

Соискатель: **БУТКАЛЮК ИРИНА ЛЬВОВНА**

Тема диссертационной работы:

«ПОЛУЧЕНИЕ ^{227}Ac И $^{228,229}\text{Th}$ ИЗ ОБЛУЧЕННОГО В ВЫСОКОПОТОЧНОМ РЕАКТОРЕ ^{226}Ra , ВЫДЕЛЕННОГО ИЗ ОТРАБОТАВШИХ ИСТОЧНИКОВ»

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

1.4.13 – РАДИОХИМИЯ; ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

На заседании **13 ОКТЯБРЯ 2022 ГОДА** ДИССЕРТАЦИОННЫЙ СОВЕТ 24.1.195.01 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 БУТКАЛЮК ИРИНЕ ЛЬВОВНЕ УЧЕНУЮ СТЕПЕНЬ КАНДИДАТА ХИМИЧЕСКИХ НАУК** ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ **РАДИОХИМИЯ** за новые научно-обоснованные подходы к решению задачи регенерации радия из отработавших радиевых источников, а также создание технологии изготовления радиевых мишеней и переработки облученного материала с целью выделения ^{227}Ac и $^{228,229}\text{Th}$, имеющие существенное значение для радиохимии и ядерной медицины.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **19** человек (**16** присутствовали на заседании очно, **3** – в удаленном интерактивном режиме), из них **5** докторов наук по специальности 1.4.13 – Радиохимия, из **28** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – **19**, против – **0**; не голосовали – **0**.

(Протокол № 12 от 13.10.2022).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.195.01 (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 13.10.2022 № 12

О присуждении Буткалюк Ирине Львовне, гражданке РФ, ученой степени кандидата химических наук. Диссертация «Получение ^{227}Ac и $^{228,229}\text{Th}$ из облученного в высокопоточном реакторе ^{226}Ra , выделенного из отработавших источников» по специальности 1.4.13 - Радиохимия принята к защите 21.07.2022 (протокол заседания №9) диссертационным советом 24.1.195.01, 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 (ГЕОХИ РАН); 119991, ГСП-1, Москва, ул. Косыгина, 19; приказ о создании диссертационного совета № 75/нк от 15.02.2013.

Соискатель Буткалюк Ирина Львовна, 11 августа 1985 года рождения, в 2008 году соискатель окончила Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, работает старшим научным сотрудником в Акционерном обществе «Государственный научный центр научно-исследовательский институт атомных реакторов» Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом».

Диссертация выполнена в Радиохимической лаборатории Отделения радионуклидных источников и препаратов Акционерного Общества «Государственный научный центр научно-исследовательский институт атомных реакторов» Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом».

Научный руководитель - кандидат химических наук Ротманов Константин Владиславович, Акционерное Общество «Государственный научный центр научно-исследовательский институт атомных реакторов», Отделение радионуклидных источников и препаратов, радиохимическая лаборатория, начальник лаборатории.

Официальные оппоненты:

Жуйков Борис Леонидович, доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт Ядерных Исследований Российской академии наук, лаборатория изотопного комплекса отдела экспериментальной физики, главный научный сотрудник;

Нерозин Николай Александрович, кандидат технических наук, Акционерное общество Государственный научный центр Российской федерации - физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского, научно-производственный комплекс изотопов и радиофармпрепаратов, научный руководитель

