

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.307.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело №

решение диссертационного совета от 14 декабря 2023 г. № 277

О присуждении **Козенко Алёне Эдуардовне**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Переработка фторсодержащего техногенного сырья алюминиевого производства с целью получения криолита» по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов принята к защите 21 сентября 2023 г. (протокол заседания № 72) диссертационным советом 24.2.307.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83 (Приказ от 02.11.2012 № 714/нк о создании совета, приказ от 24.03.2021 № 256/нк о возобновлении работы совета).

Соискатель Козенко Алёна Эдуардовна, 20 августа 1994 года рождения.

В 2018 году соискатель окончила с отличием федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (ФГБОУ ВО «ИРНИТУ») магистратуру по направлению подготовки 22.04.02 «Металлургия»,

освоила программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 22.06.01 «Технология материалов», направленности «Металлургия черных, цветных и редких металлов» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», год окончания обучения в аспирантуре – 2022,

работает менеджером отдела руководителей проектов Департамента управления проектированием в АО «Сибирский научно-исследовательский, конструкторский и проектный институт алюминиевой и электродной промышленности».

Диссертация выполнена на кафедре «Металлургия цветных металлов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Немчинова Нина Владимировна**, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», кафедра металлургии цветных металлов, заведующая кафедрой.

Официальные оппоненты:

Шепелев Игорь Иннокентьевич, доктор технических наук, общество с ограниченной ответственностью «Экологический Инжиниринговый Центр» (ООО «ЭКО-Инжиниринг»), директор (г. Ачинск);

Гавриленко Людмила Владимировна, кандидат технических наук, общество с ограниченной ответственностью «РУСАЛ Инженерно-технологический центр» (ООО «РУСАЛ ИТЦ»), Обособленное подразделение в г. Братске, менеджер отдела электролиза Департамента технологии и технологического развития алюминиевого производства (г.

Братск)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»** (с 01.11.2023г. в соответствии с приказом № 1630 адм федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» переименовано в федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II»), г. **Санкт-Петербург**, в своем положительном отзыве, подписанном Бажиным Владимиром Юрьевичем, доктором технических наук, профессором, кафедра металлургии, заведующим кафедрой и утвержденном Пашкевич Натальей Владимировной, доктором экономических наук, профессором, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», первым проректором, указала, что диссертация Козенко Алёны Эдуардовны является научно-квалификационной работой, в которой содержатся результаты, обладающие научной новизной и практической значимостью для повышения эффективности электролитического получения алюминия за счет возврата соединений фтора в виде криолита в процесс электролиза и снижения количества хранящихся на шламовых полях техногенных фторсодержащих материалов, и имеющей значение для подготовки обучающихся по направлению «Металлургия»; это позволяет считать, что диссертация Козенко А.Э. соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

Соискатель имеет 26 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных

изданиях опубликовано 3 статьи, в зарубежном издании – 1 работа, в сборниках научных трудов и материалах конференций опубликовано 8 работ, выданы 1 патент РФ на изобретение и 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Авторский вклад соискателя в научные публикации заключается в проработке известных теоретических и практических опубликованных данных по тематике диссертации, выполнении экспериментов, обработке результатов эксперимента, разработке компьютерных программ, оформлении и подготовке материалов к публикации; вклад составляет 86 %. Объем научных статей – 3,7 печатных листа.

В опубликованных работах представлены результаты по изучению химического состава, свойств объекта исследований (образцов лежалого шлама и угольной части отработанной футеровки филиала ПАО «РУСАЛ Братск» в г. Шелехов) и технологии переработки фторсодержащего техногенного сырья алюминиевого производства с целью получения криолита. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в диссертации отсутствуют.

Наиболее значительные работы:

1. Немчинова, Н.В. Анализ химического состава техногенных материалов производства первичного алюминия для поиска рациональных методов их переработки / Н.В. Немчинова, А.А. Тютрин, **А.Э. Бараускас** // Цветные металлы. – 2019, № 12. – С. 22–29.

2. **Бараускас, А.Э.** Гидрометаллургическая переработка мелкодисперсного фторуглеродсодержащего техногенного сырья производства первичного алюминия / **А.Э. Бараускас**, Н.В. Немчинова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020, № 6. – С. 1311–1323.

3. Немчинова, Н.В. Переработка мелкодисперсного техногенного сырья производства алюминия с целью извлечения ценных компонентов / Н.В. Немчинова, **А.Э. Бараускас**, А.А. Тютрин, В.С. Вологин // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2021, № 5. – С. 38–49.

