



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования**

**«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО «УГГУ»)**

Куйбышева ул., д.30, Екатеринбург, 620144, тел./факс: (343) 257-25-47/ 251-48-38

E-mail: office@ursmu.ru, http://www.ursmu.ru

ОКПО 02069237, ОГРН 1036603993777, ИНН/КПП 6661001004/667101001

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «УГГУ»

доктор химических наук
профессор

Апакашев Рафаил Абдрахманович



«15» сентября 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации по диссертационной работе

Ульриха Дмитрия Владимировича «Научное обоснование и разработка технологий комплексного восстановления техногенно-нарушенных территорий в районах добычи и переработки медных руд», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.36 – Геозология (горно-перерабатывающая промышленность)

Актуальность темы диссертационной работы. В настоящее время экологическая ситуация в мире характеризуется достаточно высоким уровнем негативного воздействия горнодобывающих и перерабатывающих производств на окружающую среду.

На территории страны имеются регионы, где активно ведется добыча и переработка медных руд в течение длительного времени и возникли зоны с очагами загрязнения, в т.ч. и прошлых лет. На территории Южного Урала

выделяются Учалинская, Сибайская, Бурибайская, Медногорская и Карабашская геотехнические системы, где наблюдаются превышения ПДК по тяжелым металлам в почвах и поверхностных водах в десятки, сотни и тысячи раз.

Существует достаточно острая необходимость в разработке технологических решений по восстановлению техногенно-нарушенных территорий. Поэтому тема диссертационной работы Ульриха Д.В., посвящённая созданию научных основ и разработке технологий комплексного восстановления техногенно-нарушенных территорий и ликвидации накопленного ущерба в районах добычи и переработки медных руд является актуальной.

Общая характеристика работы. Диссертационная работа, состоит из введения, шести глав и заключения, изложенных на 361 странице машинописного текста, содержит 180 рисунков, 73 таблицы, библиографический список из 396 наименований и 13 приложений.

В первой главе выполнена краткая характеристика состояния и основные тенденции развития медной промышленности, указывающая на увеличение добычи и переработки медьсодержащих руд как на Южном Урале, так и в России в целом. Отражено воздействие горных и горно-перерабатывающих производств на экосистемы. Представлены современные методы восстановления техногенных грунтов, которые разделены на три группы: ограничение, *Ex situ* и *In situ* обработка. Представлен обзор методов очистки поверхностных стоков от тяжелых металлов.

Было установлено, что, очистка загрязненных тяжелыми металлами почв многолетними травами и кустарниковыми растениями может иметь ряд преимуществ перед другими способами их очистки, а очистка поверхностных стоков с применением природных сорбентов и макрофитов может быть высокоэффективной и экономически целесообразной по сравнению с традиционными методами очистки при правильном подборе как сорбентов, так и растений.

Во второй главе даны методологические основания выбора технологических решений восстановления геотехнических систем. Рассмотрены методологический подход к решению вопроса очистки поверхностных сточных вод в фиторемедиационных сооружениях, методология комплексной ремедиации почв и атмосферных стоков и методология рекультивации хвостохранилищ с использованием грунтобетона и биополотна. Разработана аналитическая методика оценки эффективности предлагаемых технологий на основе теории нечетких множеств.

Предложенные автором методологические подходы и принципы позволяют создавать новые научно обоснованные высокоэффективные технологии восстановления техногенно-нарушенных территорий в районах добычи и переработки медных руд.

В третьей главе дана геоэкологическая оценка последствий добычи и переработки медноколчеданных руд в Южно-Уральском промышленном регионе. Исследованы такие геотехнические системы, как: Медногорская, Сибайская, Бурибайская, Учалинская, Карабашская. Отражаются результаты исследования по состоянию почв и водных экосистем в исследуемых геотехнических системах. Представлены геоэкологическая нагрузка от отходов

добычи и переработки, а также прогнозная оценка состояния здоровья населения исследуемых территорий.

Геоэкологическая оценка геотехнических систем, позволила автору определить в качестве приоритетных мер, направленных на восстановление атмосферного воздуха→почв→поверхностных вод, разработку и внедрение высокоэффективных технологий с использованием сорбентов, макрофитов, многолетних трав и кустарниковых растений.

В четвертой и пятой главах представлены исследования закономерностей сорбции тяжелых металлов природными сорбентами из водных растворов и закономерности фитоэкстракции тяжелых металлов из водных растворов и почв растениями-биоаккумуляторами. Выполнено математическое моделирование условий и параметров технологических решений.

