

Соискатель: **ЗАВАРЗИН СЕМЕН ВИТАЛЬЕВИЧ**

Тема диссертационной работы: **«ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНТЕРМЕТАЛЛИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ УРАНА И ПЛУТОНИЯ С БЛАГОРОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ ДЛЯ ЗАДАЧ ПЕРЕРАБОТКИ ОБЛУЧЕННОГО НИТРИДНОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА»**

Шифр и наименование научной специальности и отрасли науки, по которым выполнена диссертация:

02.00.14 – РАДИОХИМИЯ; ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

На заседании **11 АПРЕЛЯ 2019 ГОДА** ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ Д 002.109.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского Российской академии наук **ПРИНЯЛ РЕШЕНИЕ ПРИСУДИТЬ ЗАВАРЗИНУ СЕМЕНУ ВИТАЛЬЕВИЧУ** УЧЕНУЮ СТЕПЕНЬ **КАНДИДАТА ХИМИЧЕСКИХ НАУК** ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ **РАДИОХИМИЯ**.

На заседании из **29** человек, входящих в состав диссертационного совета, присутствовал **21** человек, из них **7** докторов наук по специальности радиохимия (химические науки). Результаты голосования: за - **21**, против - **нет**, недействительных бюллетеней – **нет** (Протокол № 9 от 11.04.2019).

ЯВОЧНЫЙ ЛИСТ

членов диссертационного совета Д 002.109.01 к заседанию совета 11 апреля 2019 г
по защите диссертации **Заварзина Семена Витальевича**
по специальности **02.00.14** – радиохимия; протокол № 9

	Фамилия И. О.	Ученая степень, шифр специальности и отрасль науки в совете	Явка на заседание (подпись)	Получение бюллетеня (подпись)
1	Мясоедов Борис Федорович (председатель совета)	Доктор химических наук, академик РАН, профессор 02.00.14 (химические науки)		
2	Колотов Владимир Пантелеймонович (зам. председателя)	Доктор химических наук, член-корреспондент РАН, 02.00.14 (химические науки)		
3	Спиваков Борис Яковлевич (зам. председателя)	Доктор химических наук, член-корреспондент РАН, 02.00.14 (химические науки)		
4	Захарченко Елена Александровна (ученый секретарь)	Кандидат химических наук, 02.00.14 (химические науки)		
5	Баранов Виктор Иванович	Доктор физико-математических наук, профессор, 02.00.02 (физ.-мат. науки)		
6	Большов Михаил Александрович	Доктор физико-математических наук, профессор, 02.00.02 (физ.-мат. науки)		
7	Волынский Анатолий Борисович	Доктор химических наук, 02.00.02 (химические науки)		
8	Грибов Лев Александрович	Доктор физико-математических наук, член-корреспондент РАН, 02.00.02 (физ.-мат.науки)		
9	Дворкин Владимир Ильич	Доктор химических наук, профессор, 02.00.02 (технические науки)		
10	Дедков Юрий Маркович	Доктор химических наук, профессор, 02.00.02 (химические науки)		
11	Дементьев Василий Александрович	Доктор физико-математических наук, профессор, 02.00.02 (физ.-мат.науки)		
12	Долгонос Анатолій Михайлович	Доктор химических наук, профессор, 02.00.02 (физ.-мат. науки)		
13	Зув Борис Константинович	Доктор технических наук, профессор, 02.00.02 (технические науки)		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.109.01,

созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 11.04.2019 № 9

О присуждении **Заварзину Семену Витальевичу**, гражданину России, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация **«Изучение физико-химических свойств интерметаллических соединений урана и плутония с благородными металлами для задач переработки облученного нитридного ядерного топлива»** по специальности 02.00.14 – радиохимия принята к защите 11 февраля 2019 года протокол № 5 диссертационным советом Д.002.109.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук, 119991, ГСП-1, Москва В-334, ул. Косыгина, 19. Приказ о создании совета № 75/нк от 15.02.2013.

Соискатель **Заварзин Семен Витальевич**, 1990 года рождения, в 2006 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева» по специальности «Наноматериалы». В 2015 г окончил очную аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте физической химии и электрохимии имени А.Н.Фрумкина Российской академии наук (ИФХЭ РАН). С.В. Заварзин работает ведущим инженером в структурном подразделении «Группа по выводу ЯРОО» Акционерного общества «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» (АО «ВНИИХТ»).