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской

академии наук (ИФХЭ РАН, г. Москва) в своем положительном отзыве, подписанном **Милютиным Виталий Витальевичем**, доктором химических наук, заведующим лабораторией хроматографии радиоактивных элементов ИФХЭ РАН указала, что тема диссертационной работы Буткалюк И.Л. является, несомненно, актуальной. Это связано с тем, что активное развитие ядерной медицины создает предпосылки для поиска новых способов получения радионуклидов. Альфа-излучающие радионуклиды, обладающие высокой линейной передачей энергии и в то же время малым пробегом в организме, перспективны в терапии злокачественных новообразований. Облучение ^{226}Ra в высокопоточном реакторе СМ-3 позволяет наработать изотопы ^{227}Ac , ^{228}Th и ^{229}Th , которые являются материнскими для целого спектра короткоживущих альфа-эмиттеров медицинского назначения. **Научная новизна** работы состоит в том, что определены выходы ^{227}Ac , ^{228}Th , ^{229}Th и ^{228}Ra , а также степень выгорания ^{226}Ra при облучении в высокопоточном реакторе СМ в течение одной кампании. Установлен факт образования значимых количеств ^{228}Ra при облучении ^{226}Ra . Определено сечение захвата нейтронов ^{227}Ra $\sigma_{\text{эфф}}(^{227}\text{Ra}) \approx 1,5 \cdot 10^3$ Барн. Разработан способ перевода RaSO_4 в карбонат при его растворении в карбонатном растворе ЭДТА с последующим вытеснением Ra из комплекса с ЭДТА ионами Pb^{2+} . Установлены оптимальные условия работы методики: $0,1 < [\text{Na}_2\text{CO}_3] < 0,6\text{M}$; $[\text{RaSO}_4] > [\text{ЭДТА}] > [\text{Pb}(\text{NO}_3)_2] > 0,002\text{M}$. Разработана методика и определены условия очистки радия от примесей на катионите BioRad AG50x8. Определены коэффициенты распределения бария и радия между смолой и растворами $(\text{NH}_4)_2\text{ЭДТА}$ в зависимости от pH раствора, концентрации ацетатно-аммиачного буферного раствора и концентрации $(\text{NH}_4)_2\text{ЭДТА}$. Впервые получены и охарактеризованы методом рентгенофазового анализа новые соединения радия: RaPbO_3 , RaNiO_3 , RaFeO_{3-x} . Для RaPbO_3 определены значения межплоскостных расстояний, параметр кристаллической решетки и кристаллографическая плотность. Для RaCrO_4 проведено уточнение параметров кристаллической решетки. Данные о кристаллической структуре новых соединений радия и об условиях их образования вносят существенный вклад в понимание химических свойств соединений радия, что подтверждает **теоретическую значимость работы**. Данные о сечении реакции захвата нейтронов ^{227}Ra будут включены в базы данных сечений ядерных реакций, что позволит проводить расчетные оценки выходов радионуклидов при облучении с большей точностью. **Практическая значимость работы** подтверждается тем, что полученные результаты положены в основу технологии создания регулярного производства альфа-эмиттеров медицинского назначения путем облучения ^{226}Ra в высокопоточном реакторе СМ-3 в АО «ГНЦ НИИАР». В настоящее время из накопленного ^{227}Ac проведено выделение опытных партий препаратов ^{227}Th и ^{223}Ra медицинского назначения.

Все выдвинутые на защиту положения научно обоснованы. Тема и содержание диссертационной работы соответствуют паспорту специальности 1.4.13 – радиохимия. Диссертационное исследование **Буткалюк Ирины Львовны**, в котором решена научная задача получения ^{227}Ac и $^{228,229}\text{Th}$ путем облучения ^{226}Ra в высокопоточном реакторе и регенерации радия из отработавших ресурс источников,

является завершённой научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.13 – Радиохимия.

Соискатель имеет 103 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 35 работ, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в Международных реферативных базах данных и рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов диссертации, опубликовано 4 работы, также получено 2 патента РФ.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Буткалюк П.С., Буткалюк И.Л., Томилин С.В., Колобова А.С., Абдуллов Р.Г., Ротманов К.В. Исследование взаимодействия соединений радия с конструкционными материалами. // Радиохимия. 2021. Т. 63. N 3. С. 1-9.
2. Кузнецов Р.А., Буткалюк П.С., Буткалюк И.Л. Разработка экспресс-метода регенерации радия из сульфата. // Радиохимия. 2013. Т. 55. N 1. С.78-81.
3. Буткалюк П.С., Буткалюк И.Л., Кузнецов Р.А., Томилин С.В. Синтез и рентгенографическое исследование плюмбата радия. // Радиохимия. 2013. Т. 55. N 1. С.19-22.
4. Кузнецов Р.А., Буткалюк П.С., Тарасов В.А., Баранов А.Ю., Буткалюк И.Л., Романов Е.Г., Куприянов В.Н., Казакова Е.В. Выходы продуктов активации при облучении ^{226}Ra в высокопоточном реакторе СМ. // Радиохимия. 2012. Т. 54. N 4. С. 352–356.
5. Буткалюк П.С., Буткалюк И.Л. Способ регенерации радия из сульфата. Патент РФ № 2441842 от 10.02.2012.
6. Буткалюк П.С., Тарасов В.А., Буткалюк И.Л., Корнилов А.С. Конструкция реакторной мишени получения радиоактивных изотопов и способ ее изготовления. Патент РФ № 2724108 от 22.06.2020.

