

Заключение диссертационного совета ГУ 212.224.03,
созданного федеральным государственным бюджетным образовательным
учреждением высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»
Минобрнауки России по диссертации на соискание
ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25.09.2020 № 40

О присуждении **Федорову Александру Томасовичу**, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разделение редкоземельных металлов методом экстракции
на индивидуальные компоненты в процессе переработки апатитового
концентрата» по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и
редких металлов принята к защите 22.06.2020 года, протокол № 32
диссертационным советом ГУ 212.224.03 федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-
Петербургский горный университет» Минобрнауки России, 199106, Санкт-
Петербург, 21-я линия, дом 2; приказ ректора Горного университета от
25.06.2019 №836 адм.

Соискатель, Федоров Александр Томасович, 1992 года рождения, в 2016 г.
окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»; аспирант
очной формы обучения кафедры физической химии федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России.
Диплом об окончании аспирантуры получен 02.07.2020.

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

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Черемисина Ольга Владимировна**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» Минобрнауки России, кафедра физической химии, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Конькова Татьяна Владимировна, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «РХТУ им. Д.И. Менделеева», кафедра технологии неорганических веществ и электрохимических процессов, профессор;

Украинцев Илья Валерьевич, кандидат химических наук, акционерное общество «ПитерГОРпроект», главный обогатитель – начальник отдела обогащения руд и гидротехнических сооружений;

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский технологический институт (технический университет)»**, г. Санкт-Петербург в своем положительном отзыве, подписанном Блохиным Александром Андреевичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой технологии редких элементов и наноматериалов на их основе; секретарем заседания Афониным Михаилом Александровичем, кандидатом химических наук, доцентом; утвержденном Шевчиком Андреем Павловичем, Врио ректора федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский технологический институт (технический университет)», указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой разработаны эффективные технические решения по повышению глубины переработки апатитовых руд.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 15 печатных работах, 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) и в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science, в 6 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science; получено 2 патента.

Общий объем – 5,56 печатных листов, в том числе 2,8 печатных листов – соискателя.

Публикации в изданиях из Перечня ВАК

1. Черемисина, О.В. Извлечение редкоземельных металлов из апатитовых руд / О.В. Черемисина, В.В. Сергеев, А.Т. Федоров, А.П. Ильина // *Металлург.* – 2019. – № 3. – С. 71-76.

Cheremisina, O.V. Rare Earth Metal Extraction from Apatite Ores. / O.V. Cheremisina, V.V. Sergeev, A.T. Fedorov, A.P. Il'ina // *Metallurgist.* – 2019. – Vol. 63, – № 3–4. (**Scopus, Web of Science**)

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении экспериментов по экстракции редкоземельных металлов и анализе полученных результатов.

2. Черемисина, О.В. Попутное извлечение тяжелых редкоземельных металлов при переработке фосфатного сырья / О.В. Черемисина, В.В. Сергеев, А.Т. Федоров, Е.С. Лукьянцева // *Обогащение руд.* – 2019. – № 5. – С. 29-35.

Cheremisina, O.V. Associated recovery of heavy rare-earth metals in the processing of phosphate raw materials. / O.V. Cheremisina, V. V. Sergeev, A.T. Fedorov, E.S. Lukyantseva // *Obogashchenie Rud.* – 2019. – Vol. 2019, – № 5. – P. 29–35. (**CA(pt), Scopus**)

Личный вклад автора диссертации заключается в статистической обработке данных и анализе полученных результатов.

Публикации в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования

3. Cheremisina, O.V. Comparison of extraction methods for extraction of iron, aluminum, manganese and titanium using carboxylic acids and natural vegetable oils

from water-salt systems / O. Cheremisina, D. Lutsky, A. Fedorov // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. – 2017. – Vol. 17. – № 11. – P.803-810. **(Scopus)**

Личный вклад автора диссертации заключается в статистической обработке данных.

4. Cheremisina, O.V. Study of extraction of REM from phosphoric acid solutions using di-2-ethylhexyl phosphoric acid as an extractant / O. Cheremisina, V. Sergeev, A. Fedorov, // ARPN Journal of Engineering and Applied.: – 2019. – Vol. 14. – №8. – P.182-188. **(Scopus)**

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении экспериментов по экстракции редкоземельных металлов и анализе полученных результатов.

