

Отзыв

официального оппонента на диссертацию Кириллова Сергея Владимировича на тему: «Физико-химические основы интенсификации процесса извлечения редкоземельных металлов из фосфогипса» по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов на соискание ученой степени кандидата технических наук

Актуальность избранной темы

Особенность минерально-сырьевой базы России в том, что в основном она представлена комплексными рудами, в которых РЗЭ являются попутными компонентами. Содержание РЗЭ редко превышает 1%. Основная масса территориально доступных месторождений, содержащих РЗМ содержит фосфаты, карбонаты лантаноидов. Учитывая редкоземельную особенность России, воссоздание технологической последовательности редкоземельных производств в условиях внешней конкуренции среды и отсутствия внутреннего рынка может быть основано на вовлечении в производство редких земель альтернативных сырьевых источников, таких как апатитовые руды и продукты их переработки. Переработку такого вида бедного сырья не производят ввиду недостаточной эффективности использования кислотных методов выщелачивания минерального сырья. С другой стороны, техногенное сырьё, содержащее РЗМ также по большей части представлено карбонатами или фосфатами лантаноидов, реже – их гидроксосоединениями. Исследование закономерностей поведения лантаноидов и создание научно обоснованных технических решений, направленных на вовлечение в производственный цикл нетрадиционных источников РЗМ, включая техногенное сырьё, является актуальным.

Характеристика степень разработанности проблемы исследования.

В целом методы и способы переработки фосфогипса являются в достаточной мере изученными, однако существует ряд пробелов в комплексе исследований, в том числе форма существования РЗМ в фосфогипсе, кинетические особенности кислотного выщелачивания, способы повышения его эффективности.

Характеристика цели работы. Цель работы в достаточной мере обоснована актуальностью исследования и отсутствием цельных, систематических исследований форм существования РЗМ в фосфогипсе.

Задачи исследования в достаточной степени раскрывают пути и методы достижения цели исследования.

Положения диссертации, выносимые на защиту, соответствуют цели и задачам исследования, отражают новизну и практическую значимость исследования.

Научную новизну работы можно характеризовать следующими наиболее важными результатами:

Установлены форм существования РЗМ в фосфогипсе. Для решения этой задачи разработана оригинальная методика изучения распределения РЗЭ в объёме кристаллов методом времяпролетной вторичной ионной масс-спектрометрии.

Выявлено, что по мере увеличения степени дисперсности сырья возрастает доля дефектов решётки, что облегчает выполнение кислотного выщелачивания.

К **теоретической значимости** диссертационной работы можно отнести описание кинетических и термодинамических особенностей выщелачивания в присутствии катинообменных смол. Предложен способ устранения нежелательных примесей фосфатов и фторидов из состава фосфогипса.

Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований имеют **практическую значимость** и составили научную основу разработки технических решений, направленных на повышение эффективности переработки фосфогипса серноокислотным способом.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Обусловлена применением современных физико-химических и химических методов анализа, математических методов обработки данных и моделирования, сходимостью теоретических и экспериментальных результатов, значимым объёмом лабораторных исследований.

По теме диссертации опубликовано 10 печатные работ, в том числе 3 в изданиях, из перечня ВАК.

Общая характеристика работы. Диссертация изложена на состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 218 источников, содержит 184 страницы машинописного текста, 70 рисунков, 48 таблиц. Первая глава содержит обзор литературных данных, описывающих различные направления переработки и утилизации фосфогипса. Остальные главы диссертации последовательно раскрывают сущность научных положений, выносимых на защиту.

Диссертационная работа написана грамотным языком с использованием общепринятых терминов и определений, полученные результаты логичны и

достаточно аргументированы в тексте работы. Текст автореферата соответствует содержанию диссертации.

Диссертационная работа Кириллова С.В. *соответствует паспорту специальности* 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Замечания и рекомендации

1. Что, кроме наличия фазы ангидрита, послужило маркером сложности достижения равновесия в системе $\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-SO}_3\text{-H}_2\text{O}$

2. Автор приводит уравнения и расчётные формулы без их какого-либо использования в диссертации. Так не найдено применение уравнений 2.4 и 2.5, а в описании уравнения 2.5 присутствуют ошибки и неточности. Где и как использована формула 4.11? Как вычислена площадь поверхности в уравнении 3.6? Нечётко сформулировано применение уравнений 3.1-3.5.

3. Первые выводы по разделу 2.2 относятся больше к характеристике метода исследования, но не к описанию состава исследованных образцов.

4. Автору следовало бы избегать избыточно громких, слабо подкреплённых фактическим либо теоретическим материалов тезисов и выводов, встречающихся, например в разделе 2.2, страница 50 - тезис об изоморфном соосаждении лантаноидов не в полной мере доказанный в данном разделе. Тоже касается тезисов о дефектах кристаллической решётки и адсорбированных молекулах в разделе 3.2 или о природе ионного обмена в разделе 4.3.1.

5. Разделы диссертации (3, 3.2, 4, 4.3.1 и др.) автор начинает с обзора литературных источников, что было бы более уместно представить как части обзорной части диссертационной работы.

6. При изучении кинетических аспектов выщелачивания автор не придерживается единой методики эксперимента.

7. Объекты исследования – образцы фосфогипса тоже меняются. В главе 2 и последующих главах использованы образцы различного происхождения. Чем автор пояснит переход от одного объекта к другому?

8. При изучении гетерогенных процессов недостаточно рассмотреть только влияние температуры и установить энергию активации. Основное отличие внутридиффузионного и внешнедиффузионного режимов протекания процесса состоит в наличии или отсутствии чувствительности скорости процесса к интенсивности перемешивания, что автором не было изучено.

9. Чем обоснован выбор ионообменных смол, изученных в разделе 4?

10. Как влияние наличие тонкодисперсных механических примесей на эксплуатационные характеристики сорбента?

Высказанные замечания на снижают хорошего впечатления от работы в целом и носят рекомендательный характер.

Диссертация Кириллова С.В. является законченной научно-квалификационной работой, содержащей научно- и практически значимые результаты, как для создания новых, технических решений, так и для физической химии соединений редкоземельных элементов. Работа полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», а её автор, Кириллов Сергей Владимирович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

С *Ж*

Литвинова Татьяна Евгеньевна,
доктор технических наук, доцент, профессор,
заместитель заведующего кафедрой Физической химии
факультета переработки минерального сырья
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»
199106, г. Санкт-Петербург, ул. 21 линия, д. 2
+7(812) 993-01-03
litvinova_te@pers.spmi.ru



Е.Р. Яновицкая

— Е.Р. Яновицкая

" *21* " *12* 20*21* г.