

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Якимов Сергей Михайлович**  
«Хлорирование оксидов и образование фосфатов редкоземельных элементов  
в расплавах на основе  $3\text{LiCl}-2\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}-\text{KCl}$ ,  $\text{NaCl}-2\text{CsCl}$ »  
на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности  
05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

Пирозлектрохимическая технология переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в среде расплавленных солей является возможной альтернативой используемому в настоящее время в промышленности процессу жидкостной экстракции и позволяет перерабатывать маловыдержанное ОЯТ с большой глубиной выгорания. Очевидно, что для организации процессов необходимы всесторонние сведения о свойствах и поведении в расплавленных электролитах всех компонентов ОЯТ, включая редкоземельные элементы (РЗЭ). Работа, направленная на решение этих вопросов, безусловно, актуальна.

Автором для проведения исследований обоснованно выбраны смеси хлоридов щелочных металлов, представляющие интерес для организации технологических процессов. Проведены систематические исследования электронных спектров поглощения ионов РЗЭ(III) в хлоридных расплавах, установлено влияние температуры и катионного состава соли-растворителя на коэффициенты молярного поглощения, показана возможность использования высокотемпературной спектроскопии для контроля процессов с участием РЗЭ в среде расплавленных солей. Спектроскопическим методом исследованы процессы хлорирования оксидов РЗЭ хлором и хлористым водородом в солевых расплавах, а также процессы образования фосфатов РЗЭ.

Интересны результаты, полученные при исследовании влияния катионного состава соли-растворителя и природы фосфата-осадителя на состав образующихся фосфатов РЗЭ. Автором установлено, что в литийсодержащих расплавах возможно образование только простых ортофосфатов РЗЭ, структура которых определяется природой редкоземельного металла. В расплавах  $\text{NaCl}-\text{KCl}$  и  $\text{NaCl}-2\text{CsCl}$ , в зависимости от избытка осадителя, возможно образование как простых, так и двойных фосфатов. На основании полученных результатов автором представлены рекомендации по организации процесса фосфатного осаждения для очистки технологических расплавов от редкоземельных продуктов деления.

Результаты проведённых экспериментов находят корректное объяснение с позиций современных теоретических представлений о строении и структуре расплавленных солей, механизмах процессов в галогенидных системах.

При изучении автореферата возникли вопросы и замечания:

1. Чем объясняется разница в удельных скоростях хлорирования, полученных для одного и того же РЗЭ при одной температуре (например, данные для оксида неодима при  $550\text{ }^\circ\text{C}$  в расплаве  $\text{NaCl}-2\text{CsCl}$ , таблица 1)?
2. Автором показано, что для полного (более 99 %) осаждения РЗЭ из

расплава необходим значительный избыток фосфата. Каким образом предполагается проводить очистку технологического расплава от фосфат-ионов перед возвращением его в цикл?

3. Какие методы могут быть использованы для отделения осадка фосфатов РЗЭ от солевого расплава?

Сделанные замечания носят частный характер и не могут повлиять на общую положительную оценку работы, которая удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Выполнено полезное исследование на высоком экспериментальном уровне. Его научная новизна заключается в получении систематических данных об электронных спектрах поглощения ионов РЗЭ в расплавах NaCl-KCl и NaCl-2CsCl, установлении закономерностей процессов хлорирования оксидов и образования фосфатов РЗЭ в хлоридных расплавах. Практическая значимость работы, востребованность её результатов при разработке пироэлектрохимических технологий переработки отработавшего ядерного топлива очевидна.

Диссертационная работа «Хлорирование оксидов и образование фосфатов редкоземельных элементов в расплавах на основе 3LiCl-2KCl, NaCl-KCl, NaCl-2CsCl» соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней» (раздел II, п. 9–14), а её автор – Якимов Сергей Михайлович – заслуживает присуждения учёной степени кандидата химических наук по специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Профессор кафедры химической технологии редких,  
рассеянных и радиоактивных элементов  
ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет».

доктор химических наук

Жерин Иван Игнатьевич

e-mail: [gerinii@tpu.ru](mailto:gerinii@tpu.ru)

телефон: 8 (3822) 60-63-11

24.11.2016г.



Учёный секретарь ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»

Подпись И.И. Жерина заверяю:

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет»

О.А. Ананьева

Наименование организации: Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования «Национальный  
исследовательский Томский политехнический университет»

Адрес: Россия, 634050, г. Томск, проспект Ленина, дом 30.

Телефон: 8(3822) 60-63-33, e-mail: [tpu@tpu.ru](mailto:tpu@tpu.ru)