

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ГУ.7
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА (ДОКТОРА) НАУК
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 21.06.2023 № 8

О присуждении Харько Полине Александровне, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Ликвидация последствий загрязнения малых природных водотоков в зоне воздействия техногенных массивов минерально-сырьевого комплекса» по специальности 1.6.21. Геоэкология принята к защите 17.04.2023 г., протокол заседания № 4, диссертационным советом ГУ.7 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-Петербург, линия 21-я В.О., дом 2, приказ ректора Горного университета о создании диссертационного совета от 06.02.2023 г. № 155 адм.

Соискатель, **Харько Полина Александровна**, 29 апреля 1996 года рождения, в 2019 году с отличием окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность.

С 2019 года по настоящее время является аспирантом очной формы обучения на кафедре геоэкологии в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре геоэкологии в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Пашкевич Мария Анатольевна**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», кафедра геоэкологии, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Качурин Николай Михайлович – доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет»,

кафедра геотехнологий и строительства подземных сооружений, заведующий кафедрой;

Антонинова Наталья Юрьевна – кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория экологии горного производства, заведующая лабораторией; дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **научно-производственная корпорация «Механобр-техника» (акционерное общество)**, г. Санкт-Петербург в своем положительном отзыве, подписанном **Устиновым Иваном Давыдовичем**, доктором химических наук, профессором, руководителем Научно-образовательного центра и **Черкасовой Маргаритой Викторовной**, кандидатом технических наук, заведующей научно-технологическим отделом производственно-конструкторской службы, секретарем заседания и утвержденном **Медведевым Андреем Валерьевичем**, генеральным директором, указала, что теоретическая новизна работы заключается в установлении новых физико-химических закономерностей очистки сточных и дренажных вод термически модифицированными ТКО. Практическая значимость работы заключается в достижении положительного эффекта очистки и нейтрализации кислых дренажных вод хвостохранилищ обогатительных фабрик с одновременным удачным техническим решением по утилизации термически модифицированных твердых коммунальных отходов (ТКО).

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ, 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.

Общий объем – 5,5 печатных листов, в том числе 3,2 печатных листа - соискателя.

Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук:

1. Харько П.А. Оценка воздействия медно-колчеданных месторождений на формирование минерального состава донных отложений

малых рек / П.А. Харько, А.С. Плохов // Вестник Евразийской науки. – 2019. – Т.11. – № 6. – С. 1-9. (ВАК № 307 ред. 21.11.2019).

Соискателем проведены исследования о степени влияния горнопромышленных производств на заиливание рек, проведен мониторинг и анализ проб донных отложений реки. Определен механизм образования и накопления металлов в техногенных наносах.

2. Харько П.А. Возможность применения геохимических барьеров на основе известняка для очистки подотвальных вод от металлов / П.А. Харько, Р.Р. Нуреев // Вестник Евразийской науки. – 2020. – Т.12. – № 6. – С. 1-9. (ВАК № 345 ред. 25.12.2020).

Соискателем проведены научно-практические исследования применения карбонатных материалов для загрузки искусственного геохимического барьера в качестве нейтрализатора кислых подотвальных вод и сорбента тяжелых металлов.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

3. Pashkevich, M.A. The use of a composite mix to remove metals from acidic drainage waters at tailings facilities / Pashkevich M.A., Kharko P.A. – DOI: 10.17580/or.2022.04.07 // Obogashchenie Rud. – 2022. – № 4. – PP. 40-47 // Obogashchenie Rud. – 2022. – № 4. – PP. 40-47. (Пашкевич, М.А. Применение композитной смеси для очистки кислых дренажных вод хвостового хозяйства от металлов / М.А. Пашкевич, П.А. Харько – DOI: 10.17580/or.2022.04.07 // Обогащение руд. – 2022. – № 4. – С. 40-47).

Соискателем обоснована необходимость очистки кислых дренажных вод сульфидных техногенных массивов. Проведены экспериментальные исследования по очистке модельного раствора природными и техногенными реагентами, а также их композициями. Определено их оптимальное соотношение и время осаждения взвешенных веществ до допустимой концентрации. Представлен анализ возможных решений актуальных задач при использовании отходов сжигания ТКО в качестве альтернативных реагентов для нейтрализации и очистки кислых дренажных вод от металлов.

