

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.067.02 НА БАЗЕ
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и
минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук**

**ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 24 февраля 2016 г. № 02/2

О присуждении Саевой Ольге Петровне, гражданке РФ, ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Диссертация «Взаимодействие техногенных дренажных потоков с природными геохимическими барьерами» по специальности 25.00.09 – «геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых», принята к защите 23 декабря 2015 г., протокол №02/12 диссертационным советом Д 003.067.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, д. 3), Приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Саева Ольга Петровна, 1982 года рождения, в 2006 г. закончила магистратуру факультета естественных наук Новосибирского государственного университета (НГУ) (в настоящее время – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (НГУ)) по специальности «Химия». В 2010 году окончила очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук по специальности 25.00.09 - «геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых».

В настоящее время работает научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (лаборатория «Геоэлектрохимии»).

Диссертация выполнена в лаборатории геоэлектрохимии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель – кандидат геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 - «геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых» **Юркевич Наталия Викторовна**, старший научный сотрудник лаборатории геоэлектрохимии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук.

Официальные оппоненты: 1) **Птицын Алексей Борисович**, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры химии окружающей среды факультета естественных наук Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Новосибирского национального исследовательского государственного университета (г. Новосибирск); 2) **Удачин Валерий Николаевич**, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией минералогии техногенеза и

геоэкологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института минералогии Уральского отделения Российской академии наук (г. Миасс), дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное унитарное предприятие Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ФГУП ИМГРЭ) (г. Москва) в своем положительном заключении, подписанном Килипко Виктором Алексеевичем (к.г.-м.н., заместителем директора ИМГРЭ по научной работе) и Гуляевой Натальей Григорьевной (старшим научным сотрудником ИМГРЭ), указала, что представленная на рассмотрение диссертационная работа весьма актуальна, т.к. посвящена экспериментальным исследованиям крупномасштабного загрязнения окружающей среды химическими элементами в районах складирования отходов горнорудного производства в Кемеровской и Челябинской областях. Сaeвой О.П. выполнен большой объем полевых опробований и экспериментальных работ с использованием современных методов исследования вещества, достоверность полученных результатов и обоснованность основных выводов сомнений не вызывает. Полученные автором результаты дают новые знания о моделировании геохимических барьеров на пути распространения дренажных вод разной кислотности и минерализации, об извлечении металлов из техногенных растворов электрохимическими методами.

Соискатель имеет более 32 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 29 работ, из которых 5 статей - в рецензируемых научных изданиях, определённых Высшей аттестационной комиссией, 1 патент РФ и 19 материалов докладов на российских и международных конференциях.

Статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК:

1. Юркевич Н.В., Бортникова С.Б., Лапицкий С.А., Фроликова М.А., Колмогоров Ю.П., **Саева О.П.** Осаждение металлов, мышьяка и сурьмы из дренажного потока на карбонатном барьере по данным анализа РФА-СИ. Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2008, № 11, с 1-5.

Соискателем на основе лабораторных динамических экспериментов сделана количественная оценка осаждения химических элементов из кислого дренажного раствора с сульфидных отходов Беловского цинкового завода на карбонатном материале. Соискатель участвовал в постановке экспериментов и анализе проб карбонатного материала до и после эксперимента методом РФА-СИ.

2. B.S. Smolyakov, A.P. Rizhikh, S.B. Bortnikova, **O.P. Saeva.** Behavior of metals (Cu, Zn and Cd) in the initial stage of water system contamination: Effect of pH and suspended particles // Applied Geochemistry. – 2010.- V.25/8. p. 1153-1161.

Соискателем на основе натуральных экспериментов выявлены механизмы выведения металлов из реального водоема. Соискатель участвовал в проведении экспериментов, подготавливал образцы к химическому анализу, определял ряд показателей потенциометрическими методами и инверсионной вольт-амперометрией, интерпретировал полученные результаты.

