

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Заварзина Семена Витальевича на тему «Изучение физико-химических свойств интерметаллических соединений урана и плутония с благородными металлами для задач переработки облученного нитридного ядерного топлива», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.14 – радиохимия.

Актуальность темы диссертационной работы. В настоящее время в Российской Федерации прилагаются значительные усилия по замыканию ядерного топливного цикла, в том числе на базе быстрых реакторов. Появляются новые типы ядерного горючего, включая принципиально новое нитридное уран-плутониевое топливо. Перед радиохимической наукой встает задача по разработке методов обращения с новыми видами ОЯТ, обеспечивающими количественное возвращение делящихся материалов в топливный цикл. Пирохимические методы рассматриваются как наиболее перспективные для переработки ОЯТ с высоким выгоранием и малым временем выдержки. Конкуренцию им составляют проверенные гидрометаллургические методы. Рассматривается и возможность комбинирования данных методов при переработке ОЯТ. Высокая термодинамическая устойчивость интерметаллических соединений (ИМС) урана и плутония с благородными металлами (БМ) рутением, родием и палладием делает их наиболее вероятной формой нахождения БМ в отработавшем нитридном топливе. Присутствие ИМС в ОЯТ в значительных количествах потребуют учета их физико-химических свойств при разработке технологий переработки. Таким образом, тема диссертационной работы Заварзина С.В. соответствует потребностям радиохимической науки, что делает работу **актуальной**.

Диссертационная работа Заварзина С.В. изложена на 152 страницах печатного текста и состоит из введения, списка сокращений и терминов, литературного обзора, главы, посвященной методикам экспериментов; трех глав, в которых изложены основные результаты с их обсуждением, и выводов. Список

цитируемой литературы насчитывает 115 наименований. Работа содержит 17 таблиц и 49 рисунков.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цели и основные задачи работы, научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе (обзор литературы) рассматриваются основные виды топлива для реакторов на быстрых нейтронах, обосновывается перспективность использования топлива на основе смешанного нитрида урана и плутония. Описывается накопление и химическое состояние благородных металлов в ОЯТ, основные физические и химические свойства интерметаллических соединений актинидов с благородными металлами, а также элементов, входящих в их состав, приводится описание методов синтеза ИМС. Значительное внимание уделяется методам переработки отработавшего нитридного топлива и возможному влиянию ИМС на отдельные ее этапы. Сделанный обзор позволил автору определить основные направления исследований.

Вторая глава посвящена описанию используемых в работе материалов и реагентов, способам их подготовки к работе, методики проведения экспериментов, аналитического контроля исследованных процессов. Приводится подробное описание оборудования для электрохимических измерений в расплавах хлоридов щелочных металлов и азотнокислых растворах.

В третьей главе подробно описываются методы синтеза интерметаллических соединений, приводится схема используемого оборудования. Для характеристики полученных образцов применен представительный набор современных физико-химических методов исследования химического и фазового состава интерметаллидов, что обеспечивает корректность полученных результатов. Приводится обсуждение результатов физико-химического анализа образцов и способов создания из них электродов для электрохимических измерений.

Четвертая глава посвящена исследованию электрохимических свойств PuPd_3 в жидкосолевом электролите. Приводятся результаты и обсуждение электрохимических измерений, в том числе: приведены потенциалы окисления входящих в состав ИМС фаз, определена область перепассивации сплава, при котором происходит количественное растворение соединения, показано влияние температуры на устойчивость фаз с различным обогащением по плутонию. Экспериментально показана возможность извлечения плутония из ИМС в ходе электрорафинирования, обоснована возможность увлечения части делящегося материала в анодный шлам.

Пятая глава посвящена электрохимическим свойствам интерметаллидов урана в растворах азотной кислоты. В главе приводятся результаты, обосновывающие выбор материала для держателя-токоподвода, необходимого для организации рабочего электрода. На основании полученных электрохимических данных показана определяющая роль благородных металлов в химических и электрохимических свойствах соединений, определены условия, при которых возможно извлечение урана из ИМС. Экспериментально подтверждена возможность извлечения урана из соединений URu_3 , UPd_3 и устойчивость URh_3 как к химическому, так и анодному окислению. Обоснована возможность увлечения части делящегося материала в нерастворимые остатки в ходе гидрометаллургической переработки ОЯТ.

В выводах сформулированы основные результаты, полученные в ходе выполнения работы.

Автореферат диссертации дает достаточно полное представление о содержании работы и обоснованности сделанных автором выводов.

