

## ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу  
Папковой Марии Владимировны  
«Сорбционное извлечение редкоземельных металлов из экстракционной  
фосфорной кислоты»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ.

**Актуальность** диссертационной работы Папковой М.В. связана с направленностью химико-металлургической отрасли промышленности России к импортозамещению стратегически важных материалов, к которым относятся редкоземельные металлы. Представленная диссертационная работа посвящена актуальной задаче, связанной с разработкой научно-обоснованных технологических решений, обеспечивающих полное извлечение с помощью ионообменных смол концентратов редкоземельных металлов из экстракционной фосфорной кислоты, получаемой при сернокислотном вскрытии апатита, который является перспективным источником РЗМ.

Диссертационная работа изложена на 113 страницах машинописного текста, включает введение, литературный обзор, экспериментальную часть, результаты и их обсуждение, выводы и список литературы. Она содержит 35 рисунков и 39 таблиц. Библиография представлена 132 ссылками на зарубежную и отечественную литературу.

Во введении обоснованы и приведены актуальность темы, цели и задачи диссертационной работы, а также ее новизна и практическая значимость.

Литературный обзор – первая глава изложен на 18 страницах. В нем достаточно полно представлена информация, касающаяся основных методов получения редкоземельных металлов, приведены их недостатки и обоснования считать апатит перспективным источником РЗМ.

Вторая глава рассмотрены основные материалы и методы, используемые в работе.

Третья глава диссертации посвящена обсуждению результатов. Автор приводит оригинальные данные по сорбционному извлечению

редкоземельных металлов из экстракционной фосфорной кислоты с помощью различных ионообменных смол, а также широко изучен процесс десорбции РЗМ из фазы сульфокатионита КУ-2. Для исследований растворов сложного состава использовался современный и высокоточный метод анализа: масс-спектрометрия с индуктивно связанный плазмой, методика анализа была лично отработана автором. Так диссертантом установлено, что сильнокислотный макропористый сульфокатионит КУ-2 является перспективным сорбентом для извлечения РЗМ из ЭФК, а при использовании иминодиуксусной смолы марки ZG D850 удается очищать раствор фосфорной кислоты от кальция. При исследовании сорбции различных металлов из раствора фосфорной кислоты в динамическом режиме определены РДОЕ, показано, что наибольшая степень заполнения смолы приходится на алюминий, что может вызвать трудности в получении чистого концентрата РЗМ. Также на основании полученных данных предложено использовать для десорбции РЗМ раствор нитрата аммония концентрацией 300 г/л.

В четвертой главе представлена принципиальная технологическая схема сорбционного извлечения редкоземельных металлов из экстракционной фосфорной кислоты.

**Научная новизна** работы заключается в:

- Новых данных по распределению РЗМ, алюминия и железа в системах КУ-2 –  $\text{LnPO}_4$  – ЭФК и КУ-2 –  $\text{LnPO}_4$  –  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Определено, что тетрадный эффект для ряда РЗМ в данных системах выражен слабо.
- Впервые выявленой селективной сорбция кальция из растворов фосфорной кислоты макропористой иминодиуксусной смолой марки Hydrolite ZG D850.
- Новых данных по десорбции РЗМ и примесных элементов из фазы сульфокатионита КУ-2 растворами ЭДТА, сульфата аммония, минеральных кислоты и нитрата аммония.

**Практическая значимость** заключается в разработке технологических решений по сорбционному извлечению РЗМ из ЭФК, включающих три

основные стадии: очистка ЭФК от кальция с помощью ионита марки Hydrolite ZG D850, сорбция РЗМ с помощью катионита КУ-2, десорбция РЗМ раствором нитрата аммония.

При показано, что:

- потери наиболее ценных тяжелых РЗМ будут минимальны при извлечении концентрата редкоземельных металлов, так как полученные коэффициенты разделения крайних элементов ряда (La и Lu)  $\beta < 15$ .
- наиболее рациональным является использование раствора нитрата аммония концентрацией 300 г/л, при этом основные макропримесные компоненты (Al, Fe) не десорбируются из фазы сульфокатионита КУ-2, получаемый РЗМ концентрат содержит минимальное количество примесей.

Так же приведены технологические решения и принципиальная технологическая схема сорбционного извлечения РЗМ из промышленной ЭФК с получением концентрата содержащего 91,4 % оксидов редкоземельных металлов.

**Личный вклад** автора заключается в постановке совместно с научным руководителем целей и задач исследования, проведения экспериментальных исследований, обработке и обсуждении полученных экспериментальных данных, написании научных статей.

**Достоверность** результатов работы и научная обоснованность выводов обеспечена согласованностью отдельных результатов с литературными данными и аprobацией на научных конференциях.

**Автореферат** диссертационной работы адекватно отражает ее основное содержание, научную новизну, практическую значимость, выводы и другие ключевые моменты. Сочетание тематики диссертации, формулировок ее целей и вопросов, выносимых на защиту, научной новизны, областей приложения результатов, используемых методов и ее общей направленности на разработку технологических решений сорбционного извлечения редкоземельных металлов из экстракционной фосфорной кислоты подтверждают

**соответствие диссертации специальности 05.17.01 – технология неорганических веществ.**

Результаты диссертационной работы Папковой М.В., изложенные в 12 работах, в том числе 4 статьях в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК для защиты диссертаций, могут найти применение на предприятиях химической промышленности, в отраслевых НИИ, вузах химического и химико-технологического профиля, а также при решении задач.

**Оформление работы:** представленная диссертация изложена грамотным научным языком, хорошо оформлена с достаточным количеством иллюстрационного материала и набором первичных данных. Выдержанна логическая последовательность изложения: обоснование и описание методик, экспериментальные данные и обсуждение результатов исследований, а также выводы. Общие выводы по результатам работы обоснованы, соответствуют ее целям и положениям, выносимым на защиту.

Однако, по моему мнению, следует отметить некоторые **недостатки в изложении диссертации:**

1. В литературном обзоре автор рассматривает только извлечение редкоземельных металлов из апатита и лопарита, следовало бы уделить внимание другим нетрадиционным источникам сырья.
2. На стр.17 автор говорит: «Извлечение РЗМ из экстракционной фосфорной кислоты не должно существенно изменять ее состав и свойства». Автору следовало бы уточнить каких именно свойств.
3. В тексте диссертации имеются опечатки, синтаксические ошибки и неудачные формулировки. Так например, на стр.18: «Получаемые осадки содержат **большое количество примесей незначительное – РЗМ..**», верное написание: «Получаемые осадки содержат **большое количество примесей, но при этом незначительное – РЗМ..**». На стр.75 неудачная формулировка: «Азотная кислота...проявляет анионный эффект...», правильнее было сказать: «Анионный эффект ... проявляется для

азотной кислоты...». На той же странице: «... анионный эффект для соляной кислоты ослабевает ... **повышая сорбцию** редкоземельных элементов.», верный вариант: «...анионный эффект для соляной кислоты ослабевает ... при этом **увеличивается сорбция** редкоземельных элементов.». На стр.85 заголовок пункта 3.6.5 звучит следующим образом: «Сравнение коэффициентов распределения **лантана из различных растворов**», здесь следовало бы добавить: **при сорбции** из различных растворов. На этой же странице в подписи к рисунку дважды написана фраза: «**при сорбции**».

4. На стр.68 название пункта 3.5 звучит следующим образом: «Сорбционное извлечение РЗМ в динамическом режиме. Определение основных характеристик процесса». Не понятно, какие именно характеристики процесса имел ввиду автор.
5. Автором изучено сорбционное извлечение редкоземельных металлов из экстракционной фосфорной кислоты и получены новые данные, при этом основным компонентом в концентрате является лантан, который является относительно дешевым, а применяемые материалы достаточно дорогие. Какова будет финансовая сторона вопроса?

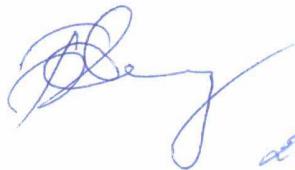
Однако указанные замечания не могут повлиять на общую положительную оценку диссертационной работы Папковой М.В., представляющую собой законченное научное исследование, и не снижают ее ценности.

Оценивая работу в целом, можно заключить, что в диссертационной работе Папковой М.В. получены ценные в научном и прикладном отношении результаты, на основании которых сделаны обоснованные выводы. Таким образом, диссертационная работа Папковой М.В. на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача создания сорбционной технологии извлечения редкоземельных

металлов из экстракционной фосфорной кислоты на основании исследования различных классов ионитов.

По своей актуальности, научной новизне, достоверности и практическому значению диссертационная работа Папковой М.В. соответствует критериям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор – Папкова Мария Владимировна – несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.01 – «Технология неорганических веществ».

Официальный оппонент  
Профессор кафедры  
«Экология и промышленная безопасность»  
ФГБОУ ВО Московского государственного  
технического университета  
имени Н.Э. Баумана  
доктор технических наук,  
профессор, академик РЭА

  
24.02.2014

Ксенофонтов Б.С.

Почтовый адрес: 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1  
Телефон: 8(916)5544460  
e-mail: [kbsfot@mail.ru](mailto:kbsfot@mail.ru)

Подпись профессора Ксенофонтова Б.С. заверяю:

