

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу

Хейн Пьея «Извлечение скандия из отходов ММС

железо-титано-магнетитов», представленную на соискание

ученой степени кандидата технических наук по специальности

05.17.02–«Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов»

Огромный интерес к скандию связан с тем, что его использование позволяет создать ряд конструкционных материалов с уникальным сочетанием свойств. По прогнозам ведущих мировых исследовательских центров в ближайшем будущем потребность в скандии будет только расти. Однако потребности развития современной техники приходят в противоречие с малыми масштабами производства скандия и его высокой стоимостью. Скандий является типичным рассеянным элементом и не образует собственных месторождений, а отсутствие эффективных промышленных технологий его производства не способствует вовлечению в переработку перспективных скандийсодержащих сырьевых ресурсов. В настоящее время производство оксида скандия связано, прежде всего, с попутным его извлечением при переработке руд и концентратов таких элементов, как уран, вольфрам, титан, ванадий, а также отходов их переработки, в которых скандий может концентрироваться. Такими продуктами являются, например, отходы мокрого магнитного обогащения (ММС) титано-железо-ванадиевых руд, красные шламы (КШ), шламы переработки вольфрамитовых концентратов, рафинаты экстракции урана и т.д.

Объектом исследований диссертационной работы являются: отходы мокрой магнитной сепарции (ММС) титано-железо-ванадиевых руд Гусевогорского месторождения, Качканарского ГОКа, Свердловской области, которые практически не востребованны, но являются перспективным видом техногенного скандиевого сырья.

В настоящее время запасы техногенных отвалов, накопленных за время разработки месторождения и переработки титано-железо-ванадиевых руд, составляют более 1500 млн. тонн и ежегодно прирастают еще на 40-45 млн. тонн. В то же время отходы ММС относятся к упорному, трудно вскрываемому типу сырья, и лишь с большим трудом поддаются вскрытию традиционными гидрометаллургическими методами.

Проведенные исследования позволили диссертанту установить истинные причины и разработать оптимальные технические решения по оптимизации технологического процесса производства оксида скандия из трудновскрываемых отходов ММС с получением чернового скандиевого концентрата (ЧСК), а также проведения работ по превращению кековых отходов в материал, пригодный к вторичному использованию.

К научной новизне работы можно отнести:

Получены данные, показывающие линейную зависимость степени извлечения скандия в сернокислые растворы от степени механоактивации отходов ММС, которые позволили определить в качестве основного критерия механообработки отходов ММС – аморфизацию кристаллической структуры силикатной матрицы, представленной диопсидом.

Установлены оптимальные условия сернокислотного выщелачивания скандия из аморфизированных отходов ММС, позволившие повысить степень извлечения Sc до 95-99%, Mg и V до ~ 100%, Fe, Al и Ti до 80%, 75-78% и 65%, соответственно.

Определены новые условия эффективной экстракции скандия из сернокислых растворов выщелачивания отходов ММС смесями ди-2-этилгексилфосфоновой кислоты (Д2ЭГФК) с сульфатами метилтриалкиламмония (МТАА) и триоктиламмония (ТОА), позволившие проводить очистку от основных примесей более чем на 95% при степени концентрирования скандия в органической фазе от 5 до 50.

Определены условия получения ЧСК содержащего до 8% скандия, проведением твердофазной рекстракции из органических экстрактов смешанными растворами и определены параметры щелочной переработки кремниевого остатка после сернокислотного выщелачивания скандия.

Практическая значимость.

Проведена оптимизация технологической схемы сернокислотного выщелачивания скандия из отходов ММС титано-железо-ванадиевых руд Качканарского ГОК, подвергнутых предварительной механообработке на промышленных активаторах: Активатор-500 и МП-5 с последующей переработкой сернокислых растворов выщелачивания экстракционным методом с получением ЧСК с содержанием 2-8% скандия с последующей экстракционной очисткой скандия от примесей, для получения оксида скандия чистотой от 99,5% до 99,95%.

Предложен способ переработки кека после сернокислотного выщелачивания скандия из отходов ММС с получением водных растворов силиката натрия, используемых для производства «жидкого стекла».

Научно-технические результаты данной работы использованы для выдачи исходных данных для проектирования опытной установки по переработке 10 тыс. т. отходов ММС с получением 1000 кг оксида скандия чистотой от 99,5% до 99,95%.

Диссертация изложена на 157 страницах машинописного текста, включает введение, литературный обзор, экспериментальную часть, 6 глав, в которых представлены основные результаты и их обсуждение, выводы, список литературы и приложение. Работа содержит 30 рисунков и 60 таблиц. Список литературы включает 142 наименования. По результатам диссертационной работы опубликовано 5 печатных работ, из них 2 статьи в журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий для опубликования

основных научных результатов диссертаций. Основные результаты прошли апробацию на различных конференциях, включая международные.

Диссертационная работа изложена в традиционном стиле:

В главе 1, являющейся литературным обзором, рассмотрены вопросы получения скандия из отходов ММС титано-железо-ванадиевых руд Качканарского ГОКа по ранее разработанным технологическим схемам, включая схему РХТУ им. Д.И. Менделеева.

В главе 2 сконцентрирована практически вся методическая часть, включая подробные характеристики исследуемых партий отходов ММС (I-IV), описаны методики проведения эксперимента и анализа работы.