Научная новизна. В работе Заварзина С.В. впервые описаны химические и электрохимические свойства интерметаллических соединений актинидов с благородными металлами. Определены потенциалы анодного окисления Pu-Pd фаз с различным обогащением по плутонию, условия, способствующие количественному растворению сплава. Впервые получены основные электрохимические характеристики интерметаллидов URu_3 , URh_3 и UPd_3 в

азотнокислых растворах, такие как: потенциал нулевого тока $E(i=0)$, плотность тока обмена i_0 , угол наклона анодной ветви «тафелевой» кривой b_a . Выработаны рекомендации растворению ИМС в жидкосолевых средах и растворах азотной кислоты, извлечению из ИМС ядерного материала.

Практическая значимость. В работе успешно решена сложная экспериментальная задача по синтезу интерметаллических соединений и созданию из них электродов для электрохимических измерений. Выбранные для электрохимических измерений среды являются характерными для основных методов переработки ОЯТ, в связи с чем, результаты работы могут быть использованы при разработке новых подходов к переработке отработавшего топлива реакторов на быстрых нейтронах.

Автором предложен оригинальный танталовый держатель для образцов ИМС, показана уникально высокая устойчивость танталового электрода (выше, чем у платинового!) в концентрированных растворах азотной кислоты.

Достоверность полученных результатов. Достоверность полученных экспериментальных результатов и сделанных на их основе выводов обеспечивается использованием комплекса современных физико-химических методов исследования, результаты которых согласуются друг с другом, а также сравнением результатов с данными литературы.

Диссертация и автореферат написаны хорошим научным языком, полученные автором результаты исследований изложены логично и понятно.

Основные положения диссертации получили отражение в статьях и тезисах докладов на российских и международных конференциях. По результатам работы опубликовано 4 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК и реферируемых Scopus, 12 тезисов докладов на всероссийских и международных конференциях.

Замечания по работе.

1. В литературном обзоре преобладают старые работы. Например, из 50 работ, посвященных химическому состоянию БМ в ОЯТ и методам переработки СНУП ОЯТ только 13 написаны в последние 10 лет. Неужели сейчас эта

тематика уже не так популярна?

2. Не обоснован выбор интерметаллидов для исследований. В работе рассмотрены ИМС урана со всеми тремя БМ, а плутония – только с палладием. Хотя в списке литературы под № 94 значится отчет автора, в названии которого упомянут PuRu_3 .

3. В автореферате (с. 21) обнадеживающее написано: «Предложены методы извлечения делящегося материала из этого ИМС» (т.е. из URh_3). Но в диссертации (с. 137) в качестве таких методов приведены лишь ссылки на работы 1972, 2002 и 2012 годов. А ведь есть свежий патент ГХК № 2632498 в котором экспериментально подтверждена возможность извлечения 98% родия из реальных остатков от растворения ВАО путем последовательных окислительных и восстановительных обработок осадка. Было бы очень интересно проверить такой подход на интерметаллиде известного состава.

4. Встречаются ошибки, затрудняющие восприятие материала, например, в тексте диссертации (с. 62-63) упоминаются несуществующие рисунки 13а, 13в и 14а; а на с. 30 нитрид лития назван азидом лития.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация выполнена на высоком научном и профессиональном уровне. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Заключение. Представленная диссертационная работа Заварзина Семена Витальевича «Изучение физико-химических свойств интерметаллических соединений урана и плутония с благородными металлами для задач переработки облученного нитридного ядерного топлива», на соискание ученой степени кандидата химических наук, представляет собой законченный научный труд, результаты которого имеют важное теоретическое и практическое значение для создания научных основ технологии обращения с ОЯТ. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 02.00.14 – радиохимия и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным в п.п. 9-11, 13-14 Положения «О Порядке присуждения ученых степеней» (Постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 в ред. Постановления №

335 от 21.04.2016), а ее автор Заварзин Семен Витальевич достоин присвоения звания кандидат химических наук по специальности 02.00.14 – радиохимия.

Смирнов Игорь Валентинович

Доктор химических наук,

Ученое звание: старший научный сотрудник

Должность: Ученый секретарь

Структурное подразделение организации: отдел Ученого секретаря

Полное наименование организации: Акционерное общество «Радиовый институт имени В.Г. Хлопина»

Адрес организации: 194021, Санкт-Петербург, 2-ой Муринский пр. д. 28.

Интернет сайт организации: www.khlopin.ru

e-mail автора отзыва: igor_smirnov@khlopin.ru

Телефон автора отзыва: 812 2975667

Я, *Смирнов Игорь Валентинович*, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

22 марта 2019 г
дата



(подпись)