

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Ульриха Дмитрия Владимировича
на тему: «**Научное обоснование и разработка технологий комплексного
восстановления техногенно-нарушенных территорий в районах добычи и
переработки медных руд**»,

представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по
специальности: 25.00.36 – Геоэкология (горно-перерабатывающая промышленность)

Актуальность темы.

Экстенсивное вовлечение в эксплуатацию минерально-сырьевых ресурсов и технический прогресс драматическим образом отразились на состоянии окружающей среды. Функционирование горнопромышленных комплексов приводит к загрязнению атмосферного воздуха, почв, поверхностных и подземных вод, сокращению земель, пригодных для сельскохозяйственного использования, снижению продуктивности земельных ресурсов, нарушению гидрологических режимов территории, нарушению природных ландшафтов. Горнодобывающие и обогатительные производства являются источниками распространения химических элементов с токсичными свойствами (или в токсичных концентрациях), обуславливают формирование техногенных биогеохимических провинций. Известно, что целый ряд заболеваний человека связан с образованием таковых. Экологическая опасность, в первую очередь, тяжелых металлов обусловлена тем, что попадая в окружающую среду они продолжают циркулировать в экосистемах и после прекращения деятельности предприятий, способны накапливаться в живых организмах в высоких концентрациях, оказывая токсичное воздействие.

Развитие природоохранных технологий и реабилитация нарушенных территорий и акваторий является ключевым направлением в сохранении жизнеобеспечивающих условий вокруг предприятий горнопромышленного комплекса, в особенности при длительном их существовании и накопления отходов производства. Без понимания особенностей функционирования наземных и водных экосистем в районах добычи и переработки полезных ископаемых, в том числе и медных руд, сложно предложить оптимальные технологии восстановления техногенно-нарушенных территорий. В этой связи, тема представленной к защите диссертационной работы Ульриха Д.В. «Научное обоснование и разработка технологий комплексного восстановления техногенно-нарушенных территорий в районах добычи и переработки медных руд» является своевременной и чрезвычайно **актуальной**.

Автор поставил достаточно сложную и многогранную цель работы – «Создание научных основ и разработка технологий комплексного восстановления техногенно-нарушенных территорий и ликвидации накопленного ущерба в районах добычи и переработки медных руд». Методологически работа основывается на основных теоретических положениях геоэкологии, когда комплексно рассматривается система последовательных решений: от изучения воздействий на окружающую среду, оценки негативных экологических последствий до технологических решений закрепления металлов в отвалах и биотехнологий их извлечения из загрязненных вод и почв. Решение данной проблемы соответствует приоритетному направлению развития науки, технологий и техники в Российской Федерации – «Рациональное природопользование».

Общая характеристика диссертационной работы. Диссертационная работы Ульриха Дмитрия Владимировича 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.

Во введении сформулированы цель и идея работы, задачи исследования. Обоснована актуальность данного исследования, представлена научная новизна и практическая значимость работы. На защиту выносятся 6 научных положений, которые предопределяют дальнейшую структуру работы и отражают междисциплинарный характер исследований: от изучения последствий деятельности горнопромышленного комплекса до технологических решений устранения негативных последствий.

В первой главе дается обзор современных исследований по направлениям исследований в соответствии с многоаспектными задачами, поставленными автором. Рассмотрено воздействие горных и горно-перерабатывающих производств на экосистемы. Проанализированы современные методы восстановления техногенных грунтов и очистки поверхностных стоков от тяжелых металлов. Дается анализ современных литературных источников по наиболее перспективным методам реабилитации нарушенных территорий, в частности, методам использования растительных субстратов для извлечения металлов путем их биоаккумуляции.