4. Пат. № 2791681, Российская Федерация, С22В 7/00; С01В 7/20 (2006.01). Способ извлечения фтора при переработке лежалого шлама алюминиевого производства / Н.В. Немчинова, А.А. Тютрин, А.Э. **Бараускас**; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «ИРНИТУ». № заявки 2022111415, заявл. 27.04.2022; опубл. 13.03.2023. Бюл. № 8.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Ведущая организация ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», г. Санкт-Петербург.

Замечания: 1) Какой грант был реализован в процессе исследования данной работы? 2) В главе 2 при описании объекта исследований – отработанной футеровки электролизера – автор ограничилась описанием лишь химического и гранулометрического состава пробы, подготовленной для исследований. Хотелось бы иметь больше информации и о других характеристиках данного техногенного сырья Иркутского алюминиевого завода (плотность, твердость и др.). 3) В главе 3 при изучении влияния различных параметров на выщелачивание фтора из техногенного сырья автором приведены результаты выходного параметра как в виде содержания фтор-иона в растворе, так и по среднему содержанию фторида натрия в растворе. Эти данные необходимо приводить в единой размерности. 4) На стр. 102 в главе 3 диссертации указано оптимальное значение каустического модуля алюминатного раствора, используемого для кристаллизации криолита (1,4÷1,5). Почему контролируется данный показатель именно в этом диапазоне? 5) На предлагаемой автором технологической схеме (рис. 10 автореферата и рис. 4.6 главы 4 диссертации) переработки техногенного сырья Иркутского алюминиевого завода в результате переработки образуется кек выщелачивания, но автор не указывает, где данный продукт в дальнейшем планируется использовать или утилизировать. 6) В главе 4 диссертации нет пояснения части аббревиатур: ТД - на стр. 111 в таблице 4.1, КО - на стр. 115 в таблице 4.3, ПП1 и ПП2 – на стр. 116 на рисунке 4.5.

Необходимо пояснить. 7) Имеются опечатки, пунктуационные неточности, пропущенные слова и т.п. (стр. 6, 8, 103, 119 диссертации).

2. Официальный оппонент Шепелев Игорь Иннокентьевич, доктор технических наук, общество с ограниченной ответственностью «Экологический Инжиниринговый Центр» (ООО «ЭКО-Инжиниринг»), директор (г. Ачинск).

Замечания: 1) Программный комплекс «Селектор» используется как инструмент физико-химического моделирования, который основан на решении различных технологических задач с помощью минимизации энергии Гиббса. Почему на стр. 5, 17 автореферата и по тексту диссертации автором он отнесен к математическому виду моделирования? При математическом моделировании исследование модели проводится с использованием математических методов. 2) В технологической схеме производства вторичного криолита (рисунок 4.6 диссертации и 10 автореферата диссертации) указаны операции «Выщелачивание и обескремнивание», однако в тексте диссертации про обескремнивание нет никакой информации. 3) Автор для нагрева пульпы выщелачивания в технологической схеме предлагает использовать контактный способ насыщенным паром, однако в работе не приводится, какое оборудование для этого предлагается, где оно может размещаться. Также не указаны основные характеристики такого пара. 4) Автором в главе 4 диссертации не указано, что будет использоваться вместо надшламовой воды, приведенной на стр. 119 технологической схеме (рисунок 4.6), в зимнее время года?? 5) В диссертационной работе очень много сокращений специальных терминов, которые затрудняют их восприятие, считалось целесообразным выделить эти сокращения отдельным подразделом. Автором в приложение включены результаты патентного поиска по способам переработки фторсодержащих отходов производства алюминия, хотя фактически все эти патенты приводятся в списке литературы и вносить их в приложение не было необходимости.

3. Официальный оппонент Гавриленко Людмила Владимировна, кандидат технических наук, общество с ограниченной ответственностью «РУСАЛ Инженерно-технологический центр» (ООО «РУСАЛ ИТЦ»), Обособленное подразделение в г. Братске, менеджер отдела электролиза Департамента технологии и технологического развития алюминиевого производства (г. Братск).

Замечания: 1) На стр. 64 (глава 3) диссертационной работы автором описаны эксперименты по гидрометаллургической переработке угольной отработанной футеровки и указана крупность частиц данного материала, получаемого после дробления. Далее автор описывает, что проба истирается, однако не указано – до какой крупности частиц? 2) На стр. 102 в главе 3 диссертации указано оптимальное значение каустического модуля алюминатного раствора, используемого для кристаллизации криолита (1,4÷1,5). Почему контролируется данный показатель именно в этом диапазоне?? 3) Желательно бы в таблице 2.4 (стр. 43, глава 2 диссертации) более подробно описать состав «Прочих» в каждом из составляющих лежалого шлама. Также на стр. 46 присутствует ошибка в написании соединения «β-калиевый криолит». 4) В технологической схеме производства вторичного криолита (рисунок 4.6 диссертации главы 4 и 10 автореферата диссертации) при ее описании указано поступление сжатого воздуха на операцию мокрого помола, однако по тексту диссертации его назначение не указано. 5) Название Приложения А «Способы переработки отработанной футеровки алюминиевых электролизеров» (стр. 4 и стр. 150 диссертации) не совсем отвечает содержанию: в данном патентном поиске представлены также способы переработки и других фторсодержащих отходов алюминиевого производства.

Отзывы на автореферат:

1. Зобнин Николай Николаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Металлургия и материаловедение», НАО «Карагандинский индустриальный университет», Республика Казахстан, г.

Темиртау. *Замечания:* 1) На странице 8, таблица 1 суммирование данных касательно химического состава материалов, включая содержание прочих компонентов «Шлам газоочистки» и «Пыль электрофильтров» не даёт 100%, а даёт 92,75% и 91,54% соответственно. При этом сумма по материалу «Хвосты флотации» даёт 100%. Возможно необходимо какое-то уточнение в этой связи. 2) На странице 11 указывается, что «пробы ОФЭ характеризуются неоднородностью распределения элементов, содержание фтора находится в диапазоне 15,6-18,96 % масс.». В то же время здесь же в таблице 2 указано, что содержание фтора в ОФЭ составляет 9,25; 50,02; 5,81 для спектров 2,3,4 соответственно. В спектре 1 фтор не обнаружен. Правда, в таблице 2 не указана размерность измерения содержания компонентов ОФЭ. В этой связи, вероятно, нужно уточнить данные. По крайней мере указать размерность данных в таблице 2. 3) На странице 12 указано, что «Основными ионами в щелочном растворе являются Na^+ , F^- , $\text{Al}(\text{OH})_2\text{F}^{2-}$, NaF^0 , AlF_4^- , $\text{Al}(\text{OH})_4^-$, AlO_2^- ». Однако NaF^0 судя по формуле, не несёт заряда и поэтому его нельзя отнести к ионам. Либо здесь просто опечатка. Необходимо уточнить. 4) На страницах 13 и 18 представлена математическая модель процесса выщелачивания « $y = 7,79 + 2,38x_1 - 1,86x_2 - 1,03x_3 - 1,04x_1x_2 - 0,78x_1x_3$ ». По тексту при этом не указано, какой параметр является целевой функцией в данной модели. Из рисунка 6 на странице 14, который, вероятно, является графическим отображением модели можно догадаться, что y – это концентрация иона фтора в продуктивном растворе выщелачивания. Наверное, необходимо более детально уточнить по тексту автореферата, чем является параметр y , и что рисунок 6 является графическим отображением модели « $y = 7,79 + 2,38x_1 - 1,86x_2 - 1,03x_3 - 1,04x_1x_2 - 0,78x_1x_3$ ».

2. Рогожников Денис Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией и **Дизер Олег Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник, Научная лаборатория перспективных технологий комплексной переработки минерального и техногенного сырья цветных и черных металлов, ФГАОУ ВО «Уральский

федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург. *Замечания:* 1) Какое количество фторсодержащего техногенного сырья алюминиевого производства уже накоплено и ежегодно образуется на предприятиях РФ? 2) При установлении оптимальных параметров щелочного выщелачивания фтора с использованием ультразвука из образцов лежалого шлама оценивалась ли значимость исследуемых параметров (продолжительность, температура, отношение жидкого к твердому)? 3) Почему в исследованиях принято конкретное значение частоты УЗ колебаний $22 \pm 1,65$ кГц?

3. Александров Александр Валерьевич, кандидат технических наук, директор департамента по технологии и техническому развитию глиноземного производства, Обособленное подразделение ООО «РУСАЛ ИТЦ» в г. Ачинске, г. Ачинск. *Замечания:* 1) Установлена ли закономерность величины извлечения фтора от частоты щелочно-ультразвуковой обработки образцов лежалого шлама и ОФЭ Иркутского алюминиевого завода? 2) Отсутствуют данные о возможности использования в различных отраслях промышленности кека получаемого после фильтрации. 3) Применима ли предлагаемая технологическая схема производства вторичного криолита для переработки фторсодержащего техногенного сырья других алюминиевых предприятий России?

4. Воинков Роман Сергеевич, кандидат технических наук, начальник и **Мальцев Геннадий Иванович**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, главный специалист, Исследовательский центр АО «Уралэлектромедь», г. Верхняя Пышма. *Замечания:* 1) Чем был обусловлен выбор концентрации щелочи NaOH, равный 2,0–2,5 масс.%? 2) Оптимальные параметры процесса выщелачивания фтора были определены на основании математической обработки опытных данных. Была ли проведена дополнительная экспериментальная проверка выявленных оптимальных параметров процесса, подтверждающая их адекватность?

5. Ноздрин Игорь Викторович, доктор технических наук, доцент,

профессор кафедры металлургии цветных металлов и химической технологии, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк. *Замечания:* 1) Из текста автореферата не ясна судьба одного из продуктов представленной (стр. 16) схемы – кека? Каким образом предполагается его использовать или хранить? Есть ли заключение о его опасности, остаточном содержании фтора? 2) Из текста автореферата не ясно, какое оборудование предлагает автор для проведения щелочно-ультразвукового выщелачивания техногенного фторсодержащего сырья алюминиевого производства?

6. Логинова Ирина Викторовна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Металлургия цветных металлов», ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург. *Замечания:* 1) Обычно, в гидрометаллургии, для более правильного восприятия концентрации щелочных растворов показывают содержание щелочи не в %, а в г/л. 2) Для получения по предлагаемой технологии вторичного криолита используют алюминатный раствор, который готовят растворением гидроксида алюминия в щелочном растворе. Каков каустический модуль данного раствора? 3) Криолитовое отношение получаемого по предлагаемой технологии вторичного криолита равно 2,2–2,5. Какова его температура плавления? 4) Какое криолитовое отношение в настоящий момент в электролизных ваннах и как можно использовать ваш продукт в действующих электролизерах?

7. Богатырева Елена Владимировна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры цветных металлов и золота, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», г. Москва. *Замечания:* 1) Целесообразно было сопоставить достигнутые результаты по извлечению фтора из лежалого шлама с результатами ранее проведенных исследований в этой области. 2) Не обоснован выбор концентрации гидроксида натрия для выщелачивания фтора из фторсодержащего техногенного сырья алюминиевого производства. 3) Стр.13. Наблюдается несоответствие между уравнением регрессии,

представленным в формальном виде, и выбранными оптимальными режимами. Так с учетом знаков перед коэффициентами в уравнении регрессии максимальная концентрация фтор-иона будет достигнута при максимальной продолжительности процесса, минимальной температуре, минимальном значении Ж:Т в выбранных интервалах варьирования факторов.

8. Антропова Инна Германовна, кандидат технических наук, заведующая лабораторией химии и технологии природного сырья, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Байкальский институт природопользования» СО РАН, г. Улан-Удэ. *Замечания:* 1) Стр. 10 – Какова погрешность полученных данных количественного фазового анализа угольной части отработанной футеровки электролизеров? 2) Сколько составило сквозное извлечение фтора из каждого объекта исследования по разработанной вами технологии в конечный продукт – криолит?

Все отзывы положительные.

В отзывах отмечены актуальность выбранной темы исследования, научная новизна работы, а также практическая значимость полученных результатов исследования.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью их достижений в области переработки техногенного сырья электролитического производства алюминия, наличием научных разработок, публикаций в рецензируемых изданиях по выполненным исследованиям, близким к проблеме работы соискателя, вкладом в развитие экологически чистых и малоотходных технологий переработки техногенных отходов металлургического производства и, таким образом, способностью определить научную и практическую ценность диссертации, а также отсутствием совместных проектов, печатных работ.

В качестве примера публикаций, близких к тематике работы соискателя, можно привести следующие работы:

1. Bazhin, V.Y. Combined refractory materials with addition of technogenic

waste for metallurgical assemblies / V.Yu. Bazhin, M.V. Glaz'ev // Refractories and Industrial Ceramics. – 2021. – Vol. 61. – No. 6. – P. 644–648. <https://doi.org/10.1007/s11148-021-00535-2>.