Диссертация выполнена в лаборатории высокотемпературной химии и электрохимии отделения «Химические технологии замкнутого ядерного топливного цикла» Акционерного общества "Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии".

Научные руководители:

доктор химических наук Ананьев Алексей Владиленович, главный научный сотрудник, Акционерное общество «Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара» (АО «ВНИИНМ»), отделение П-220, утвержден научным руководителем в 2018 году в связи со смертью Масленникова А.Г.

доктор химических наук Масленников Александр Глебович, ведущий научный сотрудник лаборатории химии технеция, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина» (ИФХЭ РАН).

Официальные оппоненты:

Смирнов Игорь Валентинович, доктор химических наук, старший научный сотрудник, Акционерное общество «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина», Отдел ученого секретаря, Ученый секретарь

Петров Владимир Геннадиевич, кандидат химических наук, доцент, заведующий лабораторией дозиметрии и радиоактивности окружающей среды, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ), химический факультет, кафедра радиохимии

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук (ИВТЭ УрО РАН, г. Екатеринбург) в своем положительном отзыве, подписанном главным научным сотрудником лаборатории радиохимии д.х.н. Смоленским В.В. и ведущим научным сотрудником лаборатории пирохимических процессов и электрохимической технологии д.т.н. Потаповым А.М., указала, что диссертационная работа посвящена **актуальной** теме разработки эффективных методов количественного извлечения урана и плутония из интерметаллических соединений (ИМС) в ходе переработки отработавшего нитридного топлива методами пироэлектрохимии и гидрометаллургии. В качестве **научной новизны** отмечены полученные впервые данные об электрохимических свойствах $PuPd_3$ в расплавленной смеси $3LiCl-2KCl$ и соединений UPd_3 , URh_3 и URu_3 в растворах 0,5-8 моль/дм³ HNO_3 . Отмечено, что полученные в работе данные могут быть использованы при разработке пироэлектрохимической технологии переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) в солевых расплавах, а также могут внести ряд уточнений в промышленную гидрометаллургическую технологию переработки ОЯТ, что обеспечивает

практическую значимость диссертационной работы

Соискатель имеет 16 опубликованных работ в виде статей и тезисов докладов, все они по теме диссертации, из них 4 статьи опубликованы в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК. Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. С.В. Заварзин, А.Г. Масленников, В.А. Ефимов, Ю.В. Савинков, С.А. Кузьмин, С.В. Томилин, А.Г. Осипенко, А.А. Маершин. Изготовление интерметаллида $PuPd_3$ и его электрохимические свойства в солевой эвтектике $3LiCl - 2KCl$ // Радиохимия, 2015, т. 57, N 6, с. 498–504.
2. С.В. Заварзин, А.Г. Масленников, К.Н. Гедговд, Г.С. Булатов, И.Э. Власова. Электрохимические свойства и растворение UPd_3 в азотнокислых растворах // Радиохимия, 2016, т. 58, N 5, с. 403–408.
3. С.В. Заварзин, А.Г. Масленников, К.Н. Гедговд, Г.С. Булатов. Электрохимические свойства и растворение URu_3 в азотнокислых растворах // Радиохимия, 2016, т. 58, N 6, с. 506–511.
4. С.В. Заварзин, А.В. Ананьев, А.И. Фадеев, М.Ю. Каленова, И.В. Кузнецов. Электрохимические свойства и растворимость URh_3 в азотнокислых растворах // Радиохимия, 2017, т. 59, N 6, с. 393–396.

В работах представлены результаты исследований по синтезу и изучению физико-химических и электрохимических свойств соединений $PuPd_3$, UPd_3 , URu_3 и URh_3 в расплавах и растворах. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах в диссертации отсутствуют. Требования к публикациям (пп. 13 и 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 в ред. Постановления № 335 от 21 апреля 2016 года) выполнены полностью. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации входят в российские и международные базы данных.

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов. Все отзывы положительные. Положительных отзывов без замечаний — 2. Отзывы поступили от:

1. Шубенкова Александра Николаевича, к.б.н., старшего научного сотрудника лаборатории клеточной биологии и патологии развития ФГБНУ «НИИ общей патологии и патофизики».
2. Никитина Святослава Александровича, к.х.н., технического директора ООО «НПО «ЭКОХИМПРИБОР».