4. Kharko, P.A. Bottom Sediments in a river under acid and alkaline wastewater discharge / Kharko P.A., Matveeva V.A. – DOI: 10.12912/27197050/134870 // Ecological Engineering & Environmental Technology. – 2021. – № 22(3). – PP. 35-41 // Ecological Engineering & Environmental Technology. – 2021. – № 22(3). PP. 35-41. (Харько, П.А. Донные отложения в реке при сбросе кислых и щелочных сточных вод / П.А. Харько,

В.А. Матвеева – DOI: 10.12912/27197050/134870 // Экологическая инженерия и экологические технологии. – 2021. – № 22(3). – С. 35-41).

Соискателем проведены исследования о влиянии горнодобывающих и горно-перерабатывающих предприятиях на состояние малых природных водотоков. Описан процесс образования техногенных геохимических барьеров в местах резкой смены окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий в речной воде, что приводит к образованию и осаждению гидроксидов металлов.

5. Plokhov, A.S. Effect of tailings storage facility on surface water at copper-pyrite deposit / Plokhov A.S., Kharko P.A., Pashkevich M.A. – DOI: 10.25018/0236_1493_2021_4_0_57 // Mining Informational and Analytical Bulletin. – 2021. – № 4. – С. 57-68. (Плохов, А.С. Исследование влияния хвостового хозяйства медно-колчеданного месторождения на поверхностные воды / А.С. Плохов, П.А. Харьков, М.А. Пашкевич – DOI: 10.25018/0236_1493_2021_4_0_57 // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 4. – С. 57-68).

Соискателем проведены научно-практические исследования применения различных щелочных реагентов и их смесей для нейтрализации и очистки модельного раствора от металлов; оценка величины вымываемости металлов из полученного в результате моделирования осадка.

Публикации в прочих изданиях:

6. Харьков П.А. Анализ возможности использования ионообменной смолы для очистки воды от ионов меди, цинка, железа, алюминия и марганца / П.А. Харьков // Сборник научных трудов II международной научно-практической конференции «Измерительная техника и технологии контроля параметров природных и техногенных объектов минерально-сырьевого комплекса», Санкт-Петербург, СПбГУ. – 2019. – С. 39-41.

Соискателем проведены лабораторные эксперименты по очистке модельного раствора воды от металлов с применением катионита. Получены результаты эффективности очистки, а также установлено время «проскока» металлов ввиду недостаточности катионита для заданных концентраций металлов.

7. Харьков П.А. Обоснование применения и разработка комплекса мероприятий по защите природных вод в районе расположения хвостовых хозяйств на примере горно-обогатительных комбинатов Южного Урала / П.А. Харьков, Д.А. Бабенко // Московский экономический журнал. – 2019. – №9. – С.113-124.

Соискателем определены водорастворимые и подвижные формы, а также валовое содержание металлов в донных отложениях. Определены наиболее загрязненные участки реки и обоснованы причины.

8. Харько П.А. Изучение воздействия медно-колчеданных месторождений на химический и минералогический состав донных отложений малых рек / П.А. Харько // Сборник тезисов XVIII Всероссийской конференции-конкурса студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования», Санкт-Петербург, СПГУ. – 2020. – С. 375

Соискателем описан план мониторинга воды и донных отложений реки в зонах воздействия сульфидных техногенных массивов. Предложено мероприятие по снижению негативной нагрузки на реку.

9. Пашкевич, М.А. Трансформация состава аллювиальных отложений в зоне воздействия техногенных массивов, формирующихся при добыче и переработке медно-колчеданных руд / М.А. Пашкевич, П.А. Харько // Сборник тезисов докладов X Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные направления в проектировании горнодобывающих предприятий: эффективное освоение месторождений полезных ископаемых», Санкт-Петербург, СПГУ. – 2020. – С. 61-62.

Соискателем описаны кислотно-щелочные условия реки, проведена оценка качественного состава воды реки на различных участках. Описано влияние рН на образование техногенных геохимических барьеров и последствия заболачивания малых природных водотоков.

10. Харько П.А. Изучение воздействия медно-колчеданных месторождений на химический и минералогический состав донных отложений малых рек / П.А. Харько // Материалы XXI Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени выдающихся химиков Л.П. Кулева и Н.М. Кижнера, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Стромберга, Томск, Томский политехнический университет. – 2020. – С. 501-502.

