

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертацию

**Козенко Алёны Эдуардовны**

«Переработка фторсодержащего техногенного сырья алюминиевого производства с целью получения криолита», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.6.2. Metallurgy of black, colored and rare metals

**Актуальность темы диссертационной работы.** Актуальность диссертации Козенко А.Э. определяется необходимостью переработки фторсодержащих техногенных материалов алюминиевого производства (пыли электрофильтров, шлама «мокрой» газоочистки, хвостов флотации угольной пены, образующих так называемый «лежалый шлам», а также отработанной угольной футеровки электролизеров) с получением фтористых солей (в частности, криолита), востребованных и используемых при электролизе криолит-глиноземных расплавов.

Техногенные отходы производства первичного алюминия, в состав которых входят вредные вещества, в огромных количествах отправляются на хранение в отвалы и на шламовые поля, что оказывает негативное влияние на экологию близлежащих территорий.

Незначительная часть разработанных технологий переработки техногенных фторсодержащих материалов внедрена в производство (за рубежом), но в большей степени разработки не нашли практического использования из-за высоких материало- и энергоемкости, сложности в аппаратном исполнении и значительных капиталовложениях. При этом данный вид техногенного сырья содержит ценные компоненты (в частности, фтор).

Целью данной диссертационной работы явилась разработка технологии щелочной переработки фторсодержащего техногенного сырья алюминиевого производства (угольной отработанной футеровки электролизера и лежалого шлама) при воздействии ультразвуковых колебаний с переводом фтора в раствор и получением криолита, востребованного в электролизном производстве.

**Научная новизна и результаты диссертационной работы** Козенко А.Э. заключаются в том, на основе термодинамического анализа физико-химических взаимодействий компонентов лежалого шлама с раствором едкого натра установлена закономерность влияния температуры процесса на извлечение фтора в раствор при заданном исходном химическом составе твердой фазы. Выявлено влияние параметров (температуры, отношения жидкого к твердому в пульпе, продолжительности) гидрометаллургической переработки лежалого шлама (при воздействии ультразвуковых колебаний частотой  $22 \pm 1,65$  кГц) на извлечение фтора в раствор, разработаны математические модели процесса выщелачивания. Автором работы установлена возможность образования криолита из растворов выщелачивания техногенного сырья алюминиевого производства с концентрацией фторид-ионов в растворе не ниже  $18,0 \text{ г/дм}^3$ .

**Практическую ценность работы составляют:**

– предложенная технология переработки лежалого шлама алюминиевого производства раствором каустической соды (с концентрацией 2,0–2,4 % NaOH) при одновременном воздействии ультразвуковых колебаний, позволяющий извлекать фтор в раствор для последующей кристаллизации криолита, востребованного в процессе электролиза (получен патент РФ на изобретение № 2791681);

– определенные оптимальные параметры извлечения фтора из проб лежалого шлама в раствор выщелачивания (температура процесса –  $90^\circ\text{C}$ , соотношение жидкой и твердой фаз в пульпе – 9:1, продолжительность – 90 мин), максимальная степень извлечения фтора при этом составила 86,1 % масс.;



– определенные оптимальные параметры извлечения фтора из угольной части ОФЭ в раствор выщелачивания при воздействии ультразвука: концентрация NaOH – 2 %, Ж:Т = 6:1, продолжительность – 90 мин;

– рекомендованная принципиальная технологическая схема совместной переработки фторсодержащих техногенных материалов алюминиевого производства (угольной ОФЭ и лежалого шлама) по предложенному методу применительно к условиям Иркутского алюминиевого завода;

– расчет ожидаемого снижения себестоимости 1 т алюминия.

Автором в результате проведенных исследований был получен вторичный криолит (с содержанием фторид-иона в растворе в среднем 18,0 г/дм<sup>3</sup>), отвечающий требованиям электролитического получения алюминия (ГОСТ 10561-80).

#### **Общая характеристика диссертационной работы, публикации и апробация результатов исследований.**

Диссертационная работа состоит из Введения, 4 глав («О способах рециклинга фторсодержащего техногенного сырья, образующегося при производстве алюминия-сырца», «Исследование химического состава и свойств фторсодержащего техногенного сырья», «Исследования и разработка технологии получения криолита из растворов переработки техногенного сырья Иркутского алюминиевого завода», «Технологические схемы переработки фторсодержащего техногенного сырья с целью получения криолита»), Заключения, Списка литературы (из 154 источников, включая патенты, публикации зарубежных авторов и др.). В Приложениях представлены акт внедрения результатов работы в учебный процесс в ФГБОУ ВО «ИРНИТУ», акт филиала ПАО «РУСАЛ Братск» в г. Шелехов (Иркутского алюминиевого завода) о том, что результаты диссертационной работы Козенко А.Э. представляют научно-практический интерес для производства; а также результаты патентного поиска по способам переработки фторуглеродного

техногенного сырья, информация по разработанным компьютерным программам и патенту на изобретение, данные анализов растворов на содержание фторид-иона. Текст изложения материала – технически грамотный, научный. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации и дает достаточно полное представление о структуре, научной новизне и практической значимости проведенных исследований.

По материалам диссертации автор имеет 15 научных публикаций, в том числе 3 статьи из Перечня изданий, рекомендованных ВАК Российской Федерации, 1 патент на изобретение, 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и др. Результаты исследований неоднократно докладывались автором на различных научных форумах.

**Достоверность и обоснованность научных положений, а также выводов и рекомендаций** базируется на использовании современных методов физико-химического анализа процессов и систем, корректной постановке экспериментальных исследований с применением современного лабораторного оборудования и высокотехнологичных методов определения химического, фазового и гранулометрического составов исходных материалов и продуктов процесса, а также сходимостью теоретических расчетов с практическими результатами. Автор использовал различные программные продукты и методы как для теоретического обоснования, так и математической обработки полученных результатов исследований.

Диссертация содержит достаточное число графических зависимостей, иллюстраций и таблиц. Результаты диссертационной работы докладывались на конференциях различного уровня (гг. Екатеринбург, Новокузнецк, Иркутск); были опубликованы в научных изданиях, что подтверждает обоснованность полученных положений. Вышеуказанное дает основание считать, что каждое утверждение из полученных выводов и заключений, содержащихся в диссертации, является в высокой степени обоснованным и достоверным.



### **Замечания и вопросы.**

При ознакомлении с текстом диссертации и ее авторефератом возникли некоторые вопросы и 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.

Однако высказанные замечания и вопросы не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и носят частный, уточняющий характер.

### **Заключение.**

Диссертация Козенко А.Э. «Переработка фторсодержащего техногенного сырья алюминиевого производства с целью получения криолита» полностью отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» в редакции Постановления Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Козенко Алёна Эдуардовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов.

01.11.2023 г.

Менеджер отдела электролиза

Департамента технологии и технического развития

алюминиевого производства,

Обособленное подразделение

ООО «РУСАЛ Инженерно-технологический центр»

в г. Братске,

кандидат технических наук

Гавриленко Людмила Владимировна

Подпись Гавриленко Л.В. заверяю:

Сидоренко Максим Владимирович -

директор ДТиТРАП ООО «РУСАЛ ИТЦ» в г. Братске



665708, Иркутская область, г. Братск, Промзона БрАЗа

раб. тел.: +7(3953)492970

сот. тел.: +7(908)6690086

E-mail: lyudmila.gavrilenko@rusal.com