

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
РХТУ.2.6.04 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева» по диссертации на соискание
ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета
от _____ г. № _____

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Тарганову Игорю Евгеньевичу, представившему диссертационную работу на тему «Сорбция рения и кобальта при комплексной переработке шлифотходов никелевых суперсплавов» по научной специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Диссертация принята к защите «04» апреля 2024 года, протокол № 5 диссертационным советом РХТУ.2.6.04, созданным на базе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 14 человек приказом и.о. ректора Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева от «03» февраля 2022 года № 170Д с изменениями, внесенными приказом и.о. ректора Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева от «25» декабря 2023 года № 418А.

Соискатель Тарганов Игорь Евгеньевич, «29» сентября 1997 года рождения, гражданин Российской Федерации, в 2020 году окончил Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, диплом серия 107731 номер 0177287. С «01» сентября 2020 года по настоящее время является аспирантом очной формы обучения кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева.

Диссертация выполнена на кафедре технологии редких элементов и наноматериалов на их основе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева.

Тема диссертационной работы И.Е. Тарганова, научный руководитель – доктор технических наук, профессор Трошкина Ирина Дмитриевна, профессор кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева утверждены на заседании Ученого совета Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева «30» сентября 2020 года, протокол № 2.

Официальные оппоненты:

Герман Константин Эдуардович – доктор химических наук, заведующий лабораторией химии технеция федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук.

Соловьев Алексей Александрович – кандидат технических наук, начальник технологической лаборатории научно-исследовательского отдела гидromеталлургических технологий акционерного общества «Ведущий проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии».

Ведущая организация – Акционерное общество «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» (111524, г. Москва, ул. Электродная, д. 2).

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 17 научных работах (общий объем 63 с.), опубликованных соискателем, в том числе в изданиях из перечня ВАК – одна статья, в журналах, входящих в международную

цитатно-аналитическую Scopus – две статьи. 15 работ опубликованы в соавторстве, две работы опубликованы автором самостоятельно. Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве, составляет 75-80 % и заключается в непосредственном участии в проведении экспериментов, анализе данных, обсуждении полученных результатов подготовке публикаций материалов в научных изданиях и докладах на конференциях. Результаты диссертационной работы прошли апробацию на двух всероссийских и 11 международных научных конференциях, где И.Е.Тарганов участвовал в подготовке материалов конференций и выступал в качестве докладчика.

В публикациях представлены результаты исследования сорбционных процессов извлечения рения и кобальта, в частности, при переработке шлифотходов никелевых суперсплавов, включая кинетические закономерности выщелачивания никеля с применением растворов кислот, пероксида водорода при различных температурах, а также результаты определения сорбционных характеристик углеродного фторопласт-содержащего композита при извлечении рения из маточного раствора осаждения никель-кобальтового концентрата и оптимальных условий выщелачивания рения из шлифотходов и из твердого остатка выщелачивания цветных металлов – рениевого концентрата.

Наиболее значимые публикации по теме диссертации:

1. Тарганов И.Е., Трошкина И.Д. Кинетика серно-кислотного выщелачивания никеля из шлифотходов ренийсодержащих суперсплавов // Известия вузов. Цветная металлургия. 2021. Т. 27, № 4. С. 24–31. (Scopus).

2. Тарганов И.Е., Бардыш А.В., Трошкина И.Д. Сорбция рения из маточных кобальт-никелевых растворов комплексной переработки отходов ренийсодержащих суперсплавов // Журн. прикладн. химии. 2022. Т. 95. Вып. 11–12. С. 1439–1447. (Scopus).

3. Тарганов И.Е., Солодовников М.А., Трошкина И.Д. Окислительное выщелачивание рения из шлифотходов ренийсодержащих суперсплавов // Известия вузов. Цветная металлургия. 2023. Т. 29. № 5 С. 25–33. (ВАК).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв **официального оппонента**, доктора химических наук (1.4.13 – Радиохимия), заведующего лабораторией химии технеция федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук **Германа Константина Эдуардовича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Не совсем понятен выбор сорбционного материала для извлечения рения, почему в работе не был использован слабоосновный анионит марки Puromet MTA1701 производства компании «Purolite» для сравнения сорбционных свойств по рению?