Во второй главе представлен понятийный аппарат и методические решения исследований в рамках поставленных задач. Понятия достаточно известные в научной литературе. Несмотря на название «Методологические основания...» глава отражает последовательность именно применяемых методов: очистки поверхностных сточных вод в фиторемедиационных сооружениях, комплексной ремедиации почв и атмосферных стоков, рекультивации хвостохранилищ с использованием грунтобетона и биополотна. Автором адаптирована теория нечетких множеств к оценке эффективности предлагаемых

решения по технологиям реабилитации нарушенных территорий. Представлен алгоритм оценки эффективности и прогнозирования технологических действий, которые позволяют исследовать сочетания основных показателей и оценивать результаты воздействия комплекса технологических решений.

Третья глава посвящена исследованиям геоэкологических последствий добычи и переработки медноколчеданных руд в Южно-Уральском промышленном регионе. Автором представлены результаты исследований по геохимии почв в зонах загрязнения и химическому составу сточных вод различного генезиса. Разработана классификационная диаграмма состава вод геотехнических систем Южного Урала и фоновых территорий, а также предложена типизация горнопромышленных отходов (на примере геотехнической системы с «полным» технологическим циклом – Карабашской ГТС). Автором предпринята попытка оценки состояния здоровья населения исследуемых территорий, которая имеет более вероятностный характер.

В четвертой главе изложены результаты экспериментальных исследований процессов сорбции тяжелых металлов природными сорбентами. Представлен разработанный автором композитный сорбент, состоящий из глауконита, вспученного перлита и вспученного вермикулита. Обоснован механизм сорбции ионов металлов природными сорбентами. На основе выполненных исследований произведено моделирование оптимальных условий очистки поверхностных стоков от тяжелых металлов композитным сорбентом.

Пятая глава посвящена изучению процессов фитоэкстракции тяжелых металлов из водных растворов и почв растениями-биоаккумуляторами. В главе дается характеристика процесса поглощения микроэлементов растениями в различных условиях. Представлены результаты моделирования оптимальных условий очистки поверхностных стоков от тяжелых металлов в биологическом пруду. Определены биогеохимическая активность макрофитов и коэффициенты обогащения растений тяжелыми металлами, определение которых не верно.

В шестой главе представлены разработанные автором технологии восстановления геотехнических систем в зоне воздействия предприятий по добыче и переработке медных руд. Выполнено прогнозирование эффективности разработанных технологий на основе теории нечетких множеств. Разработана комплексная технологическая схема ликвидации накопленного ущерба. Продемонстрирована эколого-экономическая эффективность использования разработанных технологий.

В заключении представлены основные выводы.

Научная новизна работы

Теоретическая значимость и научная новизна работы заключается в ее комплексном междисциплинарном подходе к выбору технологий восстановления природных (геотехнических) систем в зоне воздействия предприятий по добыче и переработке медных руд с использованием энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Определены импактные зоны загрязнения вокруг предприятий горнопромышленных комплексов, которые формируются вследствие эмиссии загрязняющих веществ в воздух, миграции тяжелых металлов в поверхностные воды в аномально высоких концентрациях и накопления металлов в донных отложениях. Дается вероятностная оценка последствий техногенного обогащения природных сред металлами для здоровья населения.

Впервые на основе природных материалов получен композитный сорбент, который способен эффективно извлекать из сточных вод Cu^{2+} , Fe^{3+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} , включая трудноизвлекаемый Cd^{2+} , относящийся к первому классу опасности. Сорбционная емкость композитного сорбента в 1,6 раза превышает показатели моносорбентов, входящих в состав композита. Установлены закономерности сорбции.

Изучены оптимальные условия 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 желтой, рдеста пронзеннолистного, урути колосистой, рдеста гребенчатого, рдеста блестящего, кладофоры сборной и хары обыкновенной. Разработаны и математически смоделированы технологические решения биологической 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.

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. Извлеченные растения могут быть использованы после сжигания для последующей обработки в технологических циклах.

Впервые предложен грунтобетон на основе медеплавильного гранулированного шлака, цемента, глины и воды. Доказано, что наличие большей доли шлака, обладающего пористым строением и способного аккумулировать 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.

Впервые разработана система последовательных технологических решений, направленных на улучшение состояния качества природных сред (воздух→почвы→поверхностные воды) и ликвидацию накопленного ущерба с использованием композитов, макрофитов и растений-биоаккумуляторов с последующим получением товарных продуктов из растительного сырья и сырья для закладочных смесей.

