

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Бунькова Григория Михайловича «Разработка технологии извлечения скандия из растворов подземного выщелачивания урана», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.02 - Технология редких рассеянных и радиоактивных элементов

Актуальность темы исследования обусловлена расширением сырьевой базы скандия, посредством вовлечения в переработку ряда технологических отходов производства редких элементов, включая оборотные и сбросные растворы. В частности, оборотные растворы подземного и кучного выщелачивания урана, технологические растворы производства окиси-закиси урана содержат небольшие количества скандия (около 1 мг/дм³) на фоне макроконцентраций железа, алюминия, щелочных и щелочно-земельных элементов. В соизмеримых со скандием количествах присутствуют, в зависимости от сырья, трудноотделимые титан, цирконий, ванадий, уран и ряд других примесей. В связи с этим многие технологии концентрирования и извлечения скандия, разработанные ранее, не используются на существующих производствах подземного выщелачивания урана в промышленном масштабе. Решение указанной проблемы видится в разработке новых технологий, позволяющих производить скандий и его соединения высокой степени чистоты с приемлемой для потребителей стоимостью.

Структура и анализ работы

Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, четырех глав экспериментальной части, выводов, списка литературы из 170 наименований использованных источников и приложения. Работа изложена на 162 страницах машинописного текста, содержит 81 рисунок и 47 таблиц.

Во введении обоснована актуальность и определена степень разработанности темы исследования, идентифицированы объект и предмет научного поиска, указана цель и установлены задачи работы, охарактеризована методологическая база, дана оценка научной новизны и достоверности результатов, подтверждена их теоретическая и практическая значимость, сформулированы выносимые на защиту положения.

В первой главе проанализированы и описаны основные области применения скандия и его соединений, перспективы его использования в различных материалах и технологиях. Представлен обзор потенциальных источников скандия природного и техногенного характера. Рассмотрены основные экстракционные и сорбционные технологии получения соединений скандия. Сформулированы цель работы и задачи исследования для ее достижения.

Вторая глава содержит сведения о реактивах, материалах, методологической и инструментальной базе диссертационного исследования. Представлены структурные формы использованных в работе ионитов и экстрагентов; термодинамические характеристики соединений скандия в возвратных растворах подземного выщелачивания урана.

В третьей главе приведена характеристика объекта исследования с оценкой запасов скандия на Далматовском месторождении. Указан состав возвратных растворов подземного выщелачивания урана. Выполнен расчет состояния многокомпонентного раствора подземного выщелачивания урана. Выбраны термодинамические данные, в частности, геохимические исследования и соответствующие оценки произведений растворимости и констант равновесия в различных условиях. В качестве преобладающей формы ионов скандия ионов установлена трехвалентная степень окисления.

Определена первоочередная задача при получении скандия, а именно, его селективное извлечение и очистка от тория, содержащего изотопы ^{230}Th и ^{234}Th , являющихся продуктами распада ^{238}U . Среди многообразия ионитов выбраны комплексообразующие сорбенты – ТВЭКСы, содержащие эффективные органические соединения, введенные в состав сорбента в процессе полимеризации. Разработана методика синтеза ряда ТВЭКСов (Axion) для извлечения скандия из растворов, превосходящих коммерчески доступный Lewatit VP OC -1026. Показано, что сорбция скандия из сернокислых растворов на Axion 22 идет по катионообменному механизму с образованием ковалентных связей.

Скорость процесса сорбции сильно зависит от размера зерна ТВЭКСа, что характеризует преобладание гелевого механизма кинетики; от скорости перемешивания раствора зависимости не наблюдается, что свидетельствует о внутривещной диффузионной кинетике.

Определен оптимальный состав десорбирующего раствора – 150 г/дм³ фтористоводородной кислоты. Осаждение элементов из элюатов проводили раствором 30-40 г/дм³ карбоната натрия – выделение скандия составляет ~90 %.

В четвертой главе приведены результаты испытания технологии по извлечению скандия из растворов подземного выщелачивания на исследовательской установке в непрерывном циклическом режиме в течение 4 месяцев. Разработанная технология получения концентрата скандия с содержанием фторида скандия до 98 % включает в себя процесс сорбции скандия на ТВЭКС Axion 22, десорбцию раствором фтористоводородной кислоты, осаждение первичного концентрата скандия и процесс отделения от основных примесей с получением фторида скандия. Представлен элементарный состав осадков. Показано, что за счет дробной конверсии железа и скандия

получен концентрат, содержащий 70 % фторида скандия; концентрат примесей содержит до 1,5 % скандия. Полученный концентрат направляется на конверсию и, после растворения, возвращается на операцию сорбции скандия. Таким образом, технология безотходная, все растворы возвращаются в цикл или направляются на повторное выщелачивание урана.

Составлены исходные данные и разработана проектная документация на опытно-промышленную установку (ОПУ) попутного извлечения скандия на Центральном участке Далматовского месторождения.

В целом, результаты представленного автором завершённого исследования вполне достаточны для обоснования новой технологии и подтверждают перспективы её внедрения.

Научная новизна и теоретическая значимость исследования:

– синтезирован ряд новых твердых экстрагентов на основе полимерного носителя с использованием смесей фосфорсодержащих экстрагентов (ТВЭКС) для извлечения скандия из сернокислых растворов на основании выявленной зависимости сродства ТВЭКС к ионам скандия от структуры ионитов;

– установлены основные количественные закономерности сорбции скандия и примесных элементов на вновь синтезированных ТВЭКСах на основе смеси: ди-2-этил-гексилфосфрная кислота – трибутилфосфат – три-н-октилфосфиноксид (Д2ЭГФК-ТБФ-ТОФО) с различным сочетанием ингредиентов из растворов серной и фтористоводородной кислот;

– выявлены закономерности конверсии сложных фтористых солей Na, Fe и Sc в гидроксиде натрия, использованные для селективного разделения железа и скандия, с получением 98 % фторида скандия.

Практическая значимость работы:

- разработана технология получения концентрата скандия с содержанием фторида скандия до 98 %, включающая сорбцию скандия на ТВЭКС Axion 22, десорбцию раствором фтористоводородной кислоты, осаждение первичного концентрата скандия и процесс отделения от основных примесей с получением фторида скандия;

- составлены исходные данные и разработана проектная документация на опытно-промышленную установку (ОПУ) попутного извлечения скандия на Центральном участке Далматовского месторождения.

Достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций основана на использовании стандартных методик исследования, современного оборудования и специализированного программного обеспечения, подтверждается сходимостью результатов теоретического и экспериментального моделирования, их соответствием известным данным в

области теории и практики металлургических процессов.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Научные результаты исследования можно рекомендовать к использованию в качестве учебно-методических материалов при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Металлургия цветных металлов».

Изложенные в диссертации технологические разработки необходимо использовать при реконструкции существующих или организации новых производств по селективному извлечению микроконцентраций скандия на фоне макроколичеств элементов-примесей, включая торий, уран и железо.

Замечания и вопросы

1. Чем обусловлено изменение состава растворов, представленных в таблице 8?

2. Результаты расчетов в разделе 3.2 не дают сведений о формах существования других элементов (кроме скандия и тория), находящихся, к тому же, в значительном количестве, а именно: алюминия, железа, иттрия, других РЗМ.

3. Чем объясняется характер представленных экспериментальных данных на рисунках 19, 22, 23 и аналогичных им. Какие критерии выбраны для определения преимущества того или иного сорбента или ТВЭКС? Как было оценено влияние примесных элементов на извлечение скандия, в частности, не приведёт ли это к ухудшению извлечения скандия?

4. Чем объясняется выбор состава раствора для десорбции на страницах 70, 76, рис. 12, таблицы 12, 13, 15?

5. Проводилась ли обработка экспериментальных данных по сорбции металлов по другим моделям кроме Ленгмюра, например, Фрейндлиха, Брунауэра-Эмметта-Теллера?

6. Чем обусловлена трудность селективного отделения железа от скандия при осаждении последнего из раствора элюата десорбции?

7. Какими представляются возможные пути увеличения выхода целевых соединений в разработанной технологии извлечения скандия из растворов подземного выщелачивания урана?

8. В библиографии ссылки на научные публикации, изданные в период 60-70 гг. прошлого столетия, могут быть опущены, поскольку представленные в них данные нашли отражение в более поздних изданиях, присутствующих в списке цитируемой литературы настоящей диссертации.

Заключение

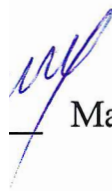
Таким образом, несмотря на ряд замечаний, имеющих частный, зачастую дискуссионный, характер и не снижающих общую положительную оценку, представленная на рассмотрение диссертация может быть классифицирована

как выполненная на высоком научном уровне и обладающая достаточной практической ценностью законченная научно-квалифицированная работа.

Необходимо отметить, что работа оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11–2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления», изложена хорошим литературным языком, отличается логичностью заключений, целостностью замысла и завершённостью его реализации. Сделанные выводы и рекомендации достоверны и сомнений не вызывают. Полное представление о содержании работы дают автореферат и одиннадцать опубликованных работ: три статьи в изданиях из перечня ВАК; шесть статей в сборниках; два патента на изобретение.

Исходя из проведённой оценки актуальности избранной темы, степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверности и новизны, научной и практической ценности изложенных материалов следует заключить, что представленная работа отвечает требованиям к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, определённым п. 9 Положения о присуждении учёных степеней в УрФУ, утверждённый приказом ректора от 21 октября 2019 года № 879/03, а её автор, Буньков Г.М., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.02 - Технология редких рассеянных и радиоактивных элементов.

Официальный оппонент:
старший научный сотрудник,
доктор технических наук,
главный специалист
Исследовательского центра
АО «Уралэлектромедь»



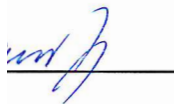
Мальцев Геннадий Иванович

06 ноября 2019 г.

624091, Россия, Свердловская обл., г. Верхняя Пышма, Успенский проспект,
дом 1, АО «Уралэлектромедь»
Телефон: (34368) 4-26-26; Факс: (34368) 4-60-96; E-mail: mgi@elem.ru

Подпись Г.И. Мальцева заверяю:

Зам. начальника отдела кадров
АО «Уралэлектромедь»



Шалгина О.С.