3. N.V. Yurkevich, **O.P. Saeva**, N.A. Pal'chik. Arsenic mobility in two mine tailings drainage systems and its removal from solution by natural geochemical barriers // Applied geochemistry. Volume 27, Issue 11, November 2012, P. 2260–2270.

Соискатель на основе результатов натуральных и лабораторных экспериментов определил подвижность мышьяка в дренажных системах Беловского цинкового завода и Карабашской обогатительной фабрики и условия осаждения на карбонатном барьере. Соискатель участвовал в пробоотборе, подготовке проб, определении ряда показателей

потенциометрическими и титриметрическими методами в водных пробах, постановке и интерпретации экспериментов, анализе твердых проб методом РФА-СИ.

4. **Саева О.П.**, Юркевич Н.В., Кабанник В.Г., Колмогоров Ю.П. Определение эффективности нейтрализации кислого дренажа геохимическими барьерами на основе природных материалов с помощью метода РФА-СИ. Известия РАН. Серия физическая. 2013, том 77, № 2, с. 238–241.

Соискателем на основе лабораторных статических экспериментов сделана количественная оценка осаждения ряда химических элементов на природных материалах на основе глин и фосфоритов. Соискатель разработала и осуществила схему экспериментов, определила ряд показателей потенциометрическими и титриметрическими методами, интерпретировала полученные результаты.

5. Yurkevich N.V., **Saeva O.P.**, Karin Y.G. Geochemical anomalies in two sulfide-bearing waste disposal areas: Fe, Cu, Zn, Cd, Pb, and As in contaminated waters and snow, Kemerovo and Chelyabinsk regions, Russia // Toxicological & Environmental Chemistry. 2015. – V. 15. – I. 1. – P. 76-89.

Соискатель на основе полевых опробований и лабораторных измерений выделил геохимические аномалии в водах и снежном покрове в зоне влияния хранилищ сульфидных отходов Беловского цинкового завода в Кемеровской области и Карабашского медеплавильного комбината в Челябинской области. Соискатель участвовал в пробоотборе, подготовке проб, определении ряда показателей потенциометрическими, титриметрическими методами и РФА-СИ, интерпретации результатов.

Патент

Саева О.П., Юркевич Н.В., Кабанник В.Г., Бортникова С.Б., Гаськова О.Л. Способ очистки кислых многокомпонентных дренажных растворов от меди и сопутствующих ионов токсичных металлов. Патент РФ № 2465215, МПК C02F 1/62, опубликовано: 27.10.2012 Бюл. № 30.

Соискатель разработал методику извлечения металлической меди из реального дренажного раствора (с отходов Беловского цинкового завода, Кемеровская область) с дальнейшей доочисткой от остальных химических элементов, присутствующих в многокомпонентном растворе. Реализована очистка высокоминерализованных сульфатных дренажных растворов от меди с исходной её концентрацией ~4 г/л с эффективностью 99 %.

На диссертацию и автореферат поступило 12 отзывов (все положительные, из них 6 без замечаний) от: **1.** П.Г. Аминова, к.г.-м.н., с.н.с. (ФГБУН ИМ УрО РАН); **2.** О.А. Ельчининовой, д.с.-х.н., дир. (ГАФ ИВЭН СО РАН); **3.** Н.Ю. Антониновой, к.т.н., зав. лаб. (ФГБУН ИГД УрО РАН); **4.** А.Б. Ихметова, к.г.-м.н., д.г.н., проф. (ФГБОУ ВПО ВСГУТиУ); **5.** В.П. Зверевой, д.г.-м.н., проф., г.н.с., А.М. Костиной, к.х.н., доц., с.н.с. (ДГИ ДВО РАН); **6.** Л.Т. Крупской, д.б.н., проф. (ТОГУ); **7.** М.В. Паниной, к.г.н., доц. (ФГБОУВПО ЧГПУ); **8.** С.В. Бабошкиной, к.б.н., с.н.с. (ИВЭП СО РАН); **9.** Д.В. Макарова, зав. лаб. (ФГБУН ИППЭС КНЦ РАН); **10.** Н.Г. Максимовича, к.г.-м.н., доц., зам. дир., Е.А. Хайрулиной, к.г.н., доц., в.н.с. (ФГБОУВПО ПГНИУ); **11.** А.Е. Богуславского, к.г.-м.н., зав. лаб. (ФГБУН ИГМ СО РАН); **12.** Е.А. Вах, к.г.-м.н., м.н.с. (ДВФУ). В отзывах отмечено, что полученные результаты вносят существенный вклад в развитие представлений о формировании аномалий и миграции химических элементов с мест складирования отходов горнорудного производства. Автором получен большой объем новых данных о химическом составе дренажных растворов и формах нахождения химических элементов в техногенных водоемах. Сделана оценка потенциальной опасности твердых отходов и обоснована эффективность природных материалов для осаждения металлов и металлоидов из реальных