Положительных отзывов с замечаниями – 4. Отзывы поступили от:

1. Кринова Дмитрия Игоревича, к.г.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории «Минералогия и обогащение рудного сырья» АО «ВНИИХТ».

- Упомянутые в автореферате и описанные в тексте самой диссертации фазы $PuPd_3$ и URu_3 , установленные в итоге исследования методом рентгенофазового анализа, характеризуются постоянным присутствием значимых концентраций примесных фаз. Эти фазы Автором не идентифицированы, хотя их наличие может играть важную роль в описываемых процессах.

- На представленных рисунках, а ряде диаграмм потенциалов, легенда к диаграмме чрезмерно громоздкая – затеняет собой значимую область самих измеренных величин.

2. Фиськова Антона Александровича, к.т.н., ведущего специалиста научно конструкторского управления АО «АТОМПРОЕКТ».

- Использование в качестве сравнительной характеристики слов «значительно» (стр. 12) не уместно или должно быть подкреплено численными значениями.

- Автор при изучении электрохимических свойств $PuPd_3$ в эвтектической смеси при анализе результатов говорит о полном растворении Pu-Pd при потенциалах, близких к значению стандартного потенциала с ссылкой на таблицу 2. Однако, из данных представленных в таблице 2 не видна связь потенциала и растворения Pu-Pd.

- Из данных таблицы 4 по скорости электрохимического растворения видно резкое снижение скорости при концентрации азотной кислоты 6 моль/дм³ с последующим увеличением при концентрации равной 8 моль/дм³. В тексте автореферата не объясняется данный эффект.

- В автореферате отсутствует единообразие применения сокращений. В тексте автореферата присутствуют как ссылки на список сокращений, так и расшифровка по тексту документа.

3. Апалькова Глеба Александровича, к.т.н., начальника отдела по новой технике и технологиям – руководителя проектного офиса «По управлению проектом «Создание технологии и обоснование опытно-промышленного производства РЕМИКС-топлива» ФГУП «ГХК».

- В тексте автореферата не предоставлено обоснование выбора именно соединения $PuPd_3$ для проведения исследований ИМС плутония с благородными металлами в СНУП ОЯТ, с учетом того, что проблемы при растворении ОЯТ в азотной кислоте возникают, в том числе, вследствие

присутствия плутония-рутениевых ИМС.

- С учетом ранее полученных данных, представленных в Трудах Радиевого института им. В.Г. Хлопина (Том XVII, 2014), в облученном топливе реакторов различного топи отмечено присутствие интерметаллических соединений родия и палладия с актинидами $(U_{1-x}Pu_x)(Rh_{1-y}Pd_y)_3$ и $(U_xPu_{1-x})(Rh_yPd_{1-y})_3$. В связи с этим представляется целесообразным проведение исследований ИМС указанного типа применительно к отработавшему нитриднему ядерному топливу.

- Наряду с проведенными экспериментами по изучению физико-химических свойств в расплаве и азотнокислой среде синтезированных ИМС урана и плутония с металлами платиновой группы, вероятно, также целесообразна проверка в идентичных условиях и подтверждение выявленных закономерностей с использованием топливных таблеток-имитаторов облученного СНУП-топлива с внесением в состав нитридной топливной композиции ИМС типа $U(Pu)Me_3$ ($Me=Ru, Rh, Pd$).

4. Семенова Александра Александровича, к.х.н., главного эксперта АО «ВНИИНМ».

- На странице 14 автореферата диссертант утверждает, что «...подобно чистым металлам, механизм растворения ИМС имеет автокаталитический характер и зависит от присутствия и скорости генерации азотистой кислоты...». Однако из текста не ясно, установлено ли это самим диссертантом или другими исследователями и не поясняется, на основе чего сделан этот вывод.

- В подписях к рисункам 6 и 7 не указаны ИМС, к растворению которых приведенные графики относятся. Это затрудняет восприятие приведенной информации.

