

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.232.41 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 07.06.2018 г. № 34.06–41–2–13

О присуждении Хоссейнпур Ханмири Мохаммад, гражданину Исламской республики Иран, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Исследование метамиктных минералов как природных аналогов матриц для иммобилизации актиноидов», по специальности 02.00.14 – радиохимия, принята к защите 03.04.2018 г., протокол № 34.06–41–2–8 диссертационным советом Д 212.232.41 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», находящегося по адресу 199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, д. 7-9, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Хоссейнпур Ханмири Мохаммад, 1986 года рождения, в 2014 году окончил магистратуру Института химии (по кафедре радиохимии) Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет». С 2014 года по настоящее время обучается в аспирантуре ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет» по направлению 02.00.14 – радиохимия. Не работает.

Диссертация выполнена на кафедре радиохимии Института химии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет».

Научный руководитель - доктор химических наук Ермоленко Юрий Евгеньевич ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Институт химии, кафедра радиохимии, профессор.

Официальные оппоненты:

**Алексеев Игорь Евгеньевич**, доктор химических наук, начальник метрологической службы – главный метролог Акционерного общества «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина»; Санкт-Петербург.

**Епимахов Виталий Николаевич**, доктор химических наук заведующий лабораторией радиохимических технологий ФГУП «НИТИ имени А.П. Александрова», Санкт-Петербург.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ) в своем положительном заключении, подписанном Титовым Анатолием Владимировичем, доктором физико-математических наук, руководителем Отделения перспективных разработок, указала, что диссертация М. Хоссейнпур Ханмири обладает внутренним единством и является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение поставленной задачи, касающейся исследования метамиктных титано-тантало-ниобатов как природных аналогов матриц для иммобилизации актинидов. По актуальности, степени обоснованности выводов, новизне и практической значимости диссертационная работа полностью отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 28.08.2017), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук. По своей тематике работа соответствует паспорту специальности 02.00.14 – радиохимия, а её автор, Хоссейнпур Ханмири Мохаммад, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по указанной специальности.

Соискатель имеет по теме диссертации 10 опубликованных работ: 4 публикации в рецензируемых научных изданиях и 6 – в сборниках тезисов

докладов конференций, общим объёмом 50 стр. Все публикации выполнены в соавторстве. Основной объём выполненных работ принадлежит соискателю.

Наиболее значимыми работами являются:

1. Hosseinpour Khanmiri M., Bogdanov R.V. On the feasibility of determining the  $^{230}\text{Th}$  activity in minerals without the addition of a Th radiotracer // **Applied Radiation and Isotopes**. 2018. Vol. 133. P. 57–60.
2. Hosseinpour Khanmiri M., Bogdanov R.V. Nuclear chemical effects in the paragenetic mineral association based on polycrase // **Radiochemistry**. 2018. Vol. 60. P. 79–91.
3. Hosseinpour Khanmiri M., Yanson S.Yu., Fomin E.V., Titov A.V., Grebeniuk A.V., Polekhovsky Yu.S., Bogdanov R.V. Uranium as a possible criterion for the hydro-chemical alteration of betafite // **Physics and Chemistry of Minerals**. 2018. Vol. 45. P. 549–562.

На автореферат поступили отзывы от Буракова Б. Е., докт. геол.-мин. наук, начальника лаборатории АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», Никандровой М. В., к.х.н., начальника лаборатории технологии и процессов отверждения РАО, АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», Гуржия В. В., канд. геол.-мин. наук, доцента каф. кристаллографии Института наук о Земле СПбГУ, ») которые характеризуют работу положительно, отмечают ее актуальность, научную новизну, практическую значимость, а также соответствие специальности 02.00.14 – радиохимия и требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук.