В шестой главе представлены технологии и технологические схемы очистки поверхностных сточных вод; комплексной ремедиации почв и атмосферных стоков; рекультивации хвостохранилищ.

Выполнено прогнозирование эффективности разработанных технологий на основе инструментария теории нечетких множеств.

Представлен расчёт общего экономического эффекта от водоохраных мероприятий, направленных на ликвидацию старых загрязнителей на территории Карабашской геотехнической системы, который составляет 367,84 млн руб.

Научная новизна работы.

Автором впервые разработаны методологические основы выбора технологических решений восстановления геотехнических систем в зоне воздействия предприятий по добыче и переработке медных руд с использованием энерго- и ресурсосберегающих технологий.

В результате проведенной геоэкологической оценки исследуемых территорий автором установлены импактные зоны загрязнения от источника эмиссии за счет миграции в аквальные системы, педосферу и атмосферу тяжелых металлов и иных поллютантов в аномальных концентрациях от накопленных отходов горно-перерабатывающей промышленности прошлых лет мощностью от 4 до 20 км. Выявлены тенденции геохимической миграции и динамики накопления тяжелых металлов в объектах окружающей среды.

Автором впервые на основе природных материалов получен композитный сорбент, который обладает эффектом эмерджентности, способствующим интенсивному извлечению из сточных вод Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , в том числе трудноизвлекаемого Cd^{2+} , относящегося к первому классу опасности. Сорбционная емкость композитного сорбента в 1,6 раза превышает показатели моносорбентов, входящих в состав композита. Установлены закономерности сорбции.

Автором научно обоснованы и экспериментально определены оптимальные режимы биоаккумуляции ионов тяжелых металлов макрофитами в зависимости от pH, температуры, концентрации металлов, плотности посадки и других параметров. Доказано, что наиболее перспективной для использования в фиторемедиационных очистных сооружениях является композиция макроконцентраторов из рогоза узколистного, кубышки жёлтой, рдеста пронзеннолистного, урути колосистой, рдеста гребенчатого, рдеста блестящего,

клагофоры сборной и хары обыкновенной, биогеохимическая активность которых варьирует от 2490 до 10098 в зависимости от рН и температуры среды. Разработаны и математически смоделированы технологические решения фитотехнологии очистки ливневых, талых и подотвальных вод от тяжелых металлов в фиторемедиационных очистных сооружениях, которые позволяют достигнуть максимальной степени очистки стоков при массе растений в сооружении от 0,15 до 0,16 кг/м².

Автором детально исследованы закономерности фитоэкстракции тяжелых металлов из загрязненных почв и поверхностных стоков растениями-биоаккумуляторами. Установлено, что наиболее эффективными растениями-биоаккумуляторами выступают кустарниковые растения барбарис обыкновенный, бузина красная и многолетние травянистые растения пырей ползучий, житняк гребенчатый и овсяница луговая с коэффициентом обогащения от 2,3 до 52,5 в зависимости от концентрации металлов в почве и стоках. Доказано, что металлы концентрируются преимущественно в наземной части растений и могут быть извлечены и использованы после сжигания и последующей обработки.

Для целей технологии рекультивации хвостохранилищ автором впервые предложен грунтобетон на основе медеплавильного гранулированного шлака, цемента, глины и воды. Доказано, что наличие большей доли шлака, обладающего пористым строением и способного аккумулировать в себе воду, поступающую из окружающей среды, способствует наименьшему промоканию композита при составе смеси с соотношением шлак: глина + цемент до 1:4, при этом соотношение глины и цемента в этой смеси должно быть 1:1,5 или 2:1.

Автором разработаны технологии, направленные на экологическое восстановление системы атмосферный воздух → почвы → поверхностные воды и ликвидацию накопленного ущерба с использованием композитов, макрофитов и растений-биоаккумуляторов с получением товарных продуктов из растительного сырья и сырья для закладочных смесей.

Автором впервые предложена аналитическая методика комплексной оценки потенциальной эффективности разработанных технологий восстановления техногенно-нарушенных территорий для прогнозирования результатов воздействия различных сочетаний релевантных технологических параметров. Особенность аналитической методики заключается в использовании инструментов теории нечетких множеств, что позволяет увеличить число показателей природных условий и рассматриваемых технологических параметров и за счет этого расширить аналитические возможности предлагаемой методики оценки и прогнозирования.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов не вызывает сомнений, выполненные исследования характеризуют глубокую проработку рассматриваемых вопросов и подтверждаются большим объемом выполненных разномасштабных экспериментов и сходимостью полученных данных.