Соискателем описан минералогический состав образца, взятого с участка реки, характеризующегося как техногенный щелочной геохимических барьер. Предложено мероприятие по ликвидации последствий накопления загрязняющих веществ на данном участке и способ утилизации донных отложений с целью сохранности полезных компонентов.

11. Нуреев Р.Р. Мониторинг, оценка и возможные направления снижения негативного воздействия отходов обогащения медных руд на компоненты природной среды / Р.Р. Нуреев, П.А. Харько // Сборник тезисов докладов IV Международной научно-практической конференции «Горное

дело в XXI веке: Технологии, наука, образование», Санкт-Петербург, СПГУ. – 2021. – С. 154.

Соискателем описано влияние на экологическую обстановку зон накопления отходов производства по добыче и переработке сульфидных руд.

Патент:

12. Патент № 27799492 Российская Федерация, МПК C02F 1/62 (2006.01), C02F 1/66 (2006.01), C02F 1 03/1 6 (2006.01). Способ очистки подотвальных вод от ионов железа и меди: № 2022104784: заявл. 24.02.2022: опубл. 06.09.2022 / Смирнов Ю.Д., **Харько П.А.**, Пашкевич М.А.; заявитель СПГУ. – 13 с.: 1 ил.

Соискателем проведен патентный поиск аналогов и прототипов разработанному способу. Проведена серия экспериментов с различными карбонатными отходами производства и вариациями их крупности по очистке модельного раствора от ионов железа и меди. Описан способ очистки подотвальных вод от ионов железа и меди.

Апробация работы проведена на всероссийских и международных научно-практических мероприятиях, где обсуждались основные положения и результаты исследований диссертационной работы:

1. XVIII Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (апрель 2020 года, г. Санкт-Петербург);

2. XXI Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке» имени выдающихся химиков Л.П. Кулева и Н.М. Кижнера, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Стромберга (сентябрь 2020 года, г. Томск);

3. X Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные направления в проектировании горнодобывающих предприятий: эффективное освоение месторождений полезных ископаемых» (октябрь 2020 года, г. Санкт-Петербург);

4. IV Международная научно-практическая конференция «Горное дело в XXI веке: технологии, наука, образование» (октябрь 2021 года, г. Санкт-Петербург).

В диссертации **Харько Полины Александровны** отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от: проректора по научной работе ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет

путей сообщения Императора Александра I», заведующей кафедрой «Техносферная и экологическая безопасность», д.т.н., профессора **Т.С. Титовой**; главного специалиста отдела охраны окружающей среды АО «Механобр инжиниринг», к.т.н. **Д.А. Бабенко**; старшего научного сотрудника Института горного дела ДВО РАН, к.т.н. **М.Б. Бубновой** и главного научного сотрудника Дальневосточного НИИ лесного хозяйства «Рослесхоза» Минприроды РФ, д.б.н. **Л.Т. Крупской**; директора Центра энергосбережения и экологии ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», доцента кафедры Промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, к.т.н., **Ю.В. Сомовой**; начальника управления охраны окружающей среды АО «Полиметалл Управляющая Компания», к.т.н. **С.А. Лемановой**; доцента отделения геологии Национального исследовательского Томского политехнического университета, д.г.-м.н. **А.В. Таловской**; научного сотрудника лаборатории геоэкологии горнодобывающих регионов Горного института УрО РАН, к.т.н. **Н.Ф. Фетисовой**.

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность, степень проработки проблемы, научная новизна и практическая значимость выполненных исследований по снижению негативного воздействия загрязненных углеводородами почв на компоненты природной среды, однако, имеется ряд вопросов и замечаний:

1. В тексте автореферата не указаны требования к технической воде предприятия, остаточные концентрации металлов в очищенной воде, а также не отмечено, где и как будет осуществляться накопление очищенной воды (д.т.н. **Т.С. Титова**);

2. Почему на рис. 1 автореферата на участке 2 при добавлении дренажных вод с $pH=4$ в водоток с $pH=6-7$ образуется поток воды с $pH=7-8$? (к.т.н. **Д.А. Бабенко**);