Впервые предложена аналитическая методика комплексной оценки потенциальной эффективности разработанных технологий восстановления техногенно-нарушенных территорий для прогнозирования результатов воздействия различных сочетаний релевантных технологических параметров.

Практическое значение работы. Разработаны комплексная технология восстановления загрязненных территорий с использованием растений-биоаккумуляторов и сорбционно-габионных модулей (Патент РФ № 2603002); технология очистки поверхностных сточных вод с водосборной территории медеперерабатывающих предприятий на основе фиторемедиационных очистных сооружений (Патент РФ № 2572577) и технология рекультивации хвостохранилищ с применением композитов и биополотна.

Автором созданы композитный сорбент из смеси глауконита, вспученного перлита и вспученного вермикулита (Патент РФ № 2682586) и грунтобетон из смеси медеплавильного шлака, цемента, глины и воды. В диссертационной работе приведены Акты об использовании результатов исследований на практике.

Результаты исследований, которые представлены в диссертационной работе, используются в учебном процессе ФГБОУ ВО ИРНИТУ и ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)».

Степень обоснованности, достоверности, выводов и рекомендаций соискателя, сформулированных в диссертации. Научные положения, выводы и рекомендации диссертанта, сформулированные в диссертационной работе, обоснованы и подтверждены большим объемом результатов многолетних экспериментальных исследований с положительными результатами промышленных испытаний. Результаты

экспериментальных исследований подтверждены испытаниями в натуральных условиях. В работе приводятся результаты использования электронно-микроскопического, микрорентгеноспектрального, дифференциально-термического, рентгенофазного анализа, а также использования вольтамперометрия, метода атомно-абсорбционного анализа с пламенным способом атомизации пробы, метод низкотемпературной адсорбции азота, методы трехмерного моделирования, ГИС-технологии.

Работа выполнена на высоком научном уровне.

Полнота опубликования результатов диссертационной работы. 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 изобретения. Перечень публикаций соответствуют требованиям ВАК, предъявляемых к докторским диссертациям, основная их часть опубликована в трудах конференций и региональных сборниках. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на Всероссийских и Международных конференциях и симпозиумах.

Замечания по работе

1. Слабая характеристика применяемых методов аналитических измерений и их точности. Вторая глава «Методологические основания (таковых не бывает) выбора технологических решений восстановления геотехнических систем» (исследований) изобилует характеристикой определений, которые широко известны. Главу 2 можно определить как характеристика понятийного аппарата и методических решений по каждой главе. В то же время, отсутствуют характеристики методов измерений, их точности, не всегда приводятся единицы измерения. При описании результатов измерений необходимо приводить – методы пробоподготовки, характеристику аналитических приборов, точность измерений, используемые стандарты и верификацию полученных результатов. Интересен раздел, связанный с выделением различных форм нахождения металлов в почвах, но методы экстракции не приведены в диссертации.
2. Полученные коэффициенты биогеохимической активности растений не корректны. Значения коэффициента варьирует от 2490 до 10098 в зависимости от рН и температуры среды. Приводится формула, в которой концентрация элемента в золе растений соотносится к концентрации в воде. Очевидно, такие высокие значения получены в случае нормирования по концентрации в воде. При расчете коэффициента концентрирования элемента необходимо выразить соотношения в одних и тех же единицах измерений (или в % элемента в минеральном остатке золы и вод или в концентрациях в золе и минеральном остатке вод (мкг/г)).