О стиле и языке диссертации и автореферата. Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления» и написана грамотным языком. Выводы и рекомендации работы изложены четко и

лаконично. Структура и содержание автореферата соответствуют основным положениям диссертации.

Практическая значимость работы заключается в создании и промышленном внедрении новых технологий, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей природной среды на территориях эксплуатации, консервации и ликвидации предприятий по добыче и переработке медных руд, а именно: комплексная технология восстановления загрязненных территорий с использованием растений-биоаккумуляторов и сорбционно-габионных модулей, позволяющая повысить качество как почв, так и атмосферных стоков (Патент РФ на изобретение № 2603002); технология очистки поверхностных сточных вод с водосборной территории медеперерабатывающих предприятий на основе фиторемедиационных очистных сооружений, позволяющая повысить качество поверхностных вод (Патент РФ на изобретение № 2572577); технология рекультивации хвостохранилищ с применением композитов и биополотна, обеспечивающая консервацию техногенных намывных грунтов и, как следствие, повышение качества атмосферного воздуха и атмосферных стоков.

Автором созданы композитный сорбент из смеси глауконита, вспученного перлита и вспученного вермикулита (Патент РФ на изобретение № 2682586) и грунтобетон из смеси медеплавильного шлака, цемента, глины и воды.

Разработанные технологии внедрены на территории обогатительной фабрики АО «Карабашмедь», в проекты предприятий ООО НПО «РОСГЕО» и ООО «ЮжУралНИИВХ».

Основные научные положения и практические решения диссертационной работы использованы при организации учебного процесса в ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» и ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет».

Апробация работы: Основные положения достаточно хорошо знакомы научной общественности и одобрены ею. По материалам диссертации опубликовано 92 работы, в том числе 1 монография, 21 статья в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 15 статей в изданиях, индексируемых Scopus и Web of Science, получено 3 патента РФ на изобретение.

Замечания:

1. На стр. 200 диссертации, автор описывает выбор водных растений для фитоэкстракции и обосновывает их распространенностью, однако не учитывается сезонность их роста. Для успешного функционирования следует применять растения вегетирующие круглый год, в том числе и микроводоросли, растения также можно интродуцировать из других регионов.

2. При оценке популяционного риска для населения близлежащих поселений (стр. 130 диссертации) учтены только города, но не рассмотрены дачные поселки, где люди проживают в период с мая по ноябрь и используют в качестве источников водоснабжения колодцы.

3. В разделе 2.4 диссертации, автор предлагает для оценки эффективности применения разработанных технологий использовать математический аппарат теории нечетких множеств, в частности, такое адаптированное приложение этой теории, как «Определение подпрямого образа нечеткого множества». Не отрицая саму идею использования такой методики для адекватного представления

разнокачественных показателей в виде функций принадлежности, тем не менее, остается неясным, будет ли обеспечиваться достаточная точность выявления объекта, который по комплексу свойств в наибольшей степени соответствует критериальному набору? Не приведет ли представление всех интегральных показателей эффективности в едином диапазоне 0...1 к нивелированию результатов и затруднению их дифференциации?

Приведенные замечания носят дискуссионный характер, не являются принципиальными и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, выполненной на высоком научном уровне.

Заключение. Диссертационная работа Ульриха Д.В. является законченной научно-квалификационной работой, в которой дано решение крупной актуальной научно-практической проблемы, связанной с теоретическим обоснованием и разработкой новых высокоэффективных технологических решений обеспечивающих инженерную защиту окружающей среды и имеющих важное народно-хозяйственное значение при эксплуатации, консервации и ликвидации горно-перерабатывающих предприятий. Работа соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (в редакции постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям, а ее автор, кандидат технических наук Ульрих Дмитрий Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (горно-перерабатывающая промышленность).

Заведующий кафедрой геоэкологии
доктор геолого-минералогических наук
профессор



Семячков Александр Иванович

Сведения о рецензенте:

Семячков Александр Иванович, доктор геолого-минералогических наук (25.00.36 - Геоэкология), профессор

Место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет» (ФГБОУ ВО «УГГУ»), кафедра геоэкологии

Должность: Заведующий кафедрой

Почтовый адрес: 620144, Россия, г. Екатеринбург, пер. Университетский, 9, 2 уч. здание Уральского государственного горного университета, 1 этаж, аудитория 2102

Телефон: +7(343) 283-05-39

e-mail: Semyachkov.A@ursmu.ru

Подпись Семячкова А.И. заверяю:

Начальник
отдела кадров
ФГБОУ ВО УГГУ

« 14 » 09 2020 г.