высокоминерализованных дренажных вод. Практическая ценность разработок автора состоит в том, что на запатентованной автором методике в настоящее время ведутся работы по промышленному извлечению меди из отходов Беловского цинкового завода.

Основные замечания и предложения касаются отсутствия в автореферате подробного описания экспериментальной главы и литературного обзора (д.г.-м.н. В.П. Зверева, к.х.н. А.М. Костина). Отмечено, что в тексте автореферата не приведены данные о составе природных материалов, объемах дренажных потоков и условиях проведения лабораторных экспериментов (к.г.-м.н. П.Г. Аминов, д.с.-х.н. О.А. Ельчинова, д.т.н. Д.В. Макаров). Первое и третье защищаемые положения сформулированы не достаточно четко и не раскрывают существо полученных данных (к.г.-м.н. В.А. Килипко, к.г.-м.н. П.Г. Аминов). Не описан вопрос о выведении металлов через канал фитопланктона (к.б.н. С.В. Бабошкина). Приведенные в работе результаты по прогнозу изменения химического состава техногенных объектов с годами не дают количественных оценок (к.г.-м.н. А.Е. Богуславский).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Птицын А.Б. и Удачин В.Н. являются высококвалифицированными компетентными специалистами в области геохимии, минералогии горнопромышленного техногенеза и геоэкологии. Оппоненты имеют ряд публикаций в соответствующей диссертации сфере исследования и способны объективно оценить данную работу.

Выбор ведущей организации (Институт минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов) обосновывается тем, что она имеет структурное подразделение (отдел «Экологической геохимии»), хорошо известное своими достижениями в данной отрасли науки, направление научно-исследовательской деятельности которого полностью соответствует тематике рассматриваемой диссертации, и высококвалифицированные специалисты, несомненно, способны определить и аргументировано обосновать научную и практическую ценность данной диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований в ходе многолетних наблюдений (2005 – 2014 гг.): 1) **выявлены** особенности формирования состава растворов техногенных водоемов различных генетических типов: гидроотвала, карьерного озера, пруда-отстойника, реки. Показано, что концентрации сульфат-ионов и широкого спектра химических элементов, в том числе элементов 1-го класса опасности - As и Be, в воде техногенных водоемов увеличиваются со временем за счет постоянного взаимодействия вещества отходов с раствором; 2) **обоснована** эффективность осаждения Cu, Cd, Fe, Zn, As, Sb из реальных многокомпонентных техногенных растворов с разными диапазонами pH от 2.5 до 8.5 и суммарной минерализацией от 0.5 до 15 г/л на природных материалах (известняк, глина, фосфориты, почва, донные отложения); 3) **аргументирована** эффективность использования геохимических барьеров на основе глин и донных отложений для выведения Cu, Cd, Pb, Zn из растворов при залповом загрязнении природного водоема; 4) **разработан** метод количественного извлечения металлической меди из раствора при помощи электролиза и цементации, получен патент на изобретение «Способ очистки кислых многокомпонентных дренажных растворов от меди и сопутствующих ионов токсичных металлов» (Патент РФ № 2465215, опубликовано: 27.10.2012).

