

«УТВЕРЖДАЮ»



Генеральный директор ФГБУ «ВИМС»

д-р геол.-мин. наук, профессор

Г.А. Машковцев

«26» августа 2019 г.

### Отзыв ведущей организации

на диссертацию **Стефунько Марии Сергеевны** на тему: «Обоснование методов предупреждения и ликвидации загрязнения горнопромышленного региона кадмием», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (горно-перерабатывающая промышленность)

В современных условиях глобальных изменений окружающей среды под воздействием антропогенных факторов возрастает необходимость минимизации ущерба природной среде. Актуальность темы обусловлена тем, что кадмий относится к высокотоксичным элементам и принадлежит ко второму классу опасности. Загрязненные кадмием природные объекты представляют опасность для биоты. В связи с этим, разработка мероприятий, направленных на снижение поступления кадмия в природную среду и ликвидацию существующего загрязнения горнопромышленного региона – актуальная экологическая задача, имеющая важное прикладное и социальное значение.

Работа посвящена вопросу обоснования и выбора мероприятий по снижению нагрузки на гидросферу и педосферу, обусловленной миграцией кадмия при разработке месторождений медно-колчеданных руд.

В исследовании решался ряд взаимосвязанных задач фундаментального и прикладного характера. Диссертантом проведены теоретические и экспериментальные исследования по изучению возможности депонирования кадмия как загрязнителя абиоты, которые определяют различные технологии нейтрализации экологических последствий. Индикатором определения участков с техногенным загрязнением кадмием на территориях, подверженных влиянию горных предприятий, на основании теоретических и экспериментальных исследований выбран клевер (*Trifolium repens*) – основной структурообразующий вид фитоценоза. Для уменьшения попадания кадмия в гидросферу предлагается осуществлять доочистку сточных вод полыми стеклянными микросферами. Загрязнение кадмием в

Сибайском горнопромышленном районе уже распространено на большую площадь, и для снижения его концентрации в корнеобитаемом слое почвы рекомендовано совмещение мероприятий *предупредительного и восстановительного характера* путем применения искусственного геохимического барьера, с использованием микрокремнезема, обладающего развитой кремнекислородной поверхностью.

**Основная научная идея работы** заключалась в совмещении мер по ограничению попадания кадмия в природную водную среду и снижению его подвижности в педосфере в зоне гипергенеза эксплуатируемых медно-цинковых колчеданных месторождений.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

1) раскрыты взаимосвязи между процессами миграции кадмия с рудничными водами и накоплением его в почвенном покрове. Диссертантом определено, что пролонгированный транзит кадмия в гидросферу осуществляется устойчиво метаморфизованными по анионно-катионному и микроэлементному составу сточными водами в гидросферу горнопромышленного региона;

2) обоснован механизм загрязнения корнеобитаемого слоя почв кадмием с участием техногенных вод в контуре и за пределами депрессионной воронки. Определены пределы толерантности основного структурообразующего вида фитоценоза *Trifolium repens* к избыточному содержанию кадмия и цинка в технозомах. Автором диссертационной работы на базе теоретических и эмпирических исследований показана эффективность применения полых стеклянных микросфер в качестве сорбента для доочистки сточных вод горно-обогатительного предприятия от кадмия и применения геохимического барьера для снижения загрязненности почв.

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка терминов, библиографического списка. Полный объем диссертации составляет 126 страниц и содержит 32 рисунка, 29 таблиц, библиографический список из 180 наименований.

**В первой главе** охарактеризованы источники загрязнения природных водных объектов кадмием на примере месторождений колчеданных руд. При анализе геохимической связи кадмия и цинка определен основной источник загрязнения окружающей среды кадмием в горнопромышленных регионах – горные предприятия, разрабатывающие гидротермальные сульфидные месторождения. Определены основные аспекты токсичного взаимодействия кадмия и цинка на компоненты природной среды: высокая биохимическая и

физиологическая активности, адсорбционные способности, подвижность в почве и др. Дан анализ методов традиционных методов предупреждения и ликвидации загрязнения горнопромышленного региона кадмием.

**Во второй главе** исследовано распространение кадмия в депонированных средах горных предприятий на примере Учалинского ГОКа. Изучен характер и формы нахождения кадмия в пробах воды и донных отложений водных объектов в районе техногенного воздействия Сибайского филиала Учалинского ГОКа. Установлено, что массовая доля Cd коррелируется с процентным содержанием фракций в илах и характерна для очень тонких фракций крупностью менее 10 мкм. Исследованиями выявлено, что почва в отдельных участках изучаемой территории загрязнена кадмием до 12-ти и более ПДК, что может привести к полной деградации почвенных покровов, прилегающей к месторождению местности. Предложен комплекс предохранительных и восстановительных природоохранных мероприятий по локализации и ликвидации загрязнения кадмием.

**Третья глава** посвящена исследованию фаз кадмия и цинка в природно-техногенных водах. Проведено физико-математическое моделирование состава растворов, приближенных к отходам добычи и переработки медно-цинковых колчеданных руд, в присутствии известняка и кварца. Определены концентрации и формы нахождения кадмия и цинка в техногенном растворе. Установлено, что основными формами нахождения цинка в растворе при заданных соотношениях «вода-порода» являются  $Zn^{2+}$ ,  $Zn(SO_4)_2^{2-}$ ,  $ZnOH$ , а кадмия –  $Cd^{2+}$ ,  $Cd(SO_4)_2^{2-}$ ,  $CdHS^+$ . Показана корреляционная зависимость между концентрациями кадмия и цинка от температуры: соотношение концентраций  $Zn^{2+}/Cd^{2+}$  в водах зоны гипергенеза уменьшается в растворах при увеличении температуры образования рудных вод и изменении pH в диапазоне от 5,2 до 6,7.

**В четвертой главе** изложены результаты исследования процесса очистки рудничных вод от ионов кадмия сорбцией полыми стеклянными микросферами, керамическими микросферами, метакаолином и микрокремнеземом. Отмечено, что сорбционная способность материала зависит от поверхностного заряда. В результате проведенных исследований диссертантом подобраны наиболее эффективные сорбенты для адсорции кадмия в широком диапазоне значений pH – полные стеклянные микросферы.

**В пятой главе** приведен и обоснован перечень мероприятий по обеспечению экологической безопасности и обезвреживанию металлоносных вод. Автор отмечает, что эффективность ликвидации загрязнения кадмия поверхностных водотоков в зоне воздействия горных предприятий

повышается цифровизацией процедуры выбора методов и компоновки технологии очистки вод от загрязнений. Подробно показана целесообразность применения искусственных геохимических барьеров, способствующих снижению интенсивности загрязнения почвы и малых рек.

Автор акцентирует внимание на современном рациональном подходе к обезвреживанию металлоносных вод горнопромышленных вод с учетом специфики добычи и переработки конкретного предприятия.

По работе имеются следующие **замечания**:

1. В материалах диссертации не приведены расчеты экономических затрат предлагаемых мероприятий по доочистке сточных вод от кадмия, проведению биомониторинга и созданию геохимического барьера.
2. Не проведено исследование химического состава пророщенных семян *Trifolium repens* на предмет опасности потребления тяжелых металлов животными.
3. Не описан способ утилизации и (или) режим регенерации предложенного сорбента после цикла сорбции и исчерпания сорбционной емкости. Для практической реализации предлагаемых в диссертации решений вопрос утилизации отработанных сорбентов является важным.
4. Какие ограничения существуют для применения, представленного в работе алгоритма создания технологической цепочки для очистки вод? Для каких загрязнений, типов вод и методов очистки этот алгоритм может быть использован?

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку данной диссертационной работы, выполненной на высоком научном и экспериментальном уровне. Представленная диссертация является законченной научно-исследовательской работой.

**Достоверность результатов.** Полученные автором данные, выводы и рекомендации подтверждаются: согласованностью выводов теоретического анализа и данных эксперимента; использованием современных средств компьютерного моделирования и проведения исследований; применением стандартных достоверных и аттестованных методик сбора, подготовки, анализа проб и выполнения измерений; применением аппаратуры с высокими метрологическими характеристиками.

**Практическая значимость работы.** Четыре главы диссертации (2-4) содержат выводы и рекомендации, позволяющие адаптировать научные результаты к практической реализации. Практическая значимость работы заключается в оценке состояния природных поверхностных водных объектов на водосборных территориях в зоне влияния горного производства в сравнении с фоновыми территориями, предложенном способе

биомониторинга, заключающегося в определении путей распространения загрязнения кадмием в почвенном покрове по всхожести клевера, высаженного по определенной схеме, обосновании метода очистки техногенных вод и выборе эффективного сорбента, предложенных мероприятиях по предупреждению миграции кадмия в депонированных средах и цифровизации процедуры выбора методов и технологической схемы очистки вод.

**Автореферат** полностью отражает содержание диссертации. Основные результаты исследований изложены в 21 научной публикации, из них: в рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ изданиях – 4, зарегистрирована 1 программа для ЭВМ. Материалы были представлены на отечественных и международных научных симпозиумах, и не вызывают сомнения в научной зрелости диссертанта и эффективности предлагаемых положений и технологических рекомендаций.

Диссертация написана хорошим научно-техническим языком, составлена и оформлена в соответствии с требованиями ВАК Минобрнауки РФ.

По своему содержанию работа Стефунько М.С. соответствует паспорту научной специальности 25.00.36 – Геоэкология (горно-перерабатывающая промышленность): п. 3.2 – Изучение влияния абиотических факторов горно-перерабатывающей отрасли на живые организмы в природных и лабораторных условиях с целью установления пределов толерантности и оценки устойчивости организмов к техногенному воздействию при обосновании и создании новых экологически безопасных технологий, и п.3.11 – Инженерная защита экосистем, прогнозирование, предупреждение и ликвидация последствий загрязнения окружающей среды при строительстве, консервации и ликвидации горных и горно-обогатительных предприятий.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям «Положения и присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемых к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.36 – Геоэкология (горно-перерабатывающая промышленность). Автор диссертации, **Стефунько Мария Сергеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.36 – Геология (горно-перерабатывающая промышленность).**

Отзыв на кандидатскую диссертацию и автореферат был рассмотрен и одобрен на заседании технологической секции Ученого совета ВИМСа (протокол № 14 от «23» августа 2019 г.).