В работах представлены результаты выбора оптимальных условий выделения радия от примесей методом катионообменной хроматографии на сорбенте BioRad AG50x8 в присутствии ЭДТА, условия получения и характеристики новых соединений радия. Показаны результаты радиохимических переработок облученных радиевых мишеней, определены выходы ^{227}Ac и $^{228,229}\text{Th}$ и степень выгорания ^{226}Ra . Все опубликованные работы Буткалюк И.Л. соответствуют теме диссертационной работы. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах в диссертации отсутствуют. Требования к публикациям (пп. 13 и 14 *Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842, ред. от 26.09.2022 "О порядке присуждения ученых степеней" (вместе с "Положением о присуждении ученых степеней")*.) выполнены полностью. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации входят в российские и международные базы данных, а также в перечень изданий ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертационных исследований, в том числе по специальности 1.4.13 – радиохимия.

На диссертацию и автореферат поступили 11 отзывов. Все – положительные. Отзывы без замечаний (4) поступили от:

Аксенова Николая Викторовича, кандидата химических наук, начальника радиохимического сектора Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н. Флерова. Объединённый институт ядерных исследований, Дубна.

Чернышевой Марии Григорьевны, доктора химических наук, доцента химического факультета кафедры радиохимии МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва.

Джанелидзе Арсена Александровича, кандидата физико-математических наук, начальника лаборатории радиоизотопных технологий отделения радиоизотопных технологий АО «Институт реакторных материалов», г. Заречный.

Тананаева Ивана Гундаровича, доктора химических наук, чл.-корр. РАН, заместителя генерального директора по научно-инновационной деятельности Федерального исследовательского центра Кольский научный центр Российской академии наук, г. Апатиты.

Положительные отзывы с вопросами, замечаниями и рекомендациями (7) поступили от:

Семенищева Владимира Сергеевича, кандидата химических наук, доцента кафедры радиохимии и прикладной экологии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург:

1. Мишень для облучения помимо собственно радия содержит свинец. Будет ли при облучении в реакторе происходить образование каких-либо мешающих изотопов?
2. Если целесообразность производства Ac-227 и Th-229 сомнений не вызывает, то вопрос о перспективах применения Th-228 остается открытым. В каком виде данный изотоп может использоваться в ядерной медицине и каковы перспективы его использования?
3. В табл. 3 указано, что при наработке опытных партий Ac-227 доля гамма-излучающих примесей (по активности) составила от 2,3 до 6,4%. Хотелось бы понять, является ли это приемлемым загрязнением с точки зрения дальнейшего применения актиния в медицине.

Волковой Татьяны Сергеевны, кандидата химических наук, начальника группы ЦЗЛ Федерального государственного унитарного предприятия «Производственное объединение «МАЯК»», г. Озерск:

1. В тексте автореферата на стр. 12 упоминается об образовании пломбата бария при температуре выше 500°C, однако возникает ряд неточностей. Во-первых, шаг температуры прокалики достаточно большой (после 150°C, сразу значение 500°C). Во-вторых, отсутствуют массовые доли каждой фазы в продукте (в тексте диссертации в таблице 15 тоже отсутствуют). Это затрудняет определение температуры (или диапазона) образования пломбата бария и степень вхождения в данное соединение бария (как микрокомпонента).

2. На стр.13 текста автореферата упоминается об исследовании равномерности распределения бария в матрице из оксида свинца методом растровой электронной микроскопии (элементный анализ в точке и на площади). Численные данные приведены в приложении Б текста диссертации. Для смеси карбонатов бария и свинца сумма массовых долей бария и свинца составляет около 90% (таблица Б1 диссертации), а смеси нитратов – около 100% (таблица Б2 диссертации). На какие элементы приходится оставшиеся 10%? Данный анализ также проведен на площади 120*90 мкм. Какова площадь мишени? Во сколько раз исследуемый участок меньше? Насколько корректно делать выводы о равномерности распределения микрокомпонента?

