

## **ОТЗЫВ**

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

Представленная на отзыв диссертационная работа Ульриха Дмитрия Владимировича состоит из введения, шести глав, заключения и списка литературы. Текст изложен на 361 странице, иллюстрирован 180 рисунками, содержит 73 таблицы и список использованных источников в количестве 396 наименований. Приложения включают в себя справки о практической реализации результатов диссертационной работы, акты о внедрении, патенты.

### **Актуальность темы**

Российская Федерация обладает уникальными по количеству и разнообразию минерально-сырьевыми ресурсами. Вместе с тем, негативное воздействие горно-перерабатывающего производства на окружающую среду приобрело в горнопромышленных регионах устойчивый характер. К таким регионам относится Южный Урал, где имеется более 20 месторождений медных руд и работают обогатительные фабрики, образованные в основном еще в эпоху Российской империи и СССР – Учалинская, Сибайская, Бурибайская, Медногорская и Карабашская.

Принцип экологизации горно-перерабатывающего производства предусматривает комплекс научно-исследовательских и организационно-хозяйственных мероприятий, направленных на воспроизводство земельных, минеральных и водных ресурсов. Создание ресурсо- и энергосберегающих технологий восстановления техногенно нарушенных территорий с учетом региональных особенностей является важной народно-хозяйственной задачей и соответствует приоритетному направлению развития науки, технологий и техники в Российской Федерации – «Рациональное природопользование».

В этой связи тема представленной на отзыв диссертации актуальна как в научном, так и прикладном отношении.

## **Обоснованность и достоверность защищаемых научных положений и выводов диссертации**

Все защищаемые научные положения и выводы диссертации Д.В. Ульриха имеют под собой теоретическую и экспериментальную основу.

Научные положения, выводы и рекомендации работы основаны на результатах полевых, лабораторных и опытно-промышленных исследований с привлечением комплекса современных физических и физико-химических методов, применением аттестованных методик, использованием трехмерного моделирования, ГИС-технологии, подтверждаются корректной статистической обработкой результатов, актами опытно-промышленных испытаний, внедрениями на территории обогатительной фабрики АО «Карабашмедь», в проекты предприятий ООО НПО «РОСГЕО» и ООО «ЮжУралНИИВХ», а также ожидаемым эколого-экономическим эффектом.

Результаты работы Д.В. Ульриха в достаточной мере апробированы: доведены до сведения широкой научной общественности и обсуждены на многих представительных национальных и международных конференциях, симпозиумах и семинарах.

Это позволяет рассматривать результаты диссертации как обоснованные и достоверные.

### **Новизна результатов диссертации**

Выявленные Д.В. Ульрихом закономерности позволили получить следующие наиболее существенные результаты, определяющие научную новизну диссертационной работы:

1. Впервые установлены импактные зоны загрязнения от источника эмиссии за счет миграции в гидросферу, педосферу и атмосферу тяжелых металлов и других поллютантов из накопленных отходов горно-перерабатывающей промышленности мощностью от 4 до 20 км. Выявлены тенденции геохимической миграции и динамики накопления тяжелых металлов в объектах окружающей среды.

2. Впервые на основе природных материалов получен композитный сорбент для интенсивного извлечения из сточных вод  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ . Сорбционная емкость композитного сорбента в 1,6 раза превышает показатели моносорбентов, входящих в состав композита.

3. Научно обоснованы и экспериментально определены оптимальные режимы биоаккумуляции ионов тяжелых металлов макрофитами в зависимости от pH, температуры, концентрации металлов, плотности посадки и других параметров. Предложены технологические решения фитотехнологии очистки сточных 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/м<sup>2</sup>.

4. Подробно изучены закономерности фитоэкстракции тяжелых металлов из загрязненных почв и поверхностных стоков растениями-биоаккумуляторами с коэффициентом обогащения от 2,3 до 52,5 в зависимости от концентрации металлов в почве и стоках. Установлено, что металлы концентрируются преимущественно в наземной части растений, могут быть извлечены и использованы после сжигания и последующей обработки.

5. Для целей технологии рекультивации хвостохранилищ впервые предложен грунтобетон на основе медеплавильного гранулированного шлака, цемента, глины и воды.

6. 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.

7. Впервые предложена аналитическая методика комплексной оценки потенциальной эффективности разработанных технологий восстановления техногенно-нарушенных территорий для прогнозирования результатов воздействия различных сочетаний релевантных технологических параметров с использованием инструментов теории нечетких множеств.

Таким образом, полученные Д.В. Ульрихом результаты открывают возможности и показывают перспективы разработки энерго- и ресурсосберегающих технологий очистки сточных вод, почв и атмосферного воздуха до уровня приемлемого экологического риска.