5. Cheremisina, O.V. Recovery of rare earth metals from phosphogypsum-apatite ore sulfuric acid leaching product / O. Cheremisina, V. Sergeev, A. Fedorov, D. Alferova, E. Lukyantseva // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM. – 2019. – Vol. 19. – № 1.3. – P.903-910. **(Scopus)**

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении литературного анализа и формировании выводов по рентабельности переработки фосфогипса.

6. Cheremisina, O.V. Specific features of solvent extraction of REM from phosphoric acid solutions with DEHPA / O. Cheremisina, V. Sergeev, A. Fedorov, A. Pliyina // Mineral Processing and Extractive Metallurgy: Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy.: – 2019. [In print]. **(Scopus)**

Личный вклад автора диссертации заключается в статистической обработке данных и анализе полученных результатов.

7. Cheremisina, O.V. Concentration and separation of heavy rare-earth metals at stripping stage / O. Cheremisina, V. Sergeev, A. Fedorov, D. Alferova, // Metals. – 2019. – Vol. 9. – № 12. – P.1317. **(Scopus)**

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении

экспериментов по экстракции редкоземельных металлов, извлечению редкоземельных металлов из полученных экстрактов и анализе полученных результатов.

8. Cheremisina, O.V. Kinetics study of solvent and solid-phase extraction of rare earth metals with di-2-ethylhexylphosphoric acid / O. Cheremisina, V. Sergeev, M. Ponomareva, A. Ilina, A. Fedorov // Metals. – 2020. – Vol. 10. – № 5. – P.687.

(Scopus)

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении экспериментов по жидкостной экстракции редкоземельных металлов.

Публикации в прочих изданиях:

9. Черемисина, О.В. Оценка влияния примесных компонентов экстракционной фосфорной кислоты на извлечение редкоземельных металлов ди-2-этилгексилфосфорной кислотой / О.В. Черемисина, В.В. Сергеев, А.Т. Федоров, А.П. Ильина // Исследование различных направлений современной науки. XXI Международная научно-практическая конференция. В 2 ч. Ч.1. М.: Издательство «Олимп». – 2017. – № 5. – С. 87-92.

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении литературного анализа.

10. Черемисина, О.В. Обзор физических методов интенсификации извлечения редкоземельных элементов из бедного сырья / О.В. Черемисина, В.В. Сергеев, А.Т. Федоров, А.П. Ильина // Современные тенденции в научной деятельности. XXVII Международная научно-практическая конференция.: Издательство «Олимп». – 2017. – С. 478.

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении литературного анализа и формировании выводов по возможности применения методов физического воздействия на растворы для увеличения эффективности экстракционных процессов.

11. Федоров А.Т. Исследование разделения иттербия, иттрия, эрбия и железа в процессе их реэкстракции из растворов ДЭГФК / А.Т. Федоров //

Проблемы недропользования: сборник научных трудов. Часть II.: Санкт-Петербургский горный университет. СПб, – 2018. с. 249.

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении литературного анализа, экспериментов по экстракции редкоземельных металлов, извлечению редкоземельных металлов из полученных экстрактов.

12. Федоров А.Т. Исследование экстракции редкоземельных металлов из экстракционной фосфорной кислоты / А.Т. Федоров, Д.В. Ященко, Д.А. Баландинский // НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ: сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа: ОМЕГА САЙНС, – 2018. с. 114.

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении экспериментов по экстракции редкоземельных металлов, извлечению редкоземельных металлов из полученных экстрактов и анализе полученных результатов.

13. Сергеев В.В. Селективное извлечение иттербия из технологических растворов переработки апатитового концентрата / В.В. Сергеев, А.Т. Федоров, Е.С. Лукьянцева // Наука и инновации в технических университетах: Материалы Двенадцатого Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2018. – С. 11-12.

Личный вклад автора диссертации заключается в подборе реагента, проведении экспериментов по извлечению редкоземельных металлов из полученных экстрактов и анализе полученных результатов.

14. Cheremisina, O.V. Study of extraction of REM from phosphoric acid solutions using di-2-ethylhexyl phosphoric acid as an extractant / O. Cheremisina, V. Sergeev, A. Fedorov, // Scientific Reports on Resource Issues, Freiberg.: – 2018. – Vol. 1. – P.182-188.

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении литературного анализа, экспериментов по экстракции редкоземельных металлов и анализе полученных результатов.

15. Сергеев В.В. Исследование процесса извлечения индивидуальных соединений тяжелой группы редкоземельных металлов из растворов переработки апатитового концентрата / В.В. Сергеев, А.Т. Федоров, Е.С. Лукьянцева // ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ XXI ВЕКА Сборник материалов V Всероссийской студенческой конференции с международным участием, посвященной Международному году Периодической таблицы химических элементов. – 2019. – С. 128.

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении литературного анализа и экспериментов по рекстракции редкоземельных металлов.

Патенты:

1. Способ разделения редкоземельных металлов иттрия и иттербия от примесей железа (3+): пат. 2697128 Российская Федерация МПК С 22 В 59/00, С 22 В 3/38/ Черемисина О.В., Сергеев В.В., Федоров А.Т., Ильина А.П.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет". - № 2019107297; заявл.14.03.2019; опубл. 12.08.2019, Бюл. № 23. – 12 с., 6 ф.

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении патентного поиска, подборе реагента для эффективного извлечения железа из экстрактов и проведении экспериментов по рекстракции железа.

2. Способ отделения иттрия и иттербия от примесей титана: Пат. 2713766 Российская Федерация МПК С22В 59/00, С22В 3/38/ Черемисина О.В., Виленская А.В., Сергеев В.В., Федоров А.Т., Алферова Д.А.; заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет". – N 2019135740; заявл. 06.11.2019; опубл. 07.02.2020, Бюл. № 4. – 11 с., 5 ф.

Личный вклад автора диссертации заключается в проведении патентного поиска, подборе реагента для эффективного извлечения титана из экстрактов и проведении экспериментов по рекстракции титана.

Апробация диссертационной работы проведена на научно-практических мероприятиях с докладами: XXI Международной научно-практической конференции «Исследование различных направлений современной науки», Москва, 24 апреля 2017 г.; Международной научно-практической конференции «Наука. Технологии. Инновации», Казань, 11 мая 2018; Международном форуме-конкурсе молодых учёных «Проблемы недропользования», СПб. 18-20 апреля 2018; 69-ой Международной научной конференции «Resource Issues 2018», г. Фрайберг, Германия, 6-8 июня 2018 г.); XVI Международном форуме-конкурсе студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» 17-19 июня 2020, Санкт-Петербург, а также обсуждались на заседаниях объединенного научно-технического совета Санкт-Петербургского горного университета, на заседаниях кафедры физической химии и получили одобрение.

В диссертации Федорова А.Т. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от д.т.н., проф. **Л.А. Воропановой**, профессора кафедры ХПБ ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»; д.т.н., проф. **Н.В. Немчиновой**, заведующего кафедрой «Металлургия цветных металлов» ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»; к.т.н. **А.Ю. Спыну**, ведущего инженера технологического отдела АО «Полиметалл Инжиниринг»; д.х.н. **Н.Г. Суходолова**, доцента кафедры коллоидной химии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный Университет»; д.х.н., проф. **Н.А. Чарыкова**, профессора кафедры физической химии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский технологический институт (технический университет)»; к.т.н. **М.В. Черкасовой**, старшего научного сотрудника отдела технологических исследований НПК «Механобр-техника» АО; д.х.н., проф. **В.Н. Рычкова**, заведующего кафедрой редких металлов и наноматериалов Физико-технологического института ФГАОУ

ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

В отзывах дана положительная оценка проведенных исследований, отмечена актуальность выбранной темы, высокая степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, однако в некоторых из них имеются замечания:

Не понятен процесс регенерации растворов щавелевой кислоты, содержащей железо и титан, после контакта с органической фазой. Следовало бы пояснить детали этого процесса, указать образующиеся побочные продукты. Внедрение разработанной технологии может быть затруднено при отсутствии рациональной утилизации получаемых отходов. (к.т.н. Черкасова М.В.)

В работе рассматривается извлечение и разделение четырех редкоземельных элементов – иттрия, диспрозия, иттербия и эрбия, при этом представлены составы только концентратов иттрия и иттербия. Были ли получены карбонаты диспрозия и эрбия? (к.т.н. Черкасова М.В.)