3. На стр.14 автореферата указано «прокаливание образцов при температурах близких к температуре плавления оксида свинца (886°C) незначительно изменяет характер распределения компонентов, зерна оксида свинца принимают округлую форму, что хорошо просматривается на рисунках 6В и 7В. Во-первых, температура прокаливания 886°C отсутствует в приведенных данных как текста автореферата, так и диссертации (наиболее высокая температура 800°C). Во-вторых, разный масштаб представленных фотографий также не позволяет сделать вывод об изменении формы частиц.

Семенова Александра Александровича, кандидата химических наук, главного эксперта научно-исследовательского отделения разработки технологии и оборудования специальных неядерных материалов и изотопной продукции АО ВНИИНМ имени академика А.А. Бочвара, г. Москва:

1. Диссертант исследует облучаемые материалы методом растровой электронной микроскопии (РЭМ), чтобы определить в них равномерность распределения в них бария (имитатора радия), однако по изображениям РЭМ (рисунки 6-7) сделать выводы об этом не представляется возможным. Скорее всего, в подписях к этим рисункам забыли указать, что они отражают результаты рентгеноспектрального элементного микроанализа бария.

Гомзиной Натальи Анатольевны, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника лаборатории радиохимии Института мозга человека им. Н.П. Бехтеревой Российской академии наук, г. Санкт-Петербург:

1. Насколько предложенная технология (комплексный метод) является новой? Если впервые она так успешно апробирована, то выводы звучат очень скромно, и возможно стоило бы написать: «Предложен комплексный подход и разработана новая технология...».

Блохина Александра Андреевича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой технологии редких элементов и наноматериалов на их основе Санкт-Петербургского государственного технологического университета (Технический Университет) (г. Санкт-Петербург) и **Афонины Михаила Александровича**, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника той же кафедры

1. В тексте автореферата иногда встречаются неудачно сформулированные положения. Например, на стр. 9 буферный раствор с рН 4.5 почему-то назван ацетатно-аммиачным, а не ацетатным, а ниже сказано, что «с увеличением концентрации буферного раствора происходит снижение коэффициента распределения радия», а вслед за этим «Во избежание значительного снижения коэффициента распределения радия, сорбцию целесообразно проводить при концентрации буферного раствора не менее 1 М».

Сидоренко Георгия Васильевича, доктора химических наук, ведущего научного сотрудника Акционерного общества «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», г. Санкт-Петербург:

1. При формулировании элементов научной новизны и положений, выносимых на защиту, данные по новым соединениям радия возникают несколько неожиданно, так как их синтез и идентификация не фигурировали в числе сформулированных задач работы.

2. Поскольку свинец используется в качестве неизотопного носителя, целесообразно кратко указать, какие нуклиды могут образоваться при его облучении и могут ли они негативно повлиять на качество конечного продукта.

3. На основании каких данных нарисована структура плюмбата радия (рисунок 5)? По аналогии с соответствующим соединением бария?

Философова Дмитрия Владимировича, кандидата химических наук, начальника сектора Научно-экспериментального отдела ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем Объединённого института ядерных исследований, г. Дубна:

1. Методики разделения радия от примесей и продуктов реакций хорошо продуманы и достигают поставленных целей. Однако изложение (глава 3) хроматографического разделения Ra на катионите в автореферате носит фрагментарный характер. В нем не указано, что на катионитной колонке идет отделение Ra от Pb, об этом приходится только догадываться. В этом плане, указание в работе на стр.9: «Остальные примеси элюируются раньше, так как образуют более прочные комплексы с ЭДТА, чем Ba и Ra» вообще говоря, не совсем строго. Для металлов с валентностью, отличающейся от 2, это является и функцией концентрации иона вытеснителя, и уже для всех металлов – концентраций ЭДТА и примесей, самого Ra, а также емкости сорбента. Тем более в работе явно не приводятся концентрации примесей, свинца и размеры хроматографической колонки (рис.3).