2. Горланов, Е.С. Электролитическое производство алюминия. Обзор. Часть 1. Традиционные направления развития / Е.С. Горланов, В.Н. Бричкин, А.А. Поляков // Цветные металлы. – 2020. – № 2. – С. 36–41. <https://doi.org/10.17580/tsm.2020.02.04>.

3. Shepelev, I.I. Disposal of Fine Dust During Complex Processing of Nepheline Raw Materials / I.I. Shepelev, E.I. Zhukov, O.V. Pilyaeva // Ecology and Industry of Russia. – 2023. – Vol. 27. – No. 2. – P. 4–9. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-2-4-9>.

4. Shepelev, I.I. Promising Ways to Recycle and Use Waste from Gas Purification Facilities of Alumina Production / I.I. Shepelev, E.I. Zhukov, E.N. Eskova, E.V. Kiryushin, O.V. Pilyaeva // Ecology and Industry of Russia. – 2022. – Vol. 26. – No. 6. – P. 4–9. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-6-4-9>.

5. Зенкин, Е.Ю. Технология регенерации газоочистных растворов ПАО «РУСАЛ Братск» от соединений серы с помощью естественного холода / Е.Ю. Зенкин, А.А. Гавриленко, С.И. Ножко, Л.В. Гавриленко // Цветные металлы. – 2020. – № 11. – С. 27–31. <https://doi.org/10.17580/tsm.2020.11.04>.

6. Burdonov, A. To the question of purification of aluminum-containing waste of aluminum electrolyzers / A. Burdonov, V. Barakhtenko, E. Zelinskaya, L. Gavrilenko // Procedia Environmental Science, Engineering and Management. – 2021. – Vol. 8. – Issue 1. – P. 115–123.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея использования ультразвука при выщелачивании фтора из техногенных материалов алюминиевого производства – лежалого шлама и отработанной угольной футеровки электролизеров,

предложен нетрадиционный подход к получению криолита из смеси растворов щелочно-ультразвуковой переработки двух видов фторсодержащего техногенного сырья алюминиевого производства, **доказана** перспективность использования нового способа извлечения фтора в раствор, из которого получен криолит, отвечающий требованиям электролиза криолит-глиноземных расплавов, **введено** понятие «щелочно-ультразвуковое выщелачивание».

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: **доказаны** научные положения о термодинамических закономерностях влияния температуры процесса на извлечение фтора из лежалого шлама в раствор при заданном исходном химическом составе твердой фазы, вносящие вклад в расширение теоретических представлений о процессе выщелачивания; **применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, с получением обладающих новизной результатов) использован** комплекс существующих методов исследования, построения корреляционных зависимостей извлечения ценного компонента от параметров процесса (концентрации реагента, температуры, отношения твердого к жидкому, продолжительности), **изложены** факторы и условия, позволяющие извлечь фтор из лежалого шлама и отработанной футеровки электролизеров в раствор выщелачивания при воздействии ультразвуковых колебаний, **раскрыты** условия кристаллизации криолита из растворов гидрometаллургической переработки двух видов фторсодержащего техногенного сырья, **изучены** зависимости взаимного влияния трех факторов (концентрации, отношения жидкого к твердому и продолжительности процесса) щелочно-ультразвуковой переработки угольной отработанной футеровки, а также зависимости влияния трех факторов (температуры, отношения жидкого к твердому и продолжительности процесса) щелочно-ультразвуковой переработки лежалого шлама на извлечение фтора в раствор,

проведена модернизация математической (термодинамической) модели выщелачивания фтора, позволяющей получить новые результаты по влиянию температуры процесса и отношения жидкого к твердому в пульпе на переход фтора из лежалого шлама в раствор при постоянной концентрации растворителя.

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

разработана и опробована технология переработки лежалого шлама алюминиевого производства при одновременном воздействии ультразвуковых колебаний с переводом фтора в раствор и последующим осаждением криолита; результаты диссертационной работы внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» при подготовке обучающихся по направлению «Металлургия»,

определены перспективы практического использования выявленных оптимальных параметров процесса выщелачивания фтора из проб лежалого шлама и отработанной футеровки электролизеров при применении предлагаемой технологии, позволяющие достичь его извлечения в раствор 86,1 % и 85 %, соответственно,

создана система практических рекомендаций для максимального выщелачивания фтора из лежалого шлама и отработанной футеровки при воздействии ультразвуковых колебаний и выбора соотношения растворов гидromеталлургической переработки двух видов техногенного сырья для осаждения криолита, отвечающего требованиям электролиза,

представлены рекомендации по организации совместной переработки фторсодержащих материалов с получением криолита, востребованного в процессе электролиза, и предложения для дальнейших исследований по совершенствованию технологии гидromеталлургической переработки техногенного сырья алюминиевого производства.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты исследований подтверждаются использованием современного, апробированного оборудования, аттестованных физико-химических методов анализа, применением современных средств измерений; обработка экспериментальных данных с привлечением современных методов статистического и математического анализа позволяет сделать заключение о достоверности полученных результатов по выщелачиванию фтора из лежалого шлама, угольной отработанной футеровки и получения криолита, востребованного в процессе электролиза,

теория построена на известных и проверенных данных и согласуется с экспериментальными результатами по выщелачиванию фторсоединений и кристаллизации вторичного криолита, полученными в процессе лабораторных испытаний, а также с опубликованными материалами по теме диссертации,

идея базируется на основных положениях теории гидрометаллургических процессов, научном обобщении передового опыта и анализе теории и практики российских и иностранных исследователей в области переработки техногенного сырья алюминиевого производства,

использованы данные, полученные ранее другими исследователями, по фазово-химическому составу составляющих лежалого шлама и отработанной футеровки электролизеров и способам переработки фторсодержащего сырья алюминиевого производства, и проведено их сравнение с полученными автором экспериментальными результатами,

установлено качественное совпадение авторских результатов исследования с результатами, представленными в научной литературе, по гидрометаллургической переработке фторсодержащего техногенного сырья,

использованы современные методики, средства контроля и измерений, сбора и обработки исходных и экспериментальных данных: химический, рентгенофлуоресцентный, рентгеноспектральный, рентгеноструктурный, титриметрический методы анализа, сканирующая электронная микроскопия, методы математического планирования трехфакторного эксперимента,

математическое моделирование с помощью компьютерных программ, статистическая обработка экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в: формулировке цели и задач диссертационного исследования; подготовке проб лежалого шлама и отработанной футеровки электролизеров для аналитических исследований; организации и проведении экспериментальных работ; проведении моделирования, математической обработки экспериментальных данных, их анализе и обсуждении; разработке компьютерных программ для ЭВМ, а также в апробации результатов исследований на конференциях различного уровня, подготовке материалов к публикации; разработке технологической схемы щелочно-ультразвуковой переработки техногенного сырья, формулировке выводов и рекомендаций для дальнейшего развития исследований.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания, касающиеся отсутствия данных о дальнейшем использовании кека, получаемого после фильтрации пульпы выщелачивания, об отсутствии обоснования выбора концентрации гидроксида натрия как реагента для выщелачивания фтора из фторсодержащего техногенного сырья алюминиевого производства и причине выбора одного конкретного значения частоты ультразвуковых колебаний, используемых при щелочной переработке фторсодержащих материалов.

Соискатель Козенко Алёна Эдуардовна подробно ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и аргументированно пояснила, что полученный после фильтрации пульпы выщелачивания кек содержит флюорит, в связи с чем такой продукт можно использовать в производстве цемента в качестве минерализатора. Также соискатель дала объяснение, что принятое в экспериментальных работах значение концентрации гидроксида натрия, использованного в качестве растворителя, было выбрано на основании опубликованных ранее в открытых литературных источниках данных других исследователей, занимающихся проблемами переработки фторсодержащего техногенного сырья алюминиевого производства. Соискатель Козенко Алёна Эдуардовна привела аргументацию на

высказанные замечания о принятом в исследованиях единственном значении частоты ультразвуковых колебаний равно $22 \pm 1,65$ кГц, воздействующих на пульпу выщелачивания, при котором достигается максимальный переход фтора в раствор, что подтверждено экспериментально.

На заседании 14 декабря 2023 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технологические разработки, направленные на решение проблем переработки фторсодержащего техногенного сырья алюминиевого производства с получением криолита, что имеет существенное значение для развития металлургической отрасли, присудить **Козенко Алёне Эдуардовне** ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **20** человек, из них **7** докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из **26** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за **20**, против **0**, недействительных бюллетеней **0**.

Председательствующий на заседании
диссертационного совета, заместитель
председателя диссертационного
совета, д.т.н., профессор



Пономарев
Борис Борисович

Ученый секретарь диссертационного
совета, к.т.н., доцент

Вулых
Николай Валерьевич

Дата оформления заключения 15 декабря 2023 г.