### **Практическое значение диссертации**

Практическое значение диссертации Д.В. Ульриха очевидно и заключается в создании и промышленном внедрении новых технологий, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды на территориях эксплуатации, консервации и ликвидации предприятий по добыче и переработке медных руд.

Д.В. Ульрихом разработана и защищена патентом комплексная технология восстановления загрязненных территорий с использованием растений-биоаккумуляторов и сорбционно-габионных модулей.

Автором запатентована технология очистки поверхностных сточных вод с водосборной территории предприятий на основе фиторемедиационных очистных сооружений.

Д.В. Ульрихом предложена технология рекультивации хвостохранилищ с применением композитов и биополотна, обеспечивающая консервацию техногенных намывных грунтов.

Автором созданы композитный сорбент из смеси глауконита, вспученного перлита и вспученного вермикулита и грунтобетон из смеси медеплавильного шлака, цемента, глины и воды.

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

Основные результаты диссертационной работы использованы при организации учебного процесса студентов профильных специальностей в ВУЗах.

### **Замечания**

По диссертационной работе Д.В. Ульриха имеются следующие вопросы и замечания, которые, однако, не затрагивают сути научных положений и основных выводов.

1. В таблице 2.8 (с.66) приведены пределы прочности при сжатии композитов в различные сроки твердения при различных соотношениях цемента и глины. В каких единицах определена прочность? Если в МПа, то прочность избыточна и можно было бы уменьшить содержание цемента, снизив тем самым стоимость рекультивации.

2. На с.108 диссертации отмечено, что процессы выщелачивания тяжелых металлов из отходов добычи и обогащения руд исследовали методом лабораторного моделирования, однако не представлены условия проводившихся экспериментов.

3. При описании на с.119-120 отвальных гранулированных шлаков Карабаша автор отмечает, что степень их кристаллизации составляет 85-90 %. Такая степень кристаллизации нехарактерна для гранулированных шлаков, что и подтверждает приведенная на рис. 3.32 дифрактограмма, вид которой свидетельствует о наличии большого количества рентгеноаморфной фазы – стекла, образовавшегося при быстром охлаждении шлакового расплава.

4. С учетом плотной структуры гранул (с.119) и их состава интерпретация автором низкотемпературного эндотермического эффекта при анализе дериватограммы шлака на с.121 диссертации как обусловленного



выделением адсорбированной и межслоевой воды также представляется ошибочной.

5. На территориях с «полным» технологическим циклом источником дополнительного загрязнения территорий являются металлургические шлаки, однако на схеме (рис. 3.34, с.122) они не представлены.

6. Каковы были условия термической обработки для получения вспученного вермикулита? От температуры и режима обжига зависят свойства, в том числе и сорбционные, получаемого материала. То же относится и к вспученному перлиту.

7. На с.165 диссертации утверждается, что дробленый антрацит имеет высокие значения удельной поверхности и пористости, а зола и древесная щепа характеризуются низкими показателями. Однако это утверждение автора противоречит данным таблицы 4.2. на с.147.

8. На рис. 6.6 (с.258) представлен композитный сорбент для сорбционно-габионных модулей. Какие размеры получаемых брикетов (гранул), какова технология их приготовления?

### **Общая оценка диссертации**

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, обладающую внутренним единством содержания, и оценивается положительно. Диссертационная работа соответствует пунктам 3.1, 3.3 и 3.10 Паспорта специальности 25.00.36 – геоэкология (горно-перерабатывающая промышленность).

Диссертация Д.В. Ульриха является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований дано решение крупной актуальной научно-практической проблемы теоретического обоснования и разработки 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 пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (в редакции постановления Правительства РФ от 24.09.2013 №842), предъявляемых ВАК при Минобрнауки России к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

Автореферат соответствует структуре и содержанию диссертационной работы.

Основные ее положения раскрыты в 92 работах, в том числе в 1 монографии, 21 статье в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК,

15 статьях в изданиях, входящих в базы Scopus и Web of Science. Получено 3 патента РФ на изобретение.

Автор диссертации, Ульрих Дмитрий Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.36 – геоэкология (горно-перерабатывающая промышленность).

Официальный оппонент

Директор Института проблем промышленной экологии Севера

- обособленного подразделения ФГБУН ФИЦ

«Кольский научный центр РАН»,

доктор технических наук

Макаров Дмитрий Викторович

184209, Мурманская обл., г. Апатиты

мкр. Академгородок, 14а, ИППЭС КНЦ РАН,

(81555)79337, [makarov@inep.ksc.ru](mailto:makarov@inep.ksc.ru)

25.00.13 – Обогащение полезных ископаемых

25.00.36 – Геоэкология

Подпись Д.В. Макарова удостоверяю

Ученый секретарь ИППЭС КНЦ РАН

кандидат биологических наук

Вандыш Оксана Ивановна

«24» сентября 2020 г.