2. В работе подробно изучено извлечение цветных металлов в раствор с использованием растворов серной кислоты, но глава 5 описывает извлечение кобальта только из растворов соляной кислоты.

3. Одним из основных элементов для сорбционного выделения является кобальт, однако кинетику выщелачивания определяли по концентрации никеля в растворе комплексной переработки, почему в работе отсутствуют данные по кинетике выщелачивания кобальта?

В заключении указано, что диссертация Тарганова Игоря Евгеньевича отвечает паспорту специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части «Способы утилизации техногенного и вторичного сырья» и «Конверсия достижений технологии редких металлов и ядерной технологии, использование опыта эксплуатации типичных для данной отрасли промышленности процессов (сорбция, экстракция, плазменные, пламенные процессы и т.п.) для создания малоотходных, ресурсосберегающих технологических схем других отраслей промышленности» и представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические

решения задачи сорбционного извлечения рения и кобальта из шлифотходов суперсплавов на основе никеля, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Тарганов Игорь Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

2. Отзыв официального оппонента, кандидата технических наук (05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов), начальника технологической лаборатории научно-исследовательского отдела гидрометаллургических технологий акционерного общества «Ведущий проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии» **Соловьева Алексея Александровича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В главе 6 определена оптимальная концентрация соляной кислоты при сорбции кобальта из никель-кобальтовых растворов анионитом Indion 850 – 4 М, сорбция кобальта при проведении укрупненных лабораторных испытаний проведена из раствора, скорректированного по содержанию соляной кислоты до этого значения. Промывка насыщенного анионита была проведена 9 М соляной кислотой, при этом ранее показано, что при увеличении в исходном растворе концентрации соляной кислоты с 4 до 5 М, емкость по кобальту снижается. Не понятно, чем обусловлен выбор состава промывного раствора.

2. Не показано распределение никеля в элюатах при десорбции кобальта при проведении укрупненных лабораторных испытаний, также отсутствуют данные по остаточному содержанию никеля и кобальта в анионите после десорбции.

3. При изучении ИК-спектров анионита Indion 850 (Глава 5) указывается на появление полосы поглощения $943,83 \text{ см}^{-1}$ при переводе анионита из сульфатной в хлоридную форму, однако отнесение этой полосы к определенным группам отсутствует.

В заключении указано, что диссертация Тарганова Игоря Евгеньевича представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические решения задачи сорбционного извлечения рения и кобальта при комплексной переработке шлифотходов рений-никелевого суперсплава, внедрение которых внесет значительный вклад в экономическое развитие и экологическую безопасность металлургической и горнорудной промышленности Российской Федерации. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части «Очистка и концентрирование рудных щелоков, газообразных и твердых продуктов разложения рудных концентратов и других видов сырья» и требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Тарганов Игорь Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

3. Отзыв ведущей организации, Акционерного общества «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии». Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. Степень выщелачивания цветных металлов 3М раствором серной кислоты при 85 град, Т:Ж =1:10 г/мл за 3 часа 99%, 6М раствором соляной кислоты при 70 град, Т:Ж =1:50 г/мл за 10 часов 82 %. Почему выбрали вариант 2?

2. Полная динамическая емкость ТВЭКС-ДИДА по рению 0,57 мг-экв/г. Каково значение ПОЕ ТВЭКС-ДИДА по хлорид-иону? Какие элементы также находятся в фазе насыщенного из раствора выщелачивания шлифотходов ТВЭКСа?

Полная динамическая емкость анионита Indion 850 по кобальту 3 мг-экв/г (по хлорид-иону 0,8 мг-экв/г, стр. 51 диссертации). С чем это связано? Какова емкость ионита по никелю при этом?

3. Качество полученных в работе перрената аммония и смешанного оксида кобальта не отвечает требованиям стандартов на данную продукцию по ряду показателей, что необходимо учесть в дальнейшей работе.

4. Не даны характеристики и количественные показатели выхода сбросных растворов, твердых отходов и газовых выбросов по разработанной схеме.