На основе геохимических исследований **определена** существующая и потенциальная опасности техногенных тел (складированных различными способами отходов горнорудного производства) и разработан способ эффективного снижения подвижности элементов (Fe, Cu, Zn, Cd, Pb, Co, Ni, As) в дренажных растворах на примере хвостохранилищ в Кемеровской и Челябинской областях.

Диссертационная работа служит ярким примером использования современных представлений теоретической геохимии при решении прикладных задач по осаждению и извлечению химических элементов из дренажных растворов. Полученные новые данные и их интерпретация вносят существенный вклад в расширение представлений об особенностях миграции химических элементов с водными техногенными потоками и условиях снижения их подвижности на геохимических барьерах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказаны следующие положения:

1. В районах складирования сульфидных отходов горнорудного производства образуются геохимические аномалии в поверхностных и подземных водах за счет миграции химических элементов с водными дренажными потоками. Элементы 2-3 классов опасности (Cu, Zn, Cd, Pb, Fe, Co, Ni) в составе кислых дренажных растворов находятся преимущественно в подвижных токсичных формах (аква-ионы) в количествах, значительно превышающих фоновые и предельно-допустимые значения. Техногенные потоки с нейтральными значениями pH токсичны за счет концентраций анионогенных элементов 1-2 классов опасности (As, Sb), превышающих фоновые значения на 2-3 порядка. Оценка кислотопродуцирующего/нейтрализующего потенциалов и многолетний мониторинг техногенных объектов позволили выявить тенденцию к увеличению концентраций химических элементов в растворе, что свидетельствует о невозможности саморекультивации территорий.

2. Эффективность природных геохимических барьеров варьирует в зависимости от свойств материала и исходной суммарной концентрации металлов в дренажном растворе. В диапазонах концентраций от 2 до 10 мг/л и от 0.5 до 1 г/л и при pH равном 2.5 – 5.0 высока поглощающая способность известняка > фосфоритов ≥ почвы > донных отложений. Для высокоминерализованных дренажных растворов с суммарной концентрацией металлов 5-10 г/л фосфориты, почвы и донные отложения неэффективны.

3. При впадении дренажного потока в природный водоем в первые 4 часа происходит резкое уменьшение концентраций металлов (Cu, Zn, Pb, Cd) в растворе на 20 - 30 % за счет сорбции на органоминеральной взвеси, следующее снижение концентраций металлов до около-фоновых значений осуществляется постепенным выводом из раствора фитопланктонным каналом в течение 3 недель. Дополнительная добавка природных материалов (глин или донных отложений) в мезокосмы увеличивает скорость и эффективность вывода элементов из раствора на 20 - 40 %.

4. Метод электролиза позволяет извлекать до 40 % ионов меди из многокомпонентных техногенных дренажных потоков с концентрациями Cu 5 - 8 г/л без потери эффективности в присутствии Zn, Fe, Sb, As. Концентрирование сульфатных растворов на ионообменной смоле (КУ -2- 8) увеличивает содержание меди в растворе до 20 г/л, что позволяет повысить выход металлической меди при тех же условиях в 4 раза. Метод цементации добавлением стружки Fe или Al позволяет селективно извлекать до 80 – 99 % меди из Беловского дренажного раствора. При дальнейшей нейтрализации раствора происходит доочистка от Zn, Cd, Pb, Ni, Co, Be за счет соосаждения оставшихся металлов с образованными гидроксидами Fe или Al.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных высокоточных аналитических методов минералого-геохимических методов исследования состава вещества отходов и водных растворов, включая электронную микроскопию, ИСП-АЭС, РФА-СИ, инверсионную вольтамперометрию, потенциометрию и методы классической аналитической химии, изотопные исследования для определения источников питания техногенных водоемов, электротомографию для оконтуривания

техногенных тел. **Изложенные** и обоснованные в виде защищаемых положений новые данные и их интерпретация вносят существенный вклад в расширение представлений о закономерностях изменения химического состава техногенных водных объектов и их источниках питания. **Выявлены** зависимости изменения химического состава некоторых водных объектов от климатических условий. **Изучены** процессы, происходящие при взаимодействии дренажных растворов широких диапазонов кислотности и минерализации с природными материалами (почвой, донными отложениями, глинами, известняком, фосфоритами).