3. Отсутствуют данные по содержанию ртути в компонентах природной среды в зонах влияния медных производств. В лесных подстилках вокруг комбината АО "Карабашмедь", по результатам исследований ГЕОХИ РАН, выявлены чрезвычайно высокие концентрации этого элемента, которые блокируют разложение растительного опада, т.е. всю микрофлору. В волосах детей, проживающих в г. Карабаш выявлены повышенные содержания ртути. Однако, при оценках риска заболевания населения этот фактор автором не учитывается, как и в процессах фитоэкстракции элементов. Насколько эффективно может извлекаться ртуть? По кадмию, также весьма опасному химическому элементу, приводятся данные, что обменные формы составляют 4-5% (приводятся ссылки 269, 274, 275 на свои же работы), что не согласуется с результатами зарубежных исследователей. Так, по данным Cullen, J.T. and Maldonado, M.T., 2013. "Biogeochemistry of Cadmium and Its Release to the Environment" и ГЕОХИ РАН содержание биодоступных (свободны ионов кадмия) более 80%.
4. В главе 5 исходно, допущено ряд неверных предпосылок. Под фитоэкстракцией понимается суммарное содержание накопленных элементов. Биофильные элементы (цинк, медь, железо, кобальт и др.) необходимы для нормальной жизнедеятельности растений и всегда присутствуют в растениях в тех или иных концентрациях. Автор не приводит данные о норме содержания изученных элементов в растениях данных видов и как она учитывалась при определении эффективности фитоэкстракции. Эксперимент по определению биоаккумуляции проводили при pH от 2 до 9. Автором предложена технология их нейтрализации. Непонятна идея эксперимента при pH=2. Таких условий в природе для произрастания перечисленных видов нет, поэтому вывод о том, что при pH 2 растения не развиваются, очевиден.
5. Из опубликованных литературных источников известно, что для снижения накопленных за столетие концентраций загрязнения почв тяжелыми металлами в районе г. Карабаш, потребуется не один десяток лет. Поэтому, приведенные автором цифры снижения концентраций, требуют более убедительного подтверждения. Следовало бы пояснить, на каких объектах проводились полупромышленные испытания и практическая реализация предлагаемых технологий. Для убедительности полученных результатов, на наш взгляд, было бы уместно привести сравнительные фотографии до и после реализации предлагаемой технологии, а также исходная концентрация тяжелых металлов в почвах и полученная в результате фитомередиации.
6. "...эколого-экономический эффект от внедрения" разработанных технологий, приведенный в диссертации в соответствии с приложенными документами (об использовании в проектах ООО "ЮжУралНИИВХ; о перспективном использовании и

предполагаемом экономическом эффекте Администрацией Карабашского городского округа), дает основание считать, что определенный эффект является ожидаемым. Эффект подсчитан по упрощенной схеме (ущерб на человека 300 руб/год), которая не соответствует "Методике определения предотвращенного экологического ущерба, утвержденного 30.11.1999г ГК РФ по охране окружающей среды, где учитываются: масса не поступивших в водные объекты загрязняющих веществ, показатель удельного ущерба (цены загрязнения) водным ресурсам, наносимого единицей (условная тонна) приведенной массы загрязняющих веществ цена и коэффициент экологического значения соответствующих водных объектов.

7. Имеются многочисленные недочеты в представлении табличного и графического материала. Используются буквенные обозначения, например, табл. 2.4. – Ц, Г, Щ и их сочетания, приходится догадываться что они значат, пояснений к этим обозначениям в тексте нет; рисунки 2.5 - 2.8 – Зависимость прочности, не приведено от чего? Рис. 3.1. – схема точек, но точки не нанесены с обозначениями в подрисуночной подписи. Отсутствуют достаточные пояснения по рисунку 3.15. В каких единицах представлены металлы по оси ординат?. Сопоставление концентраций металлов с техногенными стоками с нормативами для Рыбохозяйственных водоемов (ПДК) не правомочно.

Отмеченные замечания носят частный характер и принципиально не влияют на конечные результаты и общую положительную оценку работы.

Заключение


Диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение поставленной цели и задач. Работу характеризует широкий охват исследований от изучения экологических последствий медного производства до технологических решений реабилитации нарушенных территорий. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 25.00.36 – Геоэкология (горно-перерабатывающая промышленность) по п. 3.1., 3.3. и 3.10.

Содержание автореферата соответствует структуре и содержанию диссертационной работы.