В целом отмечается, что диссертация выполнена на высоком уровне и представляет собой актуальное для радиохимии научное исследование, касающееся исследования физико-химических и электрохимических свойств ИМС урана и плутония с благородными металлами, которое может служить основой для создания технологии переработки ОЯТ на основе смешанного нитрида урана и плутония – наиболее перспективного топлива для реакторов четвертого поколения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их научными и практическими достижениями в области радиохимии и электрохимии.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- предложены подходы к синтезу интерметаллических соединений урана и плутония с благородными металлами и созданию из них электродов для проведения электрохимических измерений;
- изучены электрохимические свойства соединения PuPd_3 в расплаве $3\text{LiCl}-2\text{KCl}$, доказана возможность разделения урана и палладия на этапе электрорафинирования, определено возможное влияние присутствия PuPd_3 на удержание плутония в анодном шламе;
- изучены электрохимические свойства соединений UPd_3 , URu_3 и URh_3 в азотнокислых растворах, получены основные коррозионные характеристики данных материалов;
- доказано, что растворимость интерметаллических соединений UPd_3 , URu_3 и URh_3 в растворах азотной кислоты определяется, прежде всего, свойствами благородных металлов, определены условия растворения соединений, предложены способы извлечения урана из соединений.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что применительно к проблематике работы был эффективно использован комплекс электрохимических экспериментальных методик для изучения физико-химических свойств малоизученного класса соединений – интерметаллидов актинидов с благородными металлами, которые могут присутствовать в отработавшем ядерном топливе (ОЯТ) и влиять на эффективность разрабатываемых методов переработки ОЯТ. Впервые описано электрохимическое поведение соединения PuPd_3 в процессе электрорафинирования, определены потенциалы анодного окисления Pu-Pd фаз с различным обогащением по плутонию, установлены основные закономерности анодного растворения сплава в расплаве хлоридов щелочных металлов. Впервые получены коррозионные характеристики соединений UPd_3 , URu_3 и URh_3 в растворах азотной кислоты. На основе полученных данных определено влияние благородных металлов на свойства их интерметаллических соединений с актинидами.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что определены условия, обеспечивающие разделение плутония и палладия в ходе электрорафинирования отработавшего нитридного топлива. Уточнено возможное влияние интерметаллических соединений благородных металлов с актинидами на отдельные этапы гидрометаллургического передела. Определены условия, способствующие увлечению делящегося материала в отходы отдельных этапов переработки топлива, предложены методические указания по

извлечению делящегося материала гидрометаллургическими методами. Полученные в работе данные могут служить основой при разработке технологий переработки нитридного ОЯТ. Разработанные подходы к синтезу интерметаллических соединений и созданию из них электродов для проведения электрохимических измерений, а также примененный в работе комплекс экспериментальных методик могут быть использованы для изучения физико-химических свойств широкого спектра соединений, как входящих в состав ОЯТ, так и встречающихся в других отраслях промышленности.

Оценка достоверности результатов исследования. Представленные в работе результаты были получены на сертифицированном оборудовании с использованием современных методов сбора и обработки данных. Достоверность представленных в диссертационной работе результатов обеспечена использованием аттестованных методов анализа, сходимостью результатов, полученных разными методами анализа, а также сравнением результатов с данными литературы.

Личный вклад автора. Автор лично занимался постановкой и проведением экспериментов, синтезировал образцы ИМС URu_3 , URh_3 и UPd_3 , занимался созданием токоподводов-держателей для проведения электрохимических измерений, занимался подготовкой образцов к физико-химическим и электрохимическим измерениям, лично проводил все электрохимические измерения, проводил анализ проб электролита методом спектрофотометрии, проводил анализ поверхности образцов ИМС методом оптической микроскопии, принимал активное участие при анализе образцов ИМС методом сканирующей электронной микроскопии, занимался анализом полученных результатов. Автором лично написана основная часть печатных работ.

Диссертационная работа Заварзина С.В. *«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 научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в ред. последующих изменений и дополнений). Работа содержит решение важной задачи радиохимии – создание новых подходов для обращения с облученным ядерным топливом, позволяющих уменьшить потери делящегося материала в ходе его переработки, а также извлекать полезные материалы в виде благородных

металлов из отходов ядерной промышленности. Содержание работы соответствует специальности 02.00.14 — радиохимия.

На заседании 11 апреля 2019 года диссертационный совет принял решение **присудить** Заварзину Семену Витальевичу, ученою степень кандидата химических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 7 докторов наук по специальности радиохимия, обеспечивающих химические науки, участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета, проголосовали за — 21, против — нет, недействительных бюллетеней — нет.

Председатель
диссертационного совета,
академик РАН,
доктор хим. наук



Мясоедов Борис Федорович

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат хим. наук



Захарченко Елена Александровна

11 апреля 2019 года



Подпись руки
удостоверяю

Мясоедов Борис Федорович
Захарченко Елена Александровна
Зав. канцелярией ГЕОХИ РАН