

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования

**«Петербургский государственный  
университет путей сообщения**

**Императора Александра I»**

**(ФГБОУ ВО ПГУПС)**

Московский пр., д.9, Санкт-Петербург, 190031

Телефон: (812) 457-86-28, факс: (812) 315-26-21

E-mail: [dou@pgups.ru](mailto:dou@pgups.ru); <http://www.pgups.ru>

ОКПО 01115840, ОГРН 1027810241502,

ИНН 7812009592/ КПП 783801001

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый проректор - проректор по  
учебной работе, к.т.н., доцент

  
Петр Кириллович Рыбин

«13» июня 2024 г.

13.06.2024

№ 005.02.4-53/6

На № \_\_\_\_\_

от \_\_\_\_\_

Г

Г

**О Т З Ы В**

**ведущей организации на диссертацию *Коротаевой Анны Эдуардовны* на  
тему: «Ликвидация последствий загрязнения сточных вод горных  
предприятий методами биологической очистки», представленную на  
соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 1.6.21. Геоэкология**

Представленная на рассмотрение заседания кафедры «Техносферная и экологическая безопасность» диссертационная работа состоит из введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 174 наименования, и двух приложений. Диссертация изложена на 183 страницах машинописного текста, содержит 38 рисунков и 31 таблицу.

Диссертационное исследование посвящено очистке карьерных сточных вод горных предприятий от азотных соединений и железа комплексным методом биологической очистки с использованием системы сконструированного водно-болотного угодья с открытой водной поверхностью.

**1. Актуальность темы диссертации**

Предприятия горной промышленности оказывают значительное

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-143 от 17.06.24  
АУ УС

негативное воздействие на водные ресурсы. Загрязнение водоемов и водотоков, вызванное различными аспектами деятельности предприятий, представляет серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья человека.

Карьерные сточные воды, образующиеся при ведении буровзрывных работ, характеризуются значительными превышениями по азотным соединениям (из-за использования взрывчатых веществ) и железа (из-за состава пород и вод). Сброс таких вод в водные объекты без очистки может привести к ряду негативных последствий.

Основная опасность избыточного содержания азотных соединений связана с процессом эвтрофикации, которое проявляется в бурном росте водорослей, снижении уровня кислорода и последующей гибели водных организмов. Кроме того, высокие концентрации нитратного и нитритного азота токсичны для человека: при превращении нитратной формы азота в нитритную последняя препятствует переносу кислорода кровью. Высокие концентрации железа в воде оказывают токсическое действие на водные организмы, а также приводят к изменению вкуса и цвета воды, делая ее непригодной для питьевого пользования.

В настоящее время существует несколько подходов к очистке сточных вод от азотных соединений и железа. Физико-химические методы, хоть и просты в использовании, оказываются недостаточно эффективными и слишком дорогостоящими для обработки высоких концентраций загрязнителей, характерных для карьерных сточных вод. Химические методы обеспечивают быструю очистку, однако создают проблему вторичного загрязнения. Наиболее перспективным подходом, с учетом преимуществ и недостатков существующих методов, считается биологическая очистка, основанная на способности живых организмов удалять загрязняющие вещества из сточных вод.

Актуальность диссертационной работы Коротаевой Анны Эдуардовны подтверждается широким распространением проблемы загрязнения сточных вод соединениями азота и железа на предприятиях минерально-сырьевого комплекса и связана с необходимостью разработки экологически и экономически эффективного решения данной проблемы.

## **2. Научная новизна диссертации**

Научную новизну диссертационного исследования составляют выявление механизмов формирования высококонтрастных вод по содержанию аммонийной, нитритной и нитратной форм азота и железа на горных предприятиях, а также установление эффективности очистки модельного раствора карьерных сточных вод от данных загрязняющих

веществ за счет совместного использования видов высшей водной растительности: рогоз широколистный (*Typha latifolia* L.), частуха обыкновенная (*Alisma plantago aquatica* L.) и ситник членистый (*Juncus articulatus* L.) с проективным покрытием 60:20:20 и низшей водной растительности (*Chlorella* sp.) с достижением плотности культуры в системе от 0,16 г/дм<sup>3</sup> до 1,60 г/дм<sup>3</sup>.