Непонятно, каким образом рассчитаны значения коэффициентов активности дигидрофосфатных комплексов РЗМ, отсутствующие в справочной литературе. (д.х.н. Чарыков Н.А.)

Следовало бы пояснить причину синергетизма солеобразующего и нейтрального ТБФ, введение которого в органическую фазу Д2ЭГФК способствует увеличению степени экстракции РЗМ в растворы серной кислоты. (д.х.н. Чарыков Н.А.)

В работе соискателем не представлено данных о поведении других РЗМ в процессе извлечения иттрия, эрбия, иттербия и диспрозия, учитывая, например, что содержание церия в технологических растворах на порядок превосходит концентрацию извлекаемых РЗМ. (к.т.н. Спыну А.Ю.)

Существуют ли у автора технологические предложения или способы, позволяющие обеспечить извлечение всех редкоземельных элементов? И может ли измениться технология получения соединений тяжелых РЗМ, если в

технологическую цепочку добавить передель извлечения легкой и среднетяжелой групп РЗМ? (к.т.н. Спыну А.Ю.)

Не достаточно четко обоснована экономическая эффективность разработанного метода. (д.т.н. Воропанова Л.А.)

Автору следовало бы указать явные преимущества разработанной технологии по сравнению с имеющимися аналогами и представить краткую оценку экономического эффекта. (д.т.н. Немчинова Н.В.)

Реферат плохо вычитан с точки зрения стилистических и логических ошибок. Много времени уходит на анализ структуры текста, выяснения структуры и средств связи в предложениях. (д.х.н. Рычков В.Н.)

Какой водный раствор использовался для получения данных на рисунке 1. (д.х.н. Рычков В.Н.)

Во втором положении, выносимом на защиту, говорится об антагонистическом эффекте ТБФ в составе органической фазы. В чем он проявляется, так как в тексте реферата об этом ничего не говорится? (д.х.н. Рычков В.Н.)

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается компетентностью оппонентов в соответствующей отрасли науки и наличием у них публикаций в сфере исследования, а также широкой известностью ведущей организации своими достижениями по соответствующей теме исследования отрасли наук и способностью определить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны способы попутного извлечения РЗМ из технологических растворов переработки апатитового концентрата и эффективного разделения на индивидуальные компоненты;

установлены оптимальные параметры процесса экстракции РЗМ из промышленных растворов и их извлечения из органической фазы,

обеспечивающие наибольший коэффициент разделения смежных РЗМ при низкой степени извлечения железа и титана;

построен ряд экстрагируемости ионов РЗМ;

определены значения сольватных чисел РЗМ;

предложен способ очистки органической фазы, насыщенной РЗМ, от примесей железа и титана (патенты №2697128 и №2713766);

получены карбонаты иттрия, иттербия с содержанием примесных элементов менее 0,1% из реальных технологических растворов действующего производства.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием апробированных известных методик измерения на поверенном оборудовании на базе лаборатории кафедры физической химии Горного университета;

теория построена на проверяемых данных и фактах, согласующихся с опубликованными в открытом доступе экспериментальными данными других исследователей и ученых по теме диссертации;

идея базируется на разработке способа извлечения редкоземельных металлов из производственных растворов фосфорной кислоты без значительного изменения основной технологии переработки апатитового концентрата с попутным разделением РЗМ на индивидуальные компоненты;

использованы современные методы сбора и обработки исходной информации, представительные совокупности данных с обоснованием подбора объекта наблюдений и измерений

проведено сравнение полученных автором результатов с данными, полученными ранее другими исследователями;

установлена сходимость лабораторных исследований с теоретическими исследованиями.

Личный вклад автора состоит в: формулировке целей, постановке задач и разработке методики исследований; в проведении анализа научно-технической

литературы и патентного поиска; выполнении лабораторных и промышленных исследований; разработке технических решений, адаптированных к условиям действующего металлургического производства; научном обобщении полученных результатов и подготовке публикаций.

На заседании 25.09.2020 года диссертационный совет принял решение присудить Федорову А.Т. ученую степень кандидата технических наук за решение важной научно-технической задачи разработки технологии извлечения редкоземельных металлов из апатитового сырья.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 – докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании из – 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14 человек, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета



Сизяков Виктор Михайлович

Ученый секретарь
диссертационного совета
25.09.2020

Бричкин Вячеслав Николаевич