2. Страница 10 автореферата заканчивается предложениями: «На рис. 3 представлены полученные кривые элюирования Ra и Ba. Для хроматограммы были рассчитаны число теоретических тарелок, которое составило для Ba и Ra 1113 и 273 соответственно, и коэффициент селективности, который составил 1.25. Вообще говоря, понятие число теоретических тарелок, относится, прежде всего, к колонке. Принято определять число теоретических тарелок при изократическом режиме разделения элементов, что нельзя сказать о разделении, приведенном на рис.3. Подобное можно сказать и о факторе разделения («коэффициент селективности»).

3. Рассматривали ли автор растворение сульфата радия в присутствии ионообменных смол?

В целом в поступивших отзывах отмечается, что представленные замечания не снижают научной значимости работы и могут рассматриваться как рекомендации для развития исследований. В диссертационной работе Буткалюк И.Л. «Получение ^{227}Ac и $^{228,229}\text{Th}$ из облученного в высокопоточном реакторе ^{226}Ra , выделенного из отработавших ресурс источников» была решена задача извлечения радия из отработавших ресурс источников ионизирующего излучения, его очистки от примесей с целью последующего изготовления мишеней для облучения и выделения из короткоживущих альфа-эмиттеров актиния и тория медицинского назначения. Диссертация является законченным исследованием, обладает всеми признаками новизны и вызывает большой научный и практический интерес в области современной радиохимической науки и ядерной медицины, соответствует требованиям п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней для кандидатских диссертаций, а ее автор И.Л. Буткалюк достойна присуждения степени кандидата химических наук по специальности радиохимия.

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

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований разработан комплексный подход вторичного использования Ra из отработавших выдержанных источников, включающий извлечение Ra из источников, его очистку, изготовление мишеней, их облучение в реакторе, последующее растворение и выделение ^{227}Ac и $^{228,229}\text{Th}$. Для источников, не содержащих RaSO_4 , проводят сначала растворение в смеси азотной и хлороводородной кислот, затем соосаждение нитратов радия и свинца из 16 М HNO_3 и последующую катионообменную очистку радия на сорбенте BioRad AG 50x8 в присутствии $(\text{NH}_4)_2\text{ЭДТА}$. Для источников, содержащих RaSO_4 , разработан способ перевода RaSO_4 в карбонат, заключающийся в его растворении в растворе ЭДТА, содержащем Na_2CO_3 , с последующим вытеснением Ra из комплекса с ЭДТА Pb^{2+} в виде $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Установлены оптимальные условия работы методики: $0,1 \text{ M} < [\text{Na}_2\text{CO}_3] < 0,6 \text{ M}$, $0,002 \text{ M} < [\text{RaSO}_4] < [\text{ЭДТА}] < [\text{Pb}(\text{NO}_3)_2]$.

Предложен способ очистки радия на сорбенте BioRad AG 50x8 в присутствии $(\text{NH}_4)_2\text{ЭДТА}$. Определены $K_d(\text{Ra})$ и $K_d(\text{Ba})$ в зависимости от pH раствора, от концентрации буферного раствора, от концентрации $(\text{NH}_4)_2\text{ЭДТА}$ в статических условиях. Выбраны оптимальные условия для сорбции: pH 4,5, $C_{\text{буф. р-ра}} = 1 \text{ M}$, $C(\text{NH}_4)_2\text{ЭДТА} = 0,02 \text{ M}$; и для элюирования: pH 8,0, $C_{\text{буф. р-ра}} = 0,05 \text{ M}$.

Разработана методика изготовления и радиохимической переработки облученной радиевой мишени, а также конструкция оболочки из нержавеющей стали, позволяющая избежать образования радиоактивных аэрозолей при изготовлении стартового материала. Получены опытные партии тория с химическим выходом более 95%, удельная активность ^{228}Th составила 670-738 Ки/г, содержание гамма примесей не превышало 0,11%, альфа примесей ^{226}Ra и ^{227}Ac - 0,7%. Получены

опытные партии ^{227}Ac , химический выход составлял 65-95%, содержание гамма-примесей в партиях ^{227}Ac не превышало 6,4%, альфа-примесей ^{226}Ra и ^{228}Th - 1%.