Следует отметить, что тема и содержание диссертации соответствуют паспорту научной специальности 1.6.21. Геоэкология по пунктам 19. «Изучение в природных и лабораторных условиях влияния техногенных факторов на устойчивость биологических систем в процессе недропользования. Моделирование геоэкологических процессов в геосферных оболочках Земли при комплексном освоении недр и устойчивом развитии горнодобывающих регионов» и 24. «Теория и методы геоэкологической оценки существующих и создаваемых технологий добычи и переработки полезных ископаемых природного и техногенного происхождения, инженерная защиты экосистем, прогнозирование, предупреждение и ликвидация загрязнений природной среды».

### **3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций**

Степень достоверности и обоснованности результатов научных положений диссертационной работы подтверждается значительным объемом лабораторных и экспериментальных исследований водных и растительных проб, воспроизводимостью полученных результатов, их согласованностью с результатами других исследований в области очистки сточных вод и апробацией на научно-практических конференциях, симпозиумах и форумах всероссийского и международного уровня.

При доказательстве формирования высококонтрастных вод по содержанию различных форм азота и железа соискателем был использован значительный объем мониторинговых и теоретических данных. При доказательстве комплексного снижения концентраций загрязняющих веществ в карьерных сточных водах в системе по типу сконструированных водно-болотных угодий с применением высшей и низшей водной растительности был проведен ряд экспериментальных исследований с получением достаточного массива значений концентраций азотных соединений и железа в водных пробах и тканях растений, а также масс растительных образцов для отслеживания динамики прироста биомассы и дальнейшей оценки аккумуляции.

Все выдвинутые в диссертационной работе научные положения точно сформулированы и обоснованы комплексом проведенных исследований: мониторингом, экспериментами, анализом полученных данных, а также существующих методов очистки сточных вод от азотных соединений и железа. Достоверность полученных результатов подтверждена и не вызывает сомнений.

#### **4. Научные результаты, их ценность**

Основную научную ценность диссертационной работы составляет обоснование применимости системы сконструированного водно-болотного угодья с открытой водной поверхностью как наиболее эффективного решения для очистки карьерных сточных вод, а также выбор растений для использования в системе: рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.), частухи обыкновенной (*Alisma plantago-aquatica* L.) и ситника членистого (*Juncus articulatus* L.), исходя из совокупности необходимых характеристик: широкого ареала распространения, высокого фиторемедиационного потенциала, неприхотливости к условиям окружающей среды и толерантности к условиям произрастания на заболоченной территории.

На основе указанных научных результатов соискателем в ходе экспериментальных исследований было доказано комплексное снижение концентраций аммонийной (до 96%), нитритной (до 99%) и нитратной (до 80%) форм азота, а также железа (до 50%) в карьерных сточных водах

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 12 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus; получен 1 патент.

#### **5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации**

По нашему мнению, наиболее важные теоретические и практические результаты работы включают следующее:

- установление степени загрязнения карьерных сточных вод соединениями азота и железом вследствие взрывных работ на горнодобывающих предприятиях в результате попадания взрывчатых веществ, азотсодержащих продуктов взрыва и частиц горной породы в карьерные воды;

- доказательство эффективности комплексной очистки карьерных сточных вод в системе по типу сконструированного водно-болотного угодья, с использованием высшей и низшей водной растительности;

- выявление зависимости эффективности очистки модельного раствора карьерных сточных вод от соединений азота и железа в системе сконструированного водно-болотного угодья в зависимости от проективного покрытия высшей водной растительности и начальной плотности культуры низшей водной растительности.

- разработка рекомендаций по использованию системы комплексной очистки для снижения концентрации соединений азота и железа в карьерных сточных водах на горнодобывающих предприятиях.

Результаты и рекомендации диссертационного исследования приняты к использованию в производственной деятельности АО «Карельский окатыш» (акт о внедрении (использовании) результатов от 11 августа 2022 года), а также подтверждены патентом на изобретение № 2796677 «Способ биологической очистки сточных вод» от 29 мая 2023 года.

## **6. Рекомендации по использованию результатов работы**

Предложенное соискателем средозащитное мероприятие для очистки карьерных сточных вод от соединений азота и железа, представляющее собой систему сконструированного водно-болотного угодья с совместным применением высшей и низшей водной растительности, может быть использовано при модернизации очистных сооружений на действующих горных предприятиях, а также при проектировании системы очистки на строящихся горнодобывающих предприятиях профильными научными организациями и научно-исследовательскими центрами.

## **7. Замечания и вопросы по работе**

По диссертационной работе имеются следующие замечания и вопросы:

1. В п. 1.1 диссертационной работы дается общая характеристика карьерных сточных вод горнодобывающей отрасли промышленности: «Отличительной чертой данного типа вод является пониженная кислотность, которая устанавливается в результате окисления сульфидов металлов, наиболее распространенным из которых является пирит...», а также далее: «Соединения азотной группы попадают в карьерные воды несколькими путями: в результате неполной детонации взрывчатого вещества и его растворения в обводненных скважинах; при вымывании сорбированных на горной породе или мелкодисперсной пыли оксидов азота, образовавшихся в

процессе взрыва; вследствие связывания газообразных продуктов взрыва с влагой воздуха с образованием азотной или азотистой кислот, которые могут попадать на поверхность горной породы и далее в карьерные воды.», что указывает на то, что карьерные сточные воды преимущественно кислые, однако в модельном растворе (табл. 3.1) принят рН 7-8 (нейтральное, оптимальное для биоочистки). При этом данные по натурным измерениям данного показателя в реальных сточных водах рассматриваемых предприятий в работе отсутствуют.

2. Кислотность – важный показатель, оказывающий значительное влияние на эффективность очистки сточных вод, чему в работе уделено достаточно внимания. Также низкие значения рН могут угнетать растительность, применяемую в качестве элемента биологической очистки. Поэтому интерес представляло бы провести лабораторные исследования на реальных сточных водах предприятий или ознакомиться с результатами натурных измерений данного показателя.

3. В диссертационной работе указано: «Шахтные сточные воды содержат широкий спектр загрязняющих веществ, в том числе взвешенные частицы, тяжелые металлы, нефтепродукты в основном в виде минеральных масел, органические загрязнители, а также радиоактивные элементы.», однако в дальнейшем данные по реальному составу сточных карьерных вод горных предприятий не приводится. В то же время, это может повлиять на предлагаемый в работе биологический этап очистки сточных вод.

Следует отметить, что вышеуказанные замечания и вопросы носят дискуссионный характер и не отменяют общей положительной оценки данной диссертационной работы.

## **8. Заключение по диссертации**

Диссертация «Ликвидация последствий загрязнения сточных вод горных предприятий методами биологической очистки», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология, соответствует требованиям раздела 2 Положение о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор – **Коротаева Анна Эдуардовна** – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология.

Отзыв на диссертацию **Коротаевой Анны Эдуардовны** обсужден и утвержден на заседании кафедры «Техносферная и экологическая безопасность» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», протокол № 9 от 04.06.2024.

Председатель заседания  
Заведующий кафедрой  
«Техносферная  
и экологическая безопасность»  
доктор технических наук, профессор



Титова Тамила Семеновна

Секретарь заседания  
Заведующий лабораторией кафедры  
«Техносферная  
и экологическая безопасность»



Сегеда Ирина Васильевна

Подпись председателя заседания Титовой Т.С. и секретаря заседания Сегеды И.В. заверяю.



Подпись докум. *Титовой Т.С.,*  
*Сегеды И.В.*  
.....  
удостоверяю.  
Документовед отдела кадров сотрудников  
*Садыхова И.В. Сегед*  
.....  
"14" июня 2024