефтегазовых месторождений, транспорта и хранения нефти и газа.

п. 4 – Инженерная защита экосистем. Прогнозирование, предупреждение и ликвидация последствий загрязнения окружающей среды от техногенных аварий и катастроф на объектах горнодобывающей промышленности.

Представленная Бессоновой Еленой Николаевной диссертационная работа является прикладным исследованием.

7. Соответствие содержания диссертационной работы требованиям, установленным п. 14 «Положения о присуждении ученых степеней».

Соискатель корректно ссылается в тексте диссертации на авторов и (или) источники заимствования материалов, в том числе при использовании результатов научных работ, опубликованных им лично или в соавторстве.

Диссертационная работа Бессоновой Елены Николаевны «Разработка способа очистки карьерных вод горнорудных предприятий от нитрат-ионов и ионов тяжелых металлов с использованием гальванопары Fe-C»

рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.5.15 «Экология».

Заключение принято на заседании кафедры «Охрана окружающей среды» ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». Присутствовало на заседании 24 чел. Результаты голосования: «за» - 24 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол №39 от «11» июня 2025 г.

Заведующий кафедрой

«Охрана окружающей среды»

ФГАОУ ВО «ПНИПУ»

доктор технических наук, профессор  / Рудакова Л.В./

Секретарь кафедры

«Охрана окружающей среды»

ФГАОУ ВО «ПНИПУ»

 / Коротаяева Л.Г./