В отзывах на автореферат и диссертацию имеются следующие критические замечания, а также поставлены вопросы, уточняющие условия проведения и полученные результаты экспериментов:

Нет убедительного обоснования условий изохронного отжига: длительность 10 минут, с «шагом» в 200 градусов (оппонент Алексеев И.Е.), более целесообразно в диапазоне низких температур использовать не

изохронный вариант отжига (ведущая организация). Было ли исключено ли при выполнении эксперимента влияние интенсивного рентгеновского облучения на общую структуру минерала и валентные формы урана при использовании метода химического сдвига энергии рентгеновской эмиссионной линии урана (оппонент Алексеев И.Е.)? Утверждение об относительной устойчивости изотопа  $^{238}\text{U}$  в поликразе должно быть дополнено характеристикой степени метамиктности и химического повреждения бетафита, циркона или сфена (Бураков Б.Е.). Непонятно, зачем автор соотносит состав минеральной ассоциации Wk-7 с составом синтетического материала SYNROC (Бураков Б.Е.). Включение кремния в структуру Ti-Ta-Nb-оксида требует объяснений (Никандрова М.В.). В таблице 1 автореферата не приведены величины ошибки определения элементного состава исследуемого образца бетафита (Никандрова М.В.), Непонятно, почему коэффициент при иттрии не меняется при расчёте коэффициентов при Ca и U (Никандрова М.В.). В выводе №5 говорится, что «железо, содержащееся в фазе гематита, должно вводиться в группу А». Между тем во всех формулах, приведенных по тексту автореферата, оно находится в группе В (Никандрова М.В.). Как утверждение автора диссертации *«добавление кварца в матрицы способно сыграть роль ловушки или барьера для дочерних продуктов распада актиноидов»* соотносится с реальными керамическими матрицами, которые разрабатывают в разных странах для иммобилизации актиноидов? - (Бураков Б.Е.). Возможно ли идеально точно повторить и элементный состав, и структуру исследованных композиций, рекомендуемых в качестве матриц для иммобилизации актиноидов? - (Алексеев И.Е.). Для более надежных выводов о преимуществах матрицы на основе поликразы по сравнению с матрицей на основе бетафита или пироклора. надо выполнить ту процедуру, которую автор проделал для бетафита, а именно реконструировать первоначальный элементный состав поликразы, поскольку скорость метамиктизации зависит от содержания альфа-активных нуклидов (ведущая организация). Расхождение результатов,

полученных на первой и второй стадиях процедуры идентификации, требует, как и указано в диссертации, проведения контрольных экспериментов (ведущая организация). Встречаются погрешности в используемой терминологии: напечатано: «жилы толщиной 3-5 м», «осадки полевого шпата» (Епимахов В.Н.), «период полувыщелачивания» (Бураков Б.Е.; неуместное использование латинских аббревиатур (SEM, XRD, BSE) при наличии общепринятых сокращений на русском языке (Гуржий В.В.).

На все критические замечания и уточняющие вопросы соискателем даны исчерпывающие ответы.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что «**Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова**» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» является одной из ведущих организаций, специализирующейся в области химии актиноидов и проблем заключительной стадии ядерного топливного цикла. Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в вопросах, которые рассматриваются в диссертации соискателя, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**1. Получены новые результаты, отличающиеся высокой научной значимостью.**

Развита методология идентификации метамиктных Ti-Ta-ниобатов в составе полиминеральных ассоциаций. Предложенная методология позволяет определить не только минеральную группу, к которой принадлежит изучаемый Ti-Ta-ниобат, но и идентифицировать конкретные разновидности Ti-Ta-ниобатов внутри соответствующей группы. С использованием разработанной методологии впервые представлены экспериментальные доказательства присутствия поликразы в составе так называемых «виикитов» полуострова Нуолайнниемеи (Северное Приладожье). В связи с

использованием термического отжига, как одной из стадий идентификации, в диссертации указаны факторы, которые могут препятствовать восстановлению первоначальной кристаллической решетки метамиктного минерала при термическом воздействии на образец. В стандартную методику расчета минеральных формул Ti-Ta-ниобатов внесено дополнение, уточняющее расчет содержания катионов в группе А с учетом содержания железа в составе фазы гематита.

Разработана методология и соответствующая математическая модель для реконструкции первоначального элементного состава бетафита. В качестве критерия для оценки скорости гидрохимического изменения бетафита выбрана величина периода полувывщелачивания урана, рассчитываемая в рамках кинетики первого порядка. Сравнение минеральных формул современного и «молодого» бетафита показывает, что в результате процессов гидрохимического выветривания бетафит потерял более 50 % первоначального содержания урана. Для расчета констант скорости выщелачивания урана на основе отношения активностей изотопов  $AR(^{230}\text{Th}/^{238}\text{U})$  разработан метод определения альфа-активности нуклида без применения ториевого радиотрассера. Данный метод не требует использования «high resolution alpha-spectrometry» и от описанных в литературе методов отличается простотой выполнения и более высокой точностью получаемых результатов.