Сведения о ведущей организации:

Полное название	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет»
Сокращенное название организации в соответствии с Уставом	ФГБОУ ВО «УГГУ»
Фамилия, имя, отчество руководителя организации	Душин Алексей Владимирович
Должность руководителя организации	Ректор
Почтовый индекс, адрес организации	620144, Свердловская обл., г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, д.30
Телефон	+7 (343) 257-25-47
Адрес официального сайта в сети Интернет	www.ursmu.ru
Адрес электронной почты	office@ursmu.ru
Основные публикации работников ведущей организации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет	
1. Семячков, А.И. Инновационные технологии защиты водных объектов от загрязнения с получением товарной продукции / А.И. Семячков, В.А. Почечун, Н.А. Собгайда // Экология и промышленность России. – 2019. – Т. 23. – № 5. – С. 16–21.	
2. Шепель, К.В. Геоэкологическая оценка загрязнения почв в районе расположения предприятий горно-металлургического комплекса Урала / К.В. Шепель // Проблемы недропользования. – 2019. – № 2 (21). – С. 171–177.	
3. Семячков, А.И. Методологические особенности оценки экономического ущерба от неблагоприятных экологических последствий в условиях территорий с развитым горнопромышленным комплексом / А.И. Семячков, Ю.О. Славиковская, В.А. Почечун // Экология и промышленность России. – 2018. – Т. 22. – № 4. – С. 46–51.	
4. Студенок, Г.А. Геоэкологическое обоснование технологии очистки дренажных вод горного предприятия от соединений азота в отработанной горной выработке / Г.А. Студенок // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2018. – № 3. – С. 32–39.	
5. Тяботов, И.А. Рекультивация хвостохранилища обогатительной фабрики с использованием торфа и сапропеля / И.А. Тяботов, Н.В. Гревцев, Л.Н. Олейникова, А.В. Горбунов // Агропродовольственная политика России. – 2018. – № 5 (77). – С. 41–46.	
6. Почечун, В.А. Регулирование содержания загрязняющих элементов в поверхностных водах, находящихся под воздействием горно-металлургического комплекса, с использованием звеньев водных экосистем	

/ В.А. Почечун, М.В. Архипов, В.В. Кучин // Экология и промышленность России. – 2017. – Т. 21. – № 1. – С. 30–35.

7. Хохряков, А.В. Прогнозирование концентраций загрязняющих веществ в компонентах окружающей среды / А.В. Хохряков, Е.М. Цейтлин, О.А. Москвина, И.В. Ларионова // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2017. – № 4. – С. 56–63.

8. Грязнов, О.Н. Геоэкологические проблемы горнопромышленного техногенеза на Урале / О.Н. Грязнов, С.Н. Елохина // Известия Уральского государственного горного университета. – 2017. – № 2 (46). – С. 28–33.

9. Хохряков, А.В. Использование отработанных горных выработок для очистки карьерных вод от соединений азота / А.В. Хохряков, А.М. Ольховский, Г.А. Студенок // Известия Уральского государственного горного университета. – 2017. – № 3 (47). – С. 48–52.

10. Елохина, С.Н. Изменение химического состава дренажных вод при отработке Сафьяновского медноколчеданного месторождения / С.Н. Елохина, В.А. Арзамасцев, А.А. Арзамасцев // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2016. – № 2. – С. 85–92.

11. Боброва, З.М. Воздействие предприятий минерально-сырьевого комплекса Урала на водные ресурсы / З.М. Боброва, О.Ю. Ильина, Г.А. Студенок, Е.М. Цейтлин // Известия Уральского государственного горного университета. – 2016. – № 1 (41). – С. 62–66.

12. Елохина, О.В. Оценка загрязнения поверхностных вод, обусловленного размещением промышленных отходов в отработанных карьерах / О.В. Елохина, В.А. Елохин // Известия Уральского государственного горного университета. – 2016. – № 4 (44). – С. 31–34.

13. Хохряков, А.В. Исследование процессов формирования химического загрязнения дренажных вод соединениями азота на примере карьера крупного горного предприятия / А.В. Хохряков, А.Г. Студенок, Г.А. Студенок // Известия Уральского государственного горного университета. – 2016. – № 4 (44). – С. 35–37.

Проректор по научной работе
доктор химических наук
профессор



Апакашев Рафаил Абдрахманович

Заведующий кафедрой геоэкологии
доктор геолого-минералогических наук
профессор

тел.: +7 (343)-283-05-39

E-mail: Semyachkov.A@ursmu.ru

Семячков Александр Иванович