### Сведения об официальном оппоненте

Фамилия, имя, отчество	Макаров Дмитрий Викторович
Ученая степень	доктор технических наук
Шифр и название научной специальности, по которой защищена диссертация	25.00.13 «Обогащение полезных ископаемых» 25.00.36 «Геоэкология (в горно-перерабатывающей промышленности)»
Ученое звание	доцент
Полное наименование организации, являющейся основным местом работы	Институт проблем промышленной экологии Севера - обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН»
Занимаемая должность с указанием структурного подразделения	директор
Адрес места работы, телефон, электронная почта	184209, Мурманская область, г. Апатиты, мкр. Академгородок, 14а, Тел. 881555 79564, 881555 79337 e-mail: makarov@inep.ksc.ru

#### Список публикаций по профилю рассматриваемой диссертации:

1. Амосов П.В., Бакланов А.А., Макаров Д.В., Маслобоев В.А. Результаты оценки загрязнения атмосферы в зависимости от скорости ветрового потока и площади пыления методом численного моделирования // Известия вузов. Горный журнал. 2020. №5. С.80-89.
2. Suvorova O.V., Selivanova E.A., Mikhailova J.A., Masloboev V.A., Makarov D.V. Ceramic products from mining and metallurgical waste // Applied Sciences. 2020. V.10. N10. 3515; doi:10.3390/app10103515.
3. Светлов А.В., Припачкин П.В., Маслобоев В.А., Макаров Д.В. Классификация некондиционных медно-никелевых руд и техногенных минеральных образований по их экологической опасности и пригодности к гидрометаллургической переработке // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2020. Т.56. №2. С.128-136.
4. Krasavtseva E., Svetlov A., Goryachev A., Makarov D., Masloboev V. Removal of fluoride ions from the mine water // Journal of the Polish Mineral Engineering Society (Inzynieria Mineralna). 2020. N1(45). V.2. P.71-74.
5. Nevskaya M.A., Seleznev S.G., Masloboev V.A., Klyuchnikova E.M., Makarov D.V. Environmental and business challenges presented by mining and mineral processing waste in the Russian Federation // Minerals. 2019. V.9. 445; doi:10.3390/min9070445.
6. Minenko V., Denisova Ju., Samusev A., Makarov D. Non-ferrous metal sorbents based on waste and side products of mineral beneficiation plants // Journal of the Polish Mineral Engineering Society (Inzynieria Mineralna). 2019. N1(42). P.99-104.
7. Лавриненко А.А., Макаров Д.В., Саркисова Л.М., Глухова Н.И.,



Шрадер Э.А., Кузнецова И.Н. Влияние содержащих диизобутилдитиофосфинат собирателей на флотацию сульфидов и металлов платиновой группы из медно-никелевой руды // Известия ВУЗов. Цветная металлургия. 2019. №1. С.4-15.

8. Суворова О.В., Макаров Д.В. Пеностекла и пеноматериалы на основе золошлаковых отходов теплоэлектростанций // Стекло и керамика. 2019. №5. С.33-39.

9. Masloboev V.A., Seleznev S.G., Svetlov A.V., Makarov D.V. Hydrometallurgical processing of low-grade sulfide ore and mine waste in the Arctic regions: perspectives and challenges // Minerals. 2018. V.8. 436; doi:10.3390/min8100436.

10. Chanturiya V.A., Minenko V.G., Makarov D.V., Suvorova O.V., Selivanova E.A. Advanced techniques of saponite recovery from diamond processing plant water and areas of saponite application // Minerals. 2018. V.8. 549; doi:10.3390/min8120549.

11. Маслбоев В.А., Светлов А.В., Кони́на О.Т., Митрофанова Г.В., Туртанов А.В., Макаров Д.В. Выбор связующих реагентов для предотвращения пылеобразования на хвостохранилищах переработки апатит-нефелиновых руд // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2018. №2. С.161-171.

12. Иванова Л.А., Горбачева Т.Т., Макаров Д.В., Румянцева А.В. Некоторые аспекты физико-химического и биологического методов консервации хвостохранилищ апатито-нефелинового производства на Крайнем Севере // Гидротехническое строительство. 2018. №12. С.20-25.

13. Suvorova O., Kumárova V., Nékipelov D., Selivanova E., Makarov D., Masloboev V. Construction ceramics from ore dressing waste in Murmansk region, Russia // Construction and Building Materials. 2017. V.153. P.783-789.

14. Chanturiya V., Minenko V., Suvorova O., Pletneva V., Makarov D. Electrochemical modification of saponite for manufacture of ceramic building materials // Applied Clay Science. 2017. V.135. P.199-205.

Совместных публикаций с соискателем не имею. Не являюсь членом экспертного совета ВАК.

Директор Института проблем  
промышленной экологии Севера  
- обособленного подразделения  
ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр РАН»,  
доктор технических наук

Макаров Дмитрий Викторович