Заведующий технологическим отделом  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения «Всероссийский  
научно-исследовательский институт  
минерального сырья им. Н.М.Федоровского»  
(ФГБУ «ВИМС»),  
кандидат химических наук

Ануфриева Светлана Ивановна

119017, Москва, Старомонетный пер., д.31  
Телефон: +7 (495) 950-35-85  
e-mail: anufrieva@vims-geo.ru

Ведущий научный сотрудник технологического отдела  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения «Всероссийский  
научно-исследовательский институт  
минерального сырья им. Н.М.Федоровского»  
(ФГБУ «ВИМС»),  
кандидат технических наук

Лихникевич Елена Германовна

119017, Москва, Старомонетный пер., д.31  
Телефон: +7 (495) 950-35-16  
e-mail: likhnikееvich@mail.ru



### **Сведения о ведущей организации**

по диссертации Стефунько М.С.

на тему «Обоснование методов предупреждения и ликвидации загрязнения  
горнопромышленного региона кадмием»

по специальности 25.00.36 – Геоэкология (горно-перерабатывающая промышленность)

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Полное наименование организации в соответствии с уставом	Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского»
Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом	ФГБУ «ВИМС»
Ведомственная принадлежность	Федеральное агентство по недропользованию – Роснедра
Почтовый индекс, адрес организации	119017, г. Москва, Старомонетный пер., д. 31
Веб-сайт	<a href="http://www.vims-geo.ru">www.vims-geo.ru</a>
Телефон	(495) 951-50-43
Адрес электронной почты	<a href="mailto:vims@vims-geo.ru">vims@vims-geo.ru</a>
Список основных публикаций сотрудников организации за последние пять лет по теме диссертации	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Иванков С.И., Пирогов Б.И., Петкевич Д.Г. Экологически малонапряженные комбинированные технологии обогащения комплексных полиметаллических руд, содержащих благородные металлы // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2015. № 1. С. 2-120.</li> <li>2. Кузькин В.И. Влияние техногенных процессов на инженерно-геологические и геоэкологические условия эксплуатации месторождений // Разведка и охрана недр. 2016. № 1. С. 71-72.</li> <li>3. Иванков С.И., Петкевич-Сочнов Д.Г. Пути решения экологических проблем инновационных технологий обогащения различных видов минерального сырья // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2016. № 2. С. 2-121.</li> <li>4. Лихникевич Е.Г., Пермякова Н.А., Сычева Н.А. Особенности поведения марганца и редкоземельных элементов при гидрометаллургической переработке комплексных редкометалльно-редкоземельных руд // Разведка и охрана недр. 2016. № 7. С. 51-54.</li> <li>5. Россман Г.И., Королева Н.Л. Прогнозная оценка степени заболеваемости населения от экологического воздействия объектов минерально-сырьевого комплекса // Разведка и охрана недр. 2016. № 6. С. 51-59.</li> <li>6. Иванков С.И., Бугриева Е.П., Любимова Е.И. Проблема осуществления экологизированной технологии флотации бериллиевых руд и пути ее решения // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2017. № 4. С. 107-134.</li> <li>7. Иванков С.И., Пирогов Б.И., Любимова Е.И. Пути снижения экологической нагрузки при флотационном обогащении комплексных молибденовых руд // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2017. № 4. С. 72-106.</li> </ol>

8. Троицкий А.В., Петкевич-Сочнов Д.Г., Ануфриева С.И., Луговская И.Г. Новые тенденции технологических исследований глубоководных полиметаллических сульфидов // Разведка и охрана недр. 2018. № 5. С. 53-59.
9. Курков А.В., Ануфриева С.И., Лихникевич Е.Г., Рогожин А.А. Комплекс современных технологических решений переработки сподуменовых руд // Разведка и охрана недр. 2018. № 9. С. 44-52.
10. Ожогина Е.Г., Котова О.Б., Якушина О.А. Горнопромышленные отходы: минералогические особенности // Вестник института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. 2018. № 6 (282). С. 43-49.
11. Ануфриева С.И., Быховский Л.З., Лихникевич Е.Г., Пермякова Н.А. Природные и техногенные источники получения функциональных материалов на основе редких земель и скандия // Труды Кольского научного центра РАН. 2018. Т. 9. № 2-1. С. 118-121.
12. Пермякова Н.А., Лысакова Е.И., Ануфриева С.И., Лихникевич Е.Г. Поведение редкоземельных металлов при гидрометаллургической переработке пирохлор-монацит-гётитовых руд // Тонкие химические технологии. 2018. Т. 13. № 3. С. 64-71.
13. Ануфриева С.И., Лихникевич Е.Г. Технологические проблемы комплексной переработки руд Томторского рудного поля // Труды Кольского научного центра РАН. 2018. Т. 9. № 2-1. С. 115-117.

Генеральный директор  
ФГБУ «ВИМС»

«22» апреля 2019 г.  
М.П.



*Г.А. Машковцев*  
Г.А. Машковцев