**2. Практическая значимость** результатов подтверждается тем, что полученные данные о более высокой химической стойкости поликразы по отношению к метамиктному распаду и воздействию природных флюидов (по сравнению с бетафитом и пироксеном) могут быть использованы в технологии изготовления матриц, предназначенных для иммобилизации актинидов. Химическая стойкость является одной из основных характеристик матриц для иммобилизации высокоактивных отходов. Данный параметр «определяет степень закрепления нуклидов в отвержденных отходах» (ГОСТ Р 5092696), однако подразумевает удержание в матрице

только материнских, но не дочерних нуклидов. Исследуя эффекты Ширвингтона и Шенга-Куроды в полиминеральной ассоциации на основе поликразы, соискатель получает сведения о поведении и фазовом распределении изотопа  $^{234}\text{U}$  как аналога радиогенных продуктов альфа-распада актинидов, инкорпорированных в минералоподобные формы матриц. Установлено, что значительная часть радиогенных атомов урана-234, испускаемых зернами поликразы в результате ядерной отдачи, захватывается силикатной фазой и сохраняется в составе минеральной композиции. Сделан вывод о целесообразности разработки технологии синтеза керамических матриц, включающих инертную фазу в качестве коллектора атомов отдачи. Результаты работы используются в учебных дисциплинах «Природные ядерно-химические процессы» и «Научные основы обращения с радиоактивными отходами» (магистратура СПбГУ).

**3. Достоверность результатов работы** определяется воспроизводимостью и согласованностью результатов, полученных разными методами и в разное время, с использованием современного оборудования Ресурсных Центров Научного Парка СПбГУ: "Рентген-дифракционных методов исследования", «Микроскопии и микроанализа», «Нанотехнологии», а также «Аналитической лаборатории» ГМК «Норильский никель», лаборатории рентгеноспектрального анализа ПИЯФ и лаборатории альфа-спектрометрического анализа кафедры радиохимии СПбГУ.

**4. Личный вклад соискателя** состоит в том, что основные экспериментальные результаты, приведенные в диссертации, получены лично автором либо сотрудниками ресурсных центров при его участии. Автор провел поиск, анализ и систематизацию литературы по тематике диссертации, принимал участие в планировании экспериментов, разработке оригинальных методик их проведения, выборе темы исследования, определении цели и задач, обсуждении полученных результатов и их апробации. Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация М. Хоссейнпур Ханмири представляет собой научно-квалификационную

работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны количественные критерии для выбора конкретного Ti-Ta-ниобата в качестве оптимального матричного материала для подземного захоронения актинидов. В работе решены три задачи: 1) создания химических условий для изоморфного (изодиморфного) вхождения актинидов различной валентности в соответствующие кристаллографические позиции минеральных фаз; 2) обеспечения минимального растворения синтезируемых композитов при контакте с грунтовыми водами; 3) сведения к минимуму влияние ядерных эффектов альфа-распада в актинид-содержащих матрицах. Выполнение п.1 обеспечивается вхождением актинидов в группу А в обоих изученных группах минералов. Однако такие количественные показатели, как доля четырехвалентного урана в минерале, соотношение активностей изотопов  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  в минерале в целом или в валентных формах урана, в различных фазах и гранулометрических фракциях поликраза однозначно свидетельствуют о более высокой химической устойчивости поликраза по сравнению с минералами группы пироклора и, следовательно, о более высоком качестве матриц на основе поликраза. Это позволяет осуществить выбор матричных материалов для изоляции актинидов от биосферы на срок 10000 лет и более.

Совокупность соответствующих экспериментальных результатов можно квалифицировать как научное достижение. Диссертация соответствует критериям, установленным в п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013г.

На основании вышеизложенного на заседании 07.06.2018 г. диссертационный совет принял решение присудить М. Хоссейнпур Ханмири ученую степень кандидата химических наук по специальности 02.00.14 – радиохимия.



При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвующих в заседании из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту 0 человек, проголосовавших «за» 18, «против» нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель диссертационного совета

Д 212.232.41

Мурин Игорь Васильевич

Секретарь диссертационного совета

Д 212.232.41

Шугуров Сергей Михайлович

07.06.2018