

## ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента Коньковой Татьяны Владимировны на диссертацию Федорова Александра Томасовича на тему: «Разделение редкоземельных металлов методом экстракции на индивидуальные компоненты в процессе переработки апатитового концентрата», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов

### **Актуальность темы исследования**

Проблема недостаточного обеспечения отечественных предприятий индивидуальными соединениями редкоземельных металлов, необходимых для различных сфер высокотехнологичного производства, крайне актуальна на сегодняшний день для Российской Федерации. Наиболее востребованными являются индивидуальные соединения редкоземельных металлов тяжелой группы. Кроме того, истощение традиционных месторождений редкоземельных металлов, диктует поиск новых источников редкоземельного сырья, а также технологий их извлечения и разделения. Таким образом, актуальность темы, а именно разработка высокоэффективной и экономически рентабельной технологии получения индивидуальных РЗМ из продуктов переработки апатитового концентрата не вызывает сомнений.

Федоров Александр Томасович в своей диссертационной работе представляет эффективную технологию получения индивидуальных РЗМ, реализация которой позволит не только обеспечить отечественную промышленность редкоземельными элементами, но и существенно увеличить степень переработки апатитовых руд Хибинских месторождений, в которых сосредоточено порядка 40% отечественных запасов РЗМ.

### **Научная новизна диссертационной работы**

Получены новые термодинамические данные, характеризующие особенности и различия поведения РЗМ в процессе экстракции Д2ЭГФК из фосфорнокислых растворов. Установлен механизм экстракции редкоземельных элементов органическим экстрагентом Д2ЭГФК из растворов фосфорной кислоты:

257-9

10.09.20

- определены значения сольватных чисел РЗМ. Увеличение сольватного числа от Dy до Yb объясняется возрастающим значением заряда на атоме редкоземельного металла и, как следствие, повышением устойчивости комплексов РЗМ с ди-2-этилгексилфосфорной кислотой;
- согласно рассчитанным значениям эффективных термодинамических констант и стандартных энергий Гиббса экстракционного процесса получен ряд экстрагируемости ионов РЗЭ. Увеличение относительной устойчивости комплексов РЗМ с ДЭГФК коррелирует с уменьшением ионного радиуса РЗЭ;
- выявлен антагонистический эффект процесса рекстракции РЗМ с использованием нейтрального экстрагента ТБФ в составе органической фазы на основе ДЭГФК.

### **Практическая значимость диссертационной работы**

Работа Федорова А.Т. имеет выраженную практическую направленность. Разработана технология попутного извлечения РЗМ из технологических растворов переработки апатитового концентрата и эффективного разделения на индивидуальные компоненты, при этом:

- установлены технологические параметры экстракционного извлечения, очистки экстракта и рекстракции РЗМ без изменения основной технологии получения полупродукта для производства фосфорных удобрений и его физико-химических свойств;
- получены карбонаты иттрия и иттербия из промышленных растворов фосфорной кислоты с содержанием примесных элементов менее 0,1%.

### **Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Научные положения и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе обоснованы, подтверждены экспериментальными данными, являются достоверными и логичными. Достоверность проведенных исследований подтверждается использованием современных физико-химических методов и корректным применением методов математической обработки научных исследований, апробацией основных положений диссертационного исследования в публикациях автора и выступлениях на научных конференциях.

### **Апробация работы**

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 15 печатных работах, в том числе в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science, получено 2 патента. Результаты экспериментальных исследований в полной мере апробированы, докладывались и обсуждались на Российских и международных конференциях.

### **Структура и объем работы**

Диссертация состоит из оглавления, введения, 5 глав и заключения, изложенных на 159 страницах, содержит 37 рисунков, 38 таблиц и список литературы из 167 наименований.

Материал диссертационной работы выстроен логично, цели и задачи исследования сформулированы четко. Диссертация Федорова А.Т. написана грамотным техническим языком, текстовая часть поясняется таблицами и графиками, стиль изложения соответствует современному уровню научных работ.

### **Замечания и вопросы по диссертационной работе**

1. С. 23 не совсем корректно использован термин «органический сольвент», вместо «органического растворителя».
2. Имеет место дублирование структурных формул экстрагентов в литературном обзоре и методической части, а также экспериментальных данных в таблицах и на графиках (табл. 4.7 и рис. 4.4, табл. 4.8 и рис. 4.5 и др). Достаточно было представить либо таблицу, либо рисунок.
3. Следовало привести ИК и Рамановские спектры, подтверждающие наличие комплексов РЗМ с экстрагентами, а не только их описание, результаты рентгенофлуоресцентного анализа также отсутствуют с. 70.
4. Имеется ряд опечаток: с. 70 «Результаты рентгенофлуоресцентного метода и литературные данными», автореферат с. 9 «Представлена экономический оценка разработанной технологии», с. 12 написано «абсорбционные глины», вместо «адсорбционные».
5. На с. 74 автор отмечает существенное увеличение концентрации катионов железа (3+) в процессе экстракции с увеличением молярной доли Д2ЭГФК и

количества экстракционных стадий, однако неясно о каком увеличении идет речь, поскольку конкретные цифры не приводятся.

6. Из каких соображений в табл. 2.1 содержание РЗМ в растворе дано в пересчете на металл, а не оксид по сравнению с другими элементами (кроме фтора), в то же время в табл. 2.2 - в пересчете на оксиды? Далее в диссертации концентрации элементов даны в размерности ммоль/л.

7. Неполное соответствие названия раздела 1.3 «Методы выщелачивания редкоземельных металлов из фосфогипса и извлечения из фосфорнокислых растворов» и его содержания: описание извлечения редкоземельных металлов из фосфорнокислых растворов отсутствует.

8. Согласно результатам таблицы 4.5. зависимость коэффициентов распределения РЗМ от скорости перемешивания фаз при рекстракции имеет экстремальный характер, с максимумом при 450 об/мин, аналогичное описание имеет место для степени извлечения РЗМ с. 90, в то время как на рис. 4.1 эта зависимость (линия тренда) представлена в виде плавно восходящей прямой.

9. Результаты табл. 4.9 и рис. 4.7 не согласуются с утверждением с. 98 о том, что оптимальной является скорость перемешивания в 400 об./мин.

10. Из главы 5 неясно, что автор подразумевает под технологическими критериями экстракционного извлечения РЗМ из производственных растворов ЭФК и их разделения на индивидуальные соединения, указанными в названии главы.

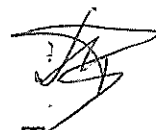
Отмеченные замечания не имеют принципиального характера и не снижают общую положительную оценку диссертационной работы, выполненную на высоком уровне.

### **Заключение**

С учетом актуальности, научной новизны и практической значимости диссертация Федорова А.Т. «Разделение редкоземельных металлов методом экстракции на индивидуальные компоненты в процессе переработки апатитового концентрата» является законченным научным исследованием, выполненным автором самостоятельно на высоком уровне, в которой изложены новые научно обоснованные технологические разработки, имеющие существенное значение для развития страны. Диссертация, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по

специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов соответствует паспорту специальности и требованиям пунктов 2.1-2.6 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 26.06.2019 № 839адм, а ее автор – Федоров Александр Томасович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент,  
профессор кафедры технологии  
неорганических веществ и  
электрохимических процессов,  
ФГБОУ «РХТУ им. Д.И. Менделеева»,  
доктор технических наук, доцент



**Конькова Татьяна Владимировна**

Телефон: 8 (495) 495-21-57, доб. 50-48

E-mail: tkonkova@muctr.ru

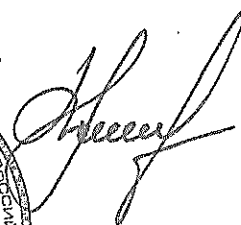
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»

Адрес: 125480, Москва, ул. Героев Панфиловцев, д.20

4.09.2020.

Подпись Коньковой Татьяны Владимировны заверяю

Проректор по УМР  
Макарава Н.А.



Я, Конькова Татьяна Владимировна, даю согласие на включением моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и последующую их обработку



Конькова Т.В.