3. Уточнить, будут ли стоки предполагаемого водоотводного канала поступать во временный накопитель воды самотёком при данном расположении на рельефе? (к.т.н. **Д.А. Бабенко**);

4. Целесообразно было бы указать в тексте автореферата требования к технической воде предприятий и каковы остаточные концентрации соединений тяжелых металлов в очищенной воде (к.т.н. **М.Б. Бубнова**, д.б.н. **Л.Т. Крупская**);

5. В автореферате не указаны способы доставки золы от сжигания ТКО и стоимость доставки с МСЗ №3 (к.т.н. **Ю.В. Сомова**);

6. При проведении экспериментальных исследований не установлена (не подтверждена) закономерность в зависимости от pH

перехода водорастворимых, а также подвижных форм металлов из донных отложений обратно в водную среду (к.т.н. С.А. Леманова);

7. Технология очистки кислых дренажных вод с хвостохранилища с использованием золы от сжигания твердых коммунальных отходов с содержанием активного СаО 5-8% позволяет достичь минимальных показателей, которые допустимы для воды для технологических нужд, но превышают нормативные показатели в случае сброса стоков в водный объект (к.т.н. С.А. Леманова);

8. Наличие фонового загрязнения в водном объекте не позволяет достичь по ряду показателей с учетом разбавления в контрольной точке предельно допустимых концентраций, что делает не возможным сброс в водный объект стоков с превышающими показателями после очистки с использованием золы от сжигания твердых коммунальных отходов с содержанием активного СаО 5-8% (к.т.н. С.А. Леманова);

9. В автореферате недостаточно подробно отражены методические основы для определения эколого-экономического эффекта предлагаемого мероприятия (к.т.н. С.А. Леманова);

10. Каковы фоновые значения для определения литохимических аномалий на территории исследования в первом защищаемом положении? (д.г-м.н. А.В. Таловская);

11. Недостаточно обоснована экологическая безопасность золы от сжигания ТКО для использования в качестве реагента. В частности, в автореферате говорится только о металлах, степень вымываемости которых из осадка реагентной очистки на 1-3 порядка ниже, чем из исходных отходов сжигания ТКО, в результате чего содержание металлов в воде, вероятно, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к технической воде, и достигает безопасных значений при сбросе части стока в период половодья. Однако, в работе отсутствуют сведения о высокотоксичных органических соединениях, имеющих более жесткие ПДК, которые могут выщелачиваться из золы и представлять опасность при поступлении обработанной воды в реку (к.т.н. Н.Ф. Фетисова);

12. Оптимальный для очистки сточных вод диапазон рН 8-9 выбран на основании кривой растворимости гидроксида марганца (II) (рис. 3), однако рН 9 также приводит к нежелательному растворению гидроксида алюминия и увеличению концентрации Al в растворе. В качестве рекомендации, исследование можно дополнить экспериментом с предварительным азрированием, которое способствует окислению марганца и последующему его осаждению до приемлемых концентраций в виде соединений Mn(III) и Mn(IV), в более низком диапазоне рН (к.т.н. Н.Ф. Фетисова).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований и публикаций по теме диссертационной работы и их компетенцией в данной области.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея, развивающая научную концепцию комплексной ликвидации накопленного вреда и предотвращения повторного загрязнения малого природного водотока в зоне воздействия сульфидсодержащих техногенных массивов;

предложены рекомендации по проведению ликвидации накопленного вреда реке Карагайлы путем гидромеханизированного изъятия и консолидации техногенно метаморфизованных донных отложений в геотубах;

доказана возможность сохранения потенциального минерального сырья в виде консолидированных осадков с содержанием до 0,56 % меди и до 0,44 % цинка;

предложены рекомендации по предотвращению повторного загрязнения реки Карагайлы путем включения в водооборот предварительно каптированных и очищенных кислых дренажных вод хвостохранилища Сибайского ГОК;

доказано, что очистка кислых дренажных вод предприятия для своих нужд позволит полностью прекратить забор речной воды;

предложен нетрадиционный подход к реагентному способу очистки загрязненных вод от металлов на основе использования в качестве реагента золы от сжигания твердых коммунальных отходов с содержанием активного СаО в диапазоне 5-8 %;

доказана перспективность использования предложенного реагента – золы от сжигания твердых коммунальных отходов – для экологически эффективной очистки кислых дренажных вод, формирующихся на территориях сульфидсодержащих хвостовых хозяйств.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказан механизм формирования техногенных гидро- и литохимических потоков загрязнения в реке Карагайлы в зоне воздействия сульфидсодержащих техногенных массивов Сибайского ГОКа с выявлением территорий и условий формирования техногенных геохимических барьеров;

применительно к проблематике диссертации результативно **использован** комплекс существующих базовых методов исследований, включающий: системный анализ источников и факторов техногенного

воздействия на воду и донные отложения в зоне воздействия Сибайского ГОКа; аналитические и экспериментальные исследования в полевых и лабораторных условиях с использованием приборной базы Научного центра «Экосистема» и Научно-образовательного центра коллективного пользования высокотехнологическим оборудованием Санкт-Петербургского горного университета (рентгенофлуоресцентная спектрометрия, порошковая рентгеновская дифракция, атомно-эмиссионная спектрометрия и высокоэффективная жидкостная хроматография); обработку полученных результатов лабораторных и экспериментальных исследований; анализ методов изъятия и обезвоживания техногенных наносов и промышленных методов очистки сточных дренажных вод от металлов;

изложены доказательства нейтрализующего потенциала золы от сжигания твердых коммунальных отходов, позволяющего использовать ее в качестве реагента для нейтрализации кислых вод и осаждения из них металлов;

изучены зависимости эффективности очистки модельных растворов кислых дренажных вод от ионов металлов от содержания активного СаО в составе реагента, представленного золой от сжигания твердых коммунальных отходов; количества вносимого реагента; времени контакта;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан и внедрен способ очистки подотвальных вод от ионов железа и меди (подтверждено патентом на изобретение № 2779420); результаты исследования приняты к использованию в проекте технической документации ООО «Компания «ГрандПроект» при разработке мероприятий по очистке сильно концентрированных сточных вод от металлов (получен акт о внедрении (использовании) результатов);

определены перспективы практического использования золы от сжигания твердых коммунальных отходов в качестве реагента для нейтрализации и очистки кислых дренажных вод хранилищ сульфидсодержащих отходов от металлов;

создана система практических рекомендаций по внедрению предлагаемого метода очистки кислых дренажных вод в существующие системы очистки на предприятиях по добыче и переработке сульфидных руд;

представлены методические рекомендации по дальнейшему использованию осадка, полученного в результате очистки кислых дренажных вод хвостового хозяйства от металлов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании, использованы апробированные методики измерения, реализованные на поверенном оборудовании в аккредитованной лаборатории моделирования экологической обстановки Научного центра «Экосистема» и в Научно-образовательном центре коллективного пользования высокотехнологическим оборудованием Санкт-Петербургского горного университета, показана высокая воспроизводимость результатов в различных условиях;

теория построена на проверяемых данных и фактах, согласующихся с опубликованными в открытом доступе результатами аналитических исследований по теме диссертации, выполненными другими авторами;

идея базируется на анализе практики и обобщении передового опыта применения реагентной очистки производственных сточных вод, в том числе, подотвальных и дренажных от металлов;

использовано сравнение полученных автором результатов экспериментальных исследований с данными, полученными ранее другими исследованиями по рассматриваемой тематике;

установлена сходимость результатов лабораторных испытаний с теоретическими исследованиями;

использованы современные методы сбора и обработки научно-технической информации, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов наблюдения.

Личный вклад соискателя состоит в:

непосредственном участии соискателя в постановке цели и задач диссертационного исследования; анализе зарубежной и отечественной научной литературы по теме исследования; проведении комплексного экологического мониторинга природных и сточных вод, донных отложений в зоне воздействия производственных объектов; проведении исследований по установлению степени загрязнения р. Карагайлы металлами; обосновании выбора золы от сжигания твердых коммунальных отходов как реагента для нейтрализации и очистки кислых дренажных вод от металлов; проведении лабораторных исследований по определению состава золы; проведении экспериментальных исследований по установлению дозы реагента, времени контакта и осаждения взвешенных веществ для обеспечения необходимой степени очистки модельного раствора от металлов и взвеси; разработке технического решения по ликвидации накопленного вреда р. Карагайлы и