В целом докторская диссертация Ульриха Д.В. «Научное обоснование и разработка технологий комплексного восстановления техногенно-нарушенных территорий в районах добычи и переработки медных руд» отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор Ульрих Дмитрий Владимирович заслуживает присуждения ученой

степени доктора технических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (горно-перерабатывающая промышленность).



Официальный оппонент, доктор биологических наук (03.00.16), профессор, член-корреспондент РАН, заведующая Отделом биогеохимии и геоэкологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН)

«10» сентября 2020 г.  Моисеенко Татьяна Ивановна

119991, г. Москва, ул. Косыгина, д.19. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН)

Тел.: +7 495 939 38 10; Факс: +7 495 938 20 54; E-mail: moiseenko@geokhi.ru

Подпись официального оппонента, д.б.н., проф. Моисеенко Т.И. удостоверяю:


Подпись рукою удостоверяю  Моисеенко Татьяна Ивановна
Зав. канцелярией ГЕОХИ РАН

Сведения об официальном оппоненте

Фамилия, имя, отчество		Мо
Ученая степень	Доктор биологических наук	
Научная специальность, по которой оппонентом защищена диссертация	03.00.16 - Экология	
Ученое звание	Профессор, член-корреспондент РАН	
Полное название организации	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН)	
Адрес, телефон, электронная почта	119991, г. Москва, ул. Косыгина, д.19. Тел.: +7 495 939 38 10 Факс: +7 495 938 20 54 E-mail: moiseenko@geokhi.ru, moiseenko.ti@gmail.com	
Должность	Заведующая Отделом биогеохимии и геоэкологии	
Основные публикации официального оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет		
<p>Моисеенко Т.И. 2020. Эволюция экосистем в условиях антропогенных нагрузок: через дезорганизацию к самоорганизации. Геохимия, Т. 10, с. 939 – 938.</p> <p>Moiseenko, T.I., Gashkina, N.A., Dinu, M.I., 2020. Metal bioavailability in northern low-salinity water: Case study of lakes in the Kola region, Russia. Environmental Research Letters.</p> <p>Moiseenko, T.I., Dinu, M.I., Gashkina, N.A., Kremleva, T.A. 2019. Aquatic environment and anthropogenic factor effects on distribution of trace elements in surface waters of European Russia and Western Siberia. Environmental Research Letters 14, 065010.</p> <p>Моисеенко Т.И. 2019. Биодоступность и экотоксичность металлов в водных системах: критические уровни загрязнения. Геохимия. Т 64. № 7. – С. 675–688.</p> <p>Moiseenko, T.I., Morgunov, B.A., Gashkina, N.A., Megorskiy, V.V., Pesiakova, A.A., 2018. Ecosystem and human health assessment in relation to aquatic environment pollution by heavy metals: case study of the Murmansk region, northwest of the Kola Peninsula, Russia. Environmental Research Letters 13, 065005.</p> <p>Моисеенко Т.И. 2018. Эволюционные процессы в техногенных биогеохимических</p>		

провинциях. Геохимия. № 10. С. 945–955.

Моисеенко Т.И. 2018. Биогеохимия кадмия: антропогенное рассеивание, биоаккумуляция и экотоксичность / Т.И. Моисеенко, Н.А. Гашкина // Геохимия. № 8. – С. 759–773.

Моисеенко Т.И. Оценка экологической опасности в условиях загрязнения вод металлами / Т.И. Моисеенко // Водные ресурсы. Т 26. 2017. № 2. – С. 186.

Моисеенко Т.И. Эволюция биогеохимических циклов в современных условиях антропогенных нагрузок: пределы воздействий. Геохимия. 2017. № 10. С. 841–862.

Моисеенко Т.И. 2017. Оценка качества вод и "Здоровья" экосистем с позиций экологической парадигмы. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2017. – № 3. – С. 104–124.

Доктор биологических наук, профессор

Т.И. Моисеенко

Подпись: *Моисеенко Т.И.*
удостоверяю: *Иванов*
Зав. Концелярией ГЕОХИ РАН