

Соискатель: **БУБЕНЩИКОВ ВИКТОР БОРИСОВИЧ**

Тема диссертационной работы:

**«ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОЧИСТЫХ ПРЕПАРАТОВ  $^{89}\text{Zr}$ , ПРИГОДНЫХ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РАДИОНУКЛИДНОЙ ДИАГНОСТИКЕ»**

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

**1.4.13 – РАДИОХИМИЯ; ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

На заседании **29 ФЕВРАЛЯ 2024 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 БУБЕНЩИКОВУ ВИКТОРУ БОРИСОВИЧУ УЧЕНУЮ СТЕПЕНЬ КАНДИДАТА ХИМИЧЕСКИХ НАУК ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ РАДИОХИМИЯ** за разработку метода получения высокочистых растворов  $^{89}\text{Zr}$ , фармацевтически приемлемых для синтеза радиофармацевтических препаратов, имеющего важное значение для развития радиохимии и ядерной медицины.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **20** человек, включая **4** докторов наук по специальности 1.4.13 – радиохимия (отрасль наук – химические науки), участвовавших в заседании, из **25** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – **20**, против – **0**, недействительных бюллетеней – **0**.

(Протокол № 1 от 29.02.2024).

**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 29.02.2024 № 1

О присуждении **Бубенчикову Виктору Борисовичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «**Получение высокочистых препаратов  $^{89}\text{Zr}$ , пригодных для использования в радионуклидной диагностике**» по специальности 1.4.13 – радиохимия принята к защите 21 декабря 2023 года (протокол заседания № 7) 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 февраля 2013 года.

Соискатель **Бубенчиков Виктор Борисович**, 17 января 1993 года рождения. В 2016 году окончил Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева» по специальности «Химическая технология материалов современной энергетики». С 2016 по 2021 год обучался в заочной аспирантуре Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России) по профилю подготовки 04.06.01 «Химические науки».

Работает инженером в федеральном государственном бюджетном учреждении «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России).

Диссертация выполнена в лаборатории технологии и методов контроля радиофармпрепаратов Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России).

Научный руководитель – кандидат химических наук **Ларенков Антон Алексеевич**, заведующий лабораторией №37 технологии и методов контроля радиофармпрепаратов, заведующий отделом радиационных технологий медицинского назначения ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Официальные оппоненты:

**Ермолаев Станислав Викторович**, доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН), ведущий научный сотрудник.

**Казаков Андрей Геннадьевич**, кандидат химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского Российской академии наук» (ГЕОХИ РАН), старший научный сотрудник.

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва в своём положительном отзыве, подписанном кандидатом химических наук, доцентом кафедры радиохимии химического факультета Петровым Владимиром Геннадьевичем и утверждённом проректором Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» Андреем Анатольевичем Федяниным, указала, что тема диссертации, посвященная решению научной задачи по разработке метода получения высокочистых растворов  $^{89}\text{Zr}$ , фармацевтически приемлемых для синтеза радиофармацевтических препаратов является актуальной и обоснованной. Научная новизна работы заключается в разработке нового метода получения растворов  $^{89}\text{Zr}$ , включающего их комбинированную очистку от химических и радионуклидных примесей с использованием экстракционно-хроматографической смолы ZR и хелатной смолы Chelex-100. Предложенный метод обеспечивает высокие коэффициенты очистки от примесей металлов, высокую радионуклидную и радиохимическую чистоту (РХЧ), позволяет получать  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -оксалат и  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -цитрат в растворах с изотонической концентрацией, высоким выходом ( $>90\%$ ) и высокой объёмной активностью. В ходе работы проведено сравнение различных химических форм и показано, что получение  $^{89}\text{Zr}$  в форме  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -цитрата обладает следующими преимуществами: растворы  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -цитрата являются стабильными, не токсичными и позволяют получать комплексы  $^{89}\text{Zr}$  с высокой РХЧ. Теоретическая значимость работы заключается в получении новых сведений о процессах сорбции на сорбентах ZR, Chelex-100 и Chromafix- $\text{HCO}_3$ ; хроматографическом поведении различных форм  $^{89}\text{Zr}$  в процессах выделения и анализа. Полученные экспериментальные результаты могут использоваться при получении растворов  $^{89}\text{Zr}$  для синтеза радиофармацевтических препаратов, что подтверждает практическую значимость работы. Полученные результаты были использованы для разработки диагностического препарата « $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Циркония оксалат}$ » для ПЭТ-диагностики воспалительных процессов и метаболических поражений скелета в рамках государственного контракта по программе «Развитие