5. Приведенные результаты технико-экономической оценки получены по данным укрупненных лабораторных испытаний без учета затрат на утилизацию/захоронение отходов схемы, а также стоимости дополнительной продукции (соединений никеля, вольфрамово-танталового кека).

В заключении указано, что диссертация Тарганова Игоря Евгеньевича представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические решения задачи извлечения рения из вторичного сырья, имеющей существенное значение для авиационной промышленности страны. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов в части «Конверсия достижений технологии редких металлов и ядерной технологии, использование опыта эксплуатации типичных для данной отрасли промышленности процессов (сорбция, экстракция, плазменные, пламенные процессы и т.п.) для создания малоотходных, ресурсосберегающих технологических схем других отраслей промышленности» и требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Тарганов Игорь Евгеньевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов. Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании НТС Акционерного общества «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» имени Б.Н. Ласкорина, протокол от 06.05.2024 № 02-24-Пр. Отзыв подписан доктором технических наук, научным руководителем лаборатории переработки техногенного сырья акционерного общества «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» имени Б.Н. Ласкорина Соколовой Юлией Васильевной, утвержден заместителем директора по научной работе института, кандидатом физико-математических наук Ивановских Константином Васильевичем.

4. Отзыв на автореферат доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой технологии редких элементов и наноматериалов на их основе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) **Блохина Александра Андреевича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В автореферате имеются неточности. Непонятно, почему автор назвал ТВЭКС-ДИДА комплексобразующим ионитом, диизододециламин – это чисто анионообменный экстрагент. То же относится к ионообменной смоле Indion 850, которую автор назвал слабоосновным анионитом, хотя в той таблице 1 (стр. 5) он указал, что этот анионит содержит одновременно третичные аминогруппы и группы ЧАО, т. е. на самом деле это полифункциональный анионит смешанной основности.

2. Не происходило ли испарение растворов в ходе экспериментов по растворению никеля, проводимых при повышенной температуре в течение продолжительного времени (10 ч)?

3. Неудачно представлены результаты, приведенные на рис. 3. На рис. 3а (выходная кривая сорбции рения) по оси абсцисс отложено время пропускания раствора через колонку, на рис. 3б (выходная кривая десорбции рения) – объем пропущенного раствора.

4. Из текста автореферата (стр. 11) непонятно, как проводились эксперименты по извлечению кобальта в циклах сорбции-десорбции, и почему при увеличении числа циклов повышается степень извлечения кобальта. Кроме того, не приведены ни состав раствора, из которого велась сорбция, ни соотношение объема раствора и величины навески анионитов.

5. Отзыв на автореферат кандидата технических наук, эксперта лаборатории комплексной переработки рудного сырья Акционерного общества «Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности «Гиредмет» имени Н.П. Сажина **Головки Валерия Васильевича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В качестве недостатков работы можно указать, что в автореферате не приведено сравнение стоимости анионитов, проявивших наибольшие значения сорбционной емкости по кобальту.

2. Также в тексте автореферата не указаны материалы оборудования, которое могло бы быть использовано при осуществлении передела по разработанной принципиальной технологической схеме.

6. Отзыв на автореферат кандидата химических наук, ведущего научного сотрудника отдела радиохимических технологий Акционерного общества «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов» имени академика А.А. Бочвара **Виданова Виталия Львовича**. Отзыв положительный. Имеются замечания:

1. В автореферате не указаны погрешности методов измерения.

2. Для рисунка 7 и рисунка 10, а так же для таблицы 4 и талицы 5, отсутствуют данные, как по параметрам сорбционной колонки, так и по исходной концентрации Re и Co соответственно.

3. В автореферате отсутствуют результаты сравнения сорбционных характеристик импрегнатов, содержащих триалкиламин (ТАА) и диизодоцедиламин (ДИДА), и ТВЭКСа-ДИДА, которые обуславливают выбор последнего для извлечения рения в динамических условиях.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью, которая подтверждена значительным количеством публикаций в области химии и технологии редких и радиоактивных элементов и позволяет оценить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана принципиальная технологическая схема сорбционного извлечения рения и кобальта при комплексной переработке шлифотходов никелевых суперсплавов;

предложено использование макропористого анионита с функциональными группами третичных и четвертичных аминов марки Indion 850 для процесса извлечения кобальта из солянокислого раствора выщелачивания цветных металлов из шлифотходов никелевых суперсплавов при повышенной температуре;

доказана перспективность использования экстрагентосодержащего материала ТВЭКС-ДИДА для извлечения рения из растворов переработки вторичного рениевого сырья.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– изучены сорбционные закономерности извлечения выбранными в работе материалами: экстрагентосодержащим сорбентом ТВЭКС-ДИДА на основе диизододециламина для извлечения рения из раствора его выщелачивания, и слабоосновным анионитом марки Indion 850 для извлечения кобальта из солянокислых растворов при повышенной температуре, вносящие вклад в расширение границ применимости полученных результатов для создания новых методов комплексной переработки отходов ренийсодержащих суперсплавов;

– установлены факторы, определяющие скорость ионного обмена при сорбции рения из раствора его выщелачивания экстрагентосодержащим материалом ТВЭКС-ДИДА на основе диизододециламина, и кобальта из солянокислых растворов при повышенной температуре слабоосновным анионитом марки Indion 850, позволившие выявить лимитирующие стадии процессов и рассчитать константы скорости, коэффициенты диффузии и значение времени полусорбции.

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

– разработана принципиальная технологическая схема сорбционного извлечения рения и кобальта при переработке шлифотходов никелевых суперсплавов, согласно которой получены продукты – перренат аммония и оксид кобальта (II, III);

– выданы рекомендации и предложения для повышения качества полученных продуктов – перрената аммония и оксида кобальта (II, III).

Научные результаты, полученные в диссертационной работе, могут быть рекомендованы к изучению и внедрению в образовательных и научных организациях, а также на предприятиях, где ведутся исследования и разработки в области переработки вторичного рений- и кобальтсодержащего сырья.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– результаты экспериментальных работ получены на сертифицированном оборудовании с использованием современных методов анализа;

– показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях и их согласованность с опубликованными данными, представленными в независимых источниках по близкой тематике;

– применительно к проблематике диссертации эффективно использован комплекс экспериментальных методик, обеспечивающий получение обладающих новизной результатов по извлечению рения и кобальта сорбционным методом;

– идея извлечения рения и кобальта из растворов комплексной переработки шлифотходов никелевых суперсплавов сорбционным методом базируется на анализе мирового опыта комплексной переработки отходов ренийсодержащих сплавов.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке цели и задач исследований, нахождении и анализе литературных данных по комплексной переработке вторичного рениевого сырья, составлении методик проведения экспериментов, получении исходных экспериментальных данных, оптимизации и разработке отдельных стадий принципиальной технологической схемы сорбции рения и кобальта при комплексной переработке шлифотходов никелевых суперсплавов, создании и монтаже лабораторных установок для изучения выщелачивания и сорбции, проведении укрупненных лабораторных испытаний предлагаемой схемы, технико-экономической оценки передела и подготовке публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация И.Е. Тарганова представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной научной задачи по переработке вторичного ренийсодержащего сырья, имеющей значение для развития технологии редких элементов. По своему содержанию

диссертация отвечает паспорту специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов по направлению исследований «8. Конверсия достижений технологии редких металлов и ядерной технологии, использование опыта эксплуатации типичных для данной отрасли промышленности процессов (сорбция, экстракция, плазменные, пламенные процессы и т.п.) для создания малоотходных, ресурсосберегающих технологических схем других отраслей промышленности».

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденном приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от «14» сентября 2023 года №103ОД.

На заседании диссертационного совета РХТУ.2.6.04 от 24 мая 2024 года принято решение о присуждении ученой степени кандидата технических наук Тарганову Игорю Евгеньевичу.

Присутствовало на заседании 11 членов диссертационного совета, в том числе докторов наук по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации – 5.

При проведении голосования члены диссертационного совета по вопросу присуждения ученой степени проголосовали:

«за» – 11 (одиннадцать),

«против» – нет,

недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,
доктор технических наук, доцент

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент

Дата «24» мая 2024 г.



И.Л. Растунова

М.А. Варганян