Определены экспериментальные выходы ^{227}Ac , $^{228,229}\text{Th}$ при облучении ^{226}Ra в высокопоточном реакторе СМ. Выход ^{227}Ac при облучении радия в течение 1 кампании составляет 0,02-0,03 г, выход ^{228}Th - 0,036-0,05 г, выход ^{229}Th - 0,004-0,007 г на 1 г ^{226}Ra соответственно. Доля выгоревшего радия - 10-16%.

Установлен факт образования значимых количеств ^{228}Ra при облучении ^{226}Ra . С использованием программы Chain Solver определено сечение захвата нейтронов ^{227}Ra , которое составило $\sigma_{\text{эфф}}(^{227}\text{Ra}) \approx 1500$ барн.

Получены и охарактеризованы методом рентгенофазового анализа новые соединения радия: RaPbO_3 , RaNiO_3 , RaFeO_{3-x} . Для RaPbO_3 определены значения межплоскостных расстояний, параметр кристаллической решетки ($a=4,306 \text{ \AA}$) и кристаллографическая плотность ($\rho=10,004 \text{ г/см}^3$). Проведено уточнение параметров кристаллической решетки хромата радия RaCrO_4 ($a= 9,260\pm 0,001 \text{ \AA}$, $b=5,5870\pm 0,0003 \text{ \AA}$ и $c=7,4644\pm 0,0007 \text{ \AA}$).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что применительно к проблематике диссертации получены данные о сечении реакции захвата нейтронов ^{227}Ra , которые носят фундаментальный характер и будут включены в базы данных сечений ядерных реакций. Это позволит проводить с более высокой точностью расчетные оценки выходов радионуклидов при облучении. Определена кристаллическая структура новых соединений радия, а также выявлены условия образования новых соединений радия, что вносит существенный вклад в расширение представлений о поведении и о химических свойствах соединений радия.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что в рамках работы разработаны и апробированы методики выделения радия из отработавших источников, а также его очистки от примесей. С использованием развиваемого подхода переработано 11 радиевых источников с содержанием радия 750 мг, получено 3,6 Ки ^{228}Th , 156 мКи ^{227}Ac . Разработаны методики изготовления стартовой радиевой мишени (в том числе разработана и запатентована конструкция мишени) и радиохимической переработки облученного материала. Эти методики положены в основу действующих технологических инструкций АО «ГНЦ НИИАР» «Изготовление фильтр-патронов с радийсодержащей стартовой композицией» и «Получение препаратов $^{228}\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ и $^{227}\text{Ac}(\text{NO}_3)_3$ из облученного радия» и подтверждены двумя патентами.

Оценка достоверности результатов исследования. Достоверность полученных результатов диссертационной работы обеспечена использованием современных расчетных и инструментальных методов анализа веществ и материалов, в том числе альфа-спектрометрии, гамма-спектрометрии, порошковой рентгеновской дифрактометрии, растровой электронной микроскопии с рентгеноспектральным микроанализом, масс-спектрометрии, атомно-эмиссионного анализа, а также высокой сходимостью результатов параллельных исследований.

Личный вклад соискателя состоит в анализе литературных данных по теме исследования; участии в постановке цели и задач работы; синтезе образцов-



ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ГЕОХИ РАН)

Протокол № 12

заседания диссертационного совета 24.1.195.01

от 13.10.2022

Состав диссертационного совета утвержден в количестве **28** человек. Присутствовали на заседании **19** человек (16 – очно, 3 – удаленно).

Председатель: д. хим.наук, профессор Колотов Владимир Пантелеймонович, чл.-корр. РАН (зам. председателя совета)

Присутствовали: член-корр. РАН, д. хим.наук, профессор Колотов Владимир Пантелеймонович, д. хим.наук Гречников Александр Анатольевич, д. физ.-мат.наук, профессор Дементьев Василий Александрович, д. биол.наук, профессор Ермаков Вадим Викторович, д. техн.наук, профессор Зуев Борис Константинович, д. геол.-мин.наук, доцент Коробова Елена Михайловна, д. хим.наук Кубракова Ирина Витальевна, академик РАН, д. хим.наук Калмыков Степан Николаевич, д. хим.наук Куляко Юрий Михайлович, д. хим.наук Марютина Татьяна Анатольевна, чл.-корр. РАН, д. биол.наук Моисеенко Татьяна Ивановна, д. хим.наук Новиков Александр Павлович, д. физ.-мат.наук Прудковский Андрей Гаральдович, д. хим.наук Ревельский Александр Игоревич, д. техн.наук Севастьянов Вячеслав Сергеевич, д. хим.наук Федотов Петр Сергеевич, д. физ.-мат.наук, профессор Филиппов Михаил Николаевич д. хим.наук Шкинев Валерий Михайлович, к. хим.наук Захарченко Елена Александровна (всего 19 человек)

Слушали:

Защиту диссертационной работы Буткалюк Ирины Львовны «Получение ^{227}Ac и $^{228,229}\text{Th}$ из облученного в высокопоточном реакторе ^{226}Ra , выделенного из отработавших источников» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.13 – радиохимия.

Диссертационная работа выполнена в Радиохимической лаборатории Отделения радионуклидных источников и препаратов Акционерного Общества «Государственный научный центр научно-исследовательский институт атомных реакторов» (АО ГНЦ НИИАР, Димитровград).

Научный руководитель работы – кандидат химических наук Ротманов Константин Владиславович, начальник радиохимической лаборатории Отделения радионуклидных источников и препаратов АО ГНЦ НИИАР.

Официальные оппоненты по диссертации:

Жуйков Борис Леонидович, доктор химических наук, главный научный сотрудник лаборатории изотопного комплекса отдела экспериментальной физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института Ядерных Исследований Российской академии наук;

Нерозин Николай Александрович, кандидат технических наук, научный руководитель научно-производственного комплекса изотопов и радиофармпрепаратов Акционерного общества Государственный научный центр Российской федерации - физико-энергетический институт имени А.И. Лейпунского

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, г. Москва

Основное содержание диссертации опубликовано в 35 работах, из которых в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в Международных реферативных базах данных и рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов диссертации, опубликовано 4 работы, также получено 2 патента РФ. Требования к публикациям основных научных результатов, предусмотренные п.11 – 13 Положения, а также требования п. 10 и 14 выполнены полностью.

Отзывы оппонентов и ведущей организации – положительные. На диссертацию поступило 11 отзывов – все отзывы положительные.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Основные вопросы касались перспектив внедрения разработанного диссертантом способа переработки ^{226}Ra и получения ^{227}Ac и $^{228,229}\text{Th}$ в практику АО «ГНЦ НИИАР». Соискатель И.Л.Буткалюк дал аргументированные ответы на все задаваемые в ходе заседания вопросы и высказанные замечания. Приведенная ею аргументация была положительно оценена присутствующими на заседании оппонентами и членами диссертационного совета.

Постановили:

Диссертационная работа **Буткалюк Ирины Львовны «Получение ^{227}Ac и $^{228,229}\text{Th}$ из облученного в высокопоточном реакторе ^{226}Ra , выделенного из отработавших источников»** на соискание ученой степени кандидата химических наук представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям п.9 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 26.09.2022) "О порядке присуждения ученых степеней" (вместе с "Положением о

присуждении ученых степеней"). Содержание работы соответствует специальности 1.4.13 – радиохимия.

На заседании 13 октября 2022 г. диссертационный совет принял решение: за **новые научно-обоснованные подходы к решению задачи регенерации радия из отработавших радиевых источников, а также создание технологии изготовления радиевых мишеней и переработки облученного материала с целью выделения ^{227}Ac и $^{228,229}\text{Th}$, имеющие существенное значение для радиохимии и ядерной медицины**, присудить Буткалюк И.Л. ученую степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **19** человека (**16** присутствовали на заседании очно, **3** – в удаленном интерактивном режиме), из них **5** докторов наук по специальности 1.4.13 – радиохимия, из **28** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – **19**, против – **0**; не голосовали – **0**.

Зам. председателя
диссертационного совета,
чл.-корр. РАН,
доктор хим. наук

Колотов Владимир Пантелеймонович

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат хим. наук



Захарченко Елена Александровна

13 октября 2022 года