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что полученные экспериментальные данные позволили разработать практические рекомендации по ступенчатой очистке техногенных дренажных потоков от химических элементов в диапазоне рН 2 – 7.5 и минерализации растворов 0.5 – 10 г/л. Проведенные исследования послужили основой для разработки методики получения металлической меди из кислых дренажных стоков горнорудных предприятий и попутной глубокой очистки растворов от ионов Be, Cd, Co, Cr, Fe, Ni, Pb, Zn. На базе запатентованной автором методики в настоящее время ведутся работы по промышленному извлечению цветных металлов из Беловского пруда-отстойника.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Результаты **экспериментальных работ** получены с использованием современного сертифицированного оборудования для химических, минералого-геохимических и геофизических исследований: атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой IRIS Advantage производства фирмы Thermo Jarell Ash Corporation (ИГМ СО РАН), установки элементного анализа с источником синхротронного излучения ВЭПП-3 (ИЯФ СО РАН), дифрактометра ДРОН-3 с монохроматизированным излучением (ИГМ СО РАН), электроразведочной станции СКАЛА-48 (ИНГГ СО РАН). Полученные на разных приборах результаты достоверно согласуются друг с другом.

Теория построена на основе результатов комплексного геохимического изучения вещества отходов и состава связанных с ними водных объектов, а также большого количества экспериментальных данных. **Идеи диссертации базируются** на общепринятых геохимических моделях и концепциях, касающихся представлений о генезисе и эволюции техногенных тел (складированных отходов горнорудного производства) и законах миграции химических элементов в окружающей среде. Полученные данные согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации. Полученные результаты и выводы не противоречат общеизвестным фактам, являются научно обоснованными и аргументированными.

Установлена согласованность результатов исследования соискателя с данными литературных источников по взаимодействию модельных растворов с природными материалами [Hammarstrom, 2000; Schlegel, 2001; Sezer, 2002; Limousin, 2006; Doušová, B. et al., 2009; Lhotka, M. et al, 2014], а также по электрохимическому извлечению металлов из раствора и оценке потенциальной опасности сульфидсодержащих отходов [Oztekin and Yazicigil, 2006; Sobek et al, 1978; Еделев 2013; Abrosimova et al., 2015].

В ходе работ были **использованы** современные методики пробоотбора и пробоподготовки. Подготовлены и детально изучены 390 водных проб, более 100 твердых проб вещества отходов и материалов геохимических барьеров. Сделано в общей сложности около 8500 элементо-определений, что является достаточным для достоверной статистической и геохимической оценки.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в экспедиционных работах с 2005 - 2014 годах на хранилищах отходов Кемеровской и Челябинской областей, в отборе и подготовке к анализу проб воды техногенных водоемов в, проведении полевых и части лабораторных измерений для выяснения вещественного состава образцов, расчете форм нахождения элементов в системе раствор – твердая фаза, постановке лабораторных и натуральных экспериментов по моделированию геохимических барьеров, разработке и постановке экспериментов по электрохимическому извлечению металлов из растворов по авторской методике, а также в интерпретации полученной информации.

На заседании 24 февраля 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Саевой Ольге Петровне ученую степень кандидата геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 10 докторов наук по специальности 25.00.09, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 18, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета



Н.В. Соболев

Ученый секретарь диссертационного совета



О.Л. Гаськова

25 февраля 2016 г.



М.П.