фармацевтической и медицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу».

Соискатель имеет 10 опубликованных статей, в том числе по теме диссертации – 4, из них в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в Международных реферативных базах данных и рекомендованных ВАК для публикации основных научных результатов диссертации – 4 (все – категории К1) .

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Larenkov, A., **Bubenschikov**, V., Makichyan, A., Zhukova, M., Krasnoperova, A., Kodina, G. (2019). Preparation of Zirconium-89 Solutions for Radiopharmaceutical Purposes: Interrelation Between Formulation, Radiochemical Purity, Stability and Biodistribution. *Molecules*, 2019. Т. 24, N 8, С. 1534. doi:10.3390/molecules24081534
2. В.Б. **Бубенщиков**, А.А. Ларенков, Г. Е. Кодина. Получение растворов  $^{89}\text{Zr}$  для синтеза радиофармпрепаратов. *Радиохимия*, 2021, Т. 63, N 3, С. 281-295. doi: 10.31857/S00338311210100XX  
/ Bubenshchikov V. B., Larenkov A. A., Kodina G. E. Preparation of  $^{89}\text{Zr}$  solutions for radiopharmaceuticals synthesis //Radiochemistry. – 2021. – Т. 63. – №. 3. – С. 369-383. doi: 10.1134/S1066362221030152
3. В.Б. **Бубенщиков**, А.А. Ларенков. Хелатирующие агенты для циркония-89 в синтезе радиофармацевтических препаратов: текущее состояние и перспективы развития. *Координационная химия*, 2022. Т. 48, N 11. С. 647–668. doi: 10.31857/S0132344X22110020  
/ Bubenshchikov V. B., Larenkov A. A. Chelating Agents for Zirconium-89 in the Synthesis of Radiopharmaceuticals: Current State and Prospects of Development. *Russian Journal of Coordination Chemistry*, 2022. Т. 48. N. 11. С. 675-695. doi: 10.1134/S1070328422110021
4. **Bubenshchikov**, V, Makichyan, A, Larenkov, A. The impact of zirconium-89 solution formulation on the efficiency of [ $^{89}\text{Zr}$ ]Zr-deferoxamine synthesis. *Journal of Labelled Compounds and Radiopharmaceuticals*, 2022, Т.65, N 13. С. 326-337. doi: 10.1002/jlcr.4003

В работах представлены результаты исследований существующих методов получения, выделения и очистки  $^{89}\text{Zr}$ . Изучены методы выделения  $^{89}\text{Zr}$  с использованием смол ZR и Chelex-100 для получения растворов  $^{89}\text{Zr}$ . Разработан простой и эффективный метод получения [ $^{89}\text{Zr}$ ]Zr-цитрата и [ $^{89}\text{Zr}$ ]Zr-оксалата с использованием смолы Chelex-100. В ходе оценки состава комплексов  $^{89}\text{Zr}$  был разработан комплексный подход к анализу препаратов  $^{89}\text{Zr}$ , включающий использование новой, специально разработанной системы (метанол-вода (1:1), 4% об. трифторуксусной кислоты) для анализа методом тонкослойной хроматографии. Изучена взаимосвязь хроматографического поведения препаратов  $^{89}\text{Zr}$  и их биораспределения.

Рассмотрены особенности координационной химии циркония и синтез комплексов  $^{89}\text{Zr}$  с различными хелаторами. Проведено сравнение различных

методов получения  $^{89}\text{Zr}$  и различных химических форм для синтеза радиофармацевтических препаратов на примере хелатора дефероксамина. Показано, что по совокупности полученных данных для синтеза препаратов на основе mAb предпочтительным является использование более стабильных химических форм  $^{89}\text{Zr}$  таких как  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -цитрат.

Все публикации Бубенщикова В.Б. соответствуют теме диссертационной работы. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем учёной степени работах в диссертации отсутствуют. Требования к публикациям (пп. 13 и 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 в редакции от 25.01.2024) 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 поступило **10** отзывов. Все отзывы положительные. Положительные отзывы без замечаний поступили от:

**Синолица Артёма Вадимовича**, кандидата химических наук, научного сотрудника лаборатории биофотоники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» (ИОФ РАН).

**Куделина Бориса Константиновича**, кандидата химических наук, руководителя направления отдела производства радиофармпрепаратов Акционерного общества «Радиевый институт им.В.Г.Хлопина».

**Ротманова Константина Владиславовича**, кандидата химических наук, начальника радиохимической лаборатории Отдела радионуклидных источников и препаратов Акционерного общества «Государственный научный центр – Научно-исследовательский институт атомных реакторов».

**Зубенко Анастасии Дмитриевны** - кандидата химических наук, заведующей лабораторией по разработке хелаторов и их конъюгатов с молекулами-векторами для получения радиофармпрепаратов Института элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН,

Положительные отзывы с вопросами, замечаниями и рекомендациями поступили от:

**Озерской Анастасии Витальевны**, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника, начальника отдела контроля качества центра позитронно-эмиссионной компьютерной томографии филиала Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный Сибирский научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства».

- При десорбции  $^{89}\text{Zr}$  со смолы Chelex-100 была показана достаточно высокая эффективность элюирования для целого ряда солей карбоновых кислот (сукцинат, малонат, тартрат натрия), которые также используются при изготовлении РФЛП. Чем в данном случае обоснован выбор цитрата натрия?

**Денисова Евгения Ивановича**, доктора технических наук., доцента, профессора кафедры радиохимии и прикладной экологии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «УрФУ» имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

- Какие радионуклиды вы измеряли на альфа-спектрометре МКС-01А «Мультирад» (Таблица 31 диссертации; Таблица 5 автореферата)?
- С чем связано отсутствие значений констант устойчивости гидроксокомплексов Zr в литературном обзоре? В организме жидкости имеют нейтральную среду, где гидроксокомплексы будут доминировать. Для наглядности целесообразно строить распределение форм состояния различных органических и гидроксо комплексов Zr.

**Кокова Константина Владимировича**, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника Курчатовского комплекс физико-химических технологий Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

- Следует отметить отсутствие важных иллюстраций из основной работы. К примеру, в автореферате практически отсутствует информация о стабильности полученных комплексов со временем, в то время как присутствует малоинформативное фото модуля синтеза и программного обеспечения.

**Удалова Юлия Дмитриевича**, доктора медицинских наук., доцента, Генерального директора Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр медицинской радиологии и онкологии» Федерального медико-биологического агентства.

- В тексте встречается неоправданное повторение однокоренных слов, что является нарушением лексических норм, а также опечатки и визуальные дефекты оформления.
- Требуется более широко отразить перспективу использования полученных результатов.
- Как в дальнейшем планируете использовать результаты исследования?
- Каков экономический вклад методов контроля качества РФЛП, разработанных в ходе исследования?

**Мирославова Александра Евгеньевича** – доктора химических наук, главного научного сотрудника отделения технологии изотопов АО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина».

- Не достаточно полно рассмотрены химические аспекты изучаемых соединений, различных химических форм циркония. Несмотря на то, что в работе постоянно фигурируют термины: «химические формы  $^{89}\text{Zr}$ », «комплексообразование  $^{89}\text{Zr}$  с DFO» и т.п., ни одной конкретной химической формы или комплекса циