

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук **Шепелева Игоря Иннокентьевича** на диссертацию Напольских Юлии Александровны «Селективное извлечение редкоземельных элементов из отходов глиноземного производства», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия черных, цветных и редких металлов

Диссертационная работа Напольских Ю.А. посвящена разработке теоретических основ и технологии переработки отходов глиноземного производства, а именно красных шламов нового типа, полученных при низкотемпературном спекании бокситов с каустической щелочью, и пыли электрофильтров спекания бокситов, с целью селективного извлечения из них редкоземельных элементов (РЗЭ). Особенностью данной работы является новый подход к селективному выделению редкоземельных элементов из красных шламов низкотемпературного спекания и пыли с использованием разбавленных растворов минеральных кислот в присутствии катионов магния. Такой метод позволяет повысить содержание РЗЭ в промежуточном продукте при переработке исходного минерального сырья на глинозем с одновременным существенным снижением расхода реагентов и примесей в продуктивном растворе.

Актуальность темы диссертации.

Современное состояние алюминиевой промышленности России характеризуется ограниченным запасом высококачественных бокситов – руд для получения глинозема (Al_2O_3). При переработке бокситов по способу Байера, как и для способа спекания, использование низкокачественных бокситов с кремниевым модулем менее 7 ед. приводит к увеличению количества получаемых токсичных техногенных отходов – красных шламов (КШ), выход которых только по схеме Байера составляет не менее 50 %. Красные шламы, которые во всем мире каждый год образуются в количестве 120-175,5 млн тонн, складированы на шламохранилищах, либо из-за отсутствия земельного участка напрямую сбрасываются в близлежащее море, что в обоих случаях негативно сказывается на окружающей среде.

Отсутствие комплексных эффективных технологических решений по селективному извлечению оставшихся в отходах ценных и редкоземельных элементов и получению их первичного концентрата, делает предлагаемые технологии переработки отходов нерентабельными, а извлечение компонентов по существующим технологиям не превышает 20 %.

Таким образом, **актуальность работы** заключается в извлечении ценных компонентов за счет селективного извлечения РЗЭ из КШ, в том числе за счет

введения соединений магния; совершенствовании существующих производственных процессов; сокращении объёмов токсичных отходов; поиска новых производственных технологий переработки отходов глиноземного производства, при вовлечении в переработку низкокачественного сырья.

Научная новизна.

Научная новизна состоит в получении новых данных по селективному извлечению скандия из красных шламов за счет установления зависимостей извлечения компонентов и оптимального диапазона рН раствора, введения новых реагентов и обоснования природы диффузионных ограничений в качестве лимитирующей стадии процесса. Установлена зависимость извлечения Al, Fe и Mg от извлечения Sc в раствор выщелачивания шлама. Выявлено, что Mg действует как выщелачивающий агент для извлечения Sc, представленного в красном шламе в легкорастворимой форме на поверхности железных минералов. Кроме того, впервые показана возможность получения гидроксида алюминия с повышенным содержанием скандия путем декомпозиции щелочно-алюминатного раствора с добавлением скандийсодержащего десорбата

Теоретическая и практическая значимость работы.

Обоснован механизм процессов извлечения РЗЭ разбавленными растворами кислот из маггемитового красного шлама и пыли электрофильтров, который заключается в фазовом превращении минералов железа в процессе спекания сырья и высвобождении РЗЭ из твердой матрицы этих минералов, что повышает эффективность извлечения РЗЭ.

Выведены полуэмпирические уравнения кинетики исследуемых новых процессов, определена лимитирующая стадия процесса выщелачивания скандия, и приведены значения кажущейся энергии активации для процесса азотнокислого выщелачивания скандия из МКШ и пыли электрофильтров в присутствии катионов магния после водного и водно-щелочного выщелачивания для преодоления затруднений и повышения степени извлечения скандия.

Определены оптимальные условия процесса выщелачивания, позволяющие максимизировать извлечение РЗЭ в раствор по сравнению с кислотным выщелачиванием традиционных лежалых красных шламов.

Предложена принципиальная технологическая схема удаления пыли ЭФ из цикла и ее дальнейшей переработки, использующая новые подходы к селективному выделению РЗЭ с применением разбавленных растворов кислот в присутствии магния. Данная технология позволяет получать скандиевый гидроксид алюминия, пригодный для получения Al-Sc сплава непосредственно в процессе электролиза.

Степень обоснованности и апробация результатов.

Исследования выполнены в лабораторных условиях с применением методов математического планирования эксперимента и соответствующем современном программном обеспечении. В работе использовались аттестованные методы анализа, такие как рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (РФЛА), рентгеновская дифракция или рентгенофазовый анализ (РФА), электронно-зондовый микроанализ (ЭЗМА), оптико-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой (ИСП-ОЭС), лазерная дифракция (ЛД) и др. Достоверность научных результатов подтверждается апробацией основных положений диссертации в публикациях и выступлениях автора на научных конференциях.

Предложения по расширенному использованию.

Материалы диссертации представляют интерес для специалистов отечественной глиноземной промышленности - Богословский алюминиевый завод и Уральский алюминиевый завод, и в целом для научно-инженерных подразделений компании РУСАЛ. Диссертационная работа, без сомнения, будет полезна ученым и специалистам в области металлургии и экологии, а также студентам и аспирантам, обучающимся по соответствующей специальности.

Оценка содержания диссертационной работы.

Текст диссертации Напольских Ю. А. имеет сбалансированную структуру, написан технически грамотным языком. Диссертация состоит из оглавления, введения, 6 глав с выводами по каждой из них, заключения и списка литературы, включающего 120 источников. Диссертация изложена на 129 страницах машинописного текста, содержит 40 рисунков и 24 таблицы. Структурно разделы в представленной на соискание диссертации располагаются логично и последовательно. Материалы диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях, а также достаточно полно опубликованы в научных журналах и сборниках. Основные результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 11 научных работах, из них 8 статей – в изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ и входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus; подана заявка на патент РФ на изобретение. Автореферат соответствует содержанию диссертации и отражает доказательства защищаемых положений.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 20-38-90277\20 «Изучение возможности выделения редкоземельных элементов из отходов глиноземного производства».

Вопросы и замечания по диссертационной работе Напольских Ю.А.:

1. Какими исследованиями азотнокислого выщелачивания красного шлама подтверждается и чем обоснован выбор раствора равным $pH=3-4$ ед.

Вместе с тем на стр. 53 диссертации делается промежуточный вывод, что снижение рН с 3,5 до 2 приводило к увеличению извлечения Sc примерно на 60 % после 90 минут выщелачивания при $T = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

2. Результаты электронно-зондового микроанализа поверхности частиц красного шлама, приведенного на стр.49 (рисунке 3.2) в диссертации, показали, что Sc в большей степени связан с Fe_2O_3 , чем с другими минералами. Что объясняют эти результаты с точки зрения научного направления и подтверждения научной новизны?

3. В диссертации проводились исследования с магнетитовыми красными шламами технологии низкотемпературного спекания и пылью печей спекания. Проводились ли испытания технологии предварительного спекания для переработки существующих отвальных шламов Уральского и Богословского алюминиевого заводов?

4. В принципиальной технологической схеме переработки пыли электрофильтров, представленной на стр. 106 диссертации, показано получение скандиевого раствора после десорбции с ионообменных смол, который отправляется на декомпозицию с целью получения в дальнейшем глинозема, насыщенного скандием. Рассматривалась ли соискателем возможность дальнейшего выделения или использования оставшихся редкоземельных элементов (La, Ce, Nd, Nb, Y)?

5. В диссертационной работе очень много сокращений специальных терминов, которые затрудняют их восприятие, считалось целесообразным выделить эти сокращения отдельным подразделом. Можно рекомендовать также включить в приложение диссертации протоколы испытаний минеральных сырьевых и образуемых техногенных материалов, выполненных в аккредитованных лабораториях.

Следует отметить, что данные замечания и рекомендации в значительной степени носят дискуссионный и уточняющий характер и не оказывают существенного влияния на качество и полноту выполненного исследования и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы и не снижают ее практической и научной ценности.

Соответствие паспорту специальности.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.6.2. Metallургия чёрных, цветных и редких металлов по пункту 4 «Термодинамика и кинетика металлургических процессов» и пункту 7 «Рециклинг материалов, переработка отходов производства и потребления».


Заключение по диссертации.

В целом представленная диссертация Напольских Ю. А. выполнена на высоком научно-техническом уровне, по актуальности, новизне полученных результатов и их практической значимости, диссертация «Селективное извлечение редкоземельных элементов из отходов глиноземного производства», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия чёрных, цветных и редких металлов отвечает требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский Федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Напольских Юлия Александровна – заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2. Metallургия чёрных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент:

Директор Общества с ограниченной ответственностью
«Экологический Инжиниринговый центр»,
доктор технических наук
(специальность 02.00.04 – Физическая химия,
технические науки)

662150, Красноярский край, г. Ачинск, ОПС, а/я 27;
(39151) 2-33-77; 8 9233075644, E-mail: ekoing@mail.ru


Шепелев Игорь Иннокентьевич

26 сентября 2023 г.

Подпись доктора технических наук Шепелева И.И. заверяю

Начальник отдела кадров  А.П. Матвеева