Глава 3 посвящена отработке процессов механоактивации отходов ММС и сернокислотному выщелачиванию скандия из активированных образцов, а также определению эффективности механоактивации по степени аморфизации кристаллической структуры отходов ММС после механообработки. Приводятся результаты систематических исследований по влиянию условий механообработки отходов ММС на степень аморфизации и извлечения скандия при сернокислотном выщелачивании из активированных образцов с использованием лабораторных активаторов.

В главе 4 представлены результаты исследований по извлечению скандия из сернокислых растворов наиболее эффективными смесями Д2ЭГФК и сульфата МТАА или ТОА в толуоле, которые характеризуются высокими коэффициентами распределения. Приводятся данные по реэкстракции скандия из органической фазы, которые показывают, что за счет образования прочной связи между органическими катионом и анионом упрощается сам процесс реэкстракции.

В главе 5 представлены результаты по переработке твердого остатка после сернокислотного выщелачивания скандия из отходов ММС. Образующийся кек представляет смесь двух твердых фаз белого – гипс, и серого – силикатные

соединения с включением гипса, цвета. Установлено, что гипсовая часть представлена полугидратом – $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, а кремниевая часть диоксидом – $\text{Ca}(\text{Mg},\text{Al})(\text{Si},\text{Al})_2 \text{O}_6$ и SiO_2 . Отделение гипса от кремниевой части проводили отмывкой горячей водой и 1-5% растворами H_2SO_4 , что позволяет получать более чистые продукты.

В главе 6 представлены результаты щелочной переработки отходов ММС, как одного из способов разрушения кристаллической решетки диоксида с использованием механоактиваторов для достижения нужного результата.

По работе имеются следующие замечания:

1. В работе отмечается, что основным критерием, повышающим степень извлечения скандия из отходов ММС, является степень афорфизации фазовых составляющих. Однако результаты РФА показывают, что на рентгенограммах отсутствуют данные, подтверждающие наличие каких-либо новых структурных образований.

2. Эффективность использования экстрагентов Д2ЭГФК и ТБФ будет во многом зависеть от исходной концентрации целевого компонента в растворе. Известно, что при высоких концентрациях (от 5 г/дм^3) эффективность будет выше, а концентрация $10\text{-}15 \text{ мг/дм}^3$ скандия нельзя отнести к таковым.

3. Оправданы ли такие затраты для разделения кремния от гипса, чтобы получить достаточно рядовой продукт для строительных материалов?

4. В 9 пункте выводов сказано, что выданы данные для проектирования и налаживания производства по переработке 10 000 тонн ММС с получением примерно 1000 кг товарного оксида скандия. Однако в диссертации таких рекомендаций нет и невозможно провести технико-экономическую оценку такого производства.

5. В самой диссертации и автореферате имеются некоторые разночтения, например по объему самой работы (143 или 157 страниц), по числу публикаций (7 или 5) и совсем отсутствуют приложения.

Приведенные замечания носят частный характер и не оказывают негативного влияния на содержание диссертационной работы.

Автореферат. Содержание диссертационной работы и выводы из нее достаточно полно и точно отражены в автореферате.

Достоверность полученных автором результатов подтверждается использованием передовых методов физико-химического исследования и анализа, использованием сертифицированного оборудования таких, как атомно-абсорбционный спектрометр, эмиссионный спектрометр с индуктивно связанной плазмой, электронный сканирующий микроскоп, применением оригинальных методик эксперимента, соответствующих современному научному уровню, а также согласованностью результатов с опубликованными данными, представленными в независимых источниках по близкой тематике.

Основные выводы диссертации обоснованы и логично вытекают из содержания работы.

Результаты работы могут быть рекомендованы для изучения и внедрения в научных и образовательных организациях, а также на предприятиях, перерабатывающих редкометальное минеральное сырье, в частности на предприятиях компании ЕВРАЗ, ФГУП «Институт «ГИНЦВЕТМЕТ», АО «ВНИИХТ», ИХТТ УрО РАН.

Заключение.


По своему содержанию диссертационная работа **Хейн Пьея** соответствует паспорту специальности 05.17.02—«Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» в части «создание и совершенствование технологических схем, ресурсо-, энергосбережение, охрана окружающей природной среды в технологии редких и радиоактивных элементов».

Диссертация **Хейн Пьея** представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технологические решения по комплексной переработке отходов мокрой магнитной сепарации титано-железо-

ванадиевых руд Гусевогорского месторождения с получением оксида скандия различной чистоты, гипса и силикатного остатка для производства цемента или основы для «жидкого стекла», имеющие существенное значение для редкометальной отрасли страны.

По актуальности, научной новизне и практической значимости диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, **Хейн Пьей**, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Ведущий научный сотрудник лаборатории
№3 «Химии гетерогенных процессов»
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института химии твердого тела
Уральского отделения Российской академии наук
доктор технических наук,
старший научный сотрудник

 Пягай И.Н.

12 ноября 2018 г.

620990 г. Екатеринбург,
улица Первомайская, дом 91
igor-pya@yandex.ru
тел.: +7(343) 374-53-14

Подпись Пягай Игоря Николаевича заверяю.
Ученый секретарь Института химии твердого тела
УрО РАН, доктор химических наук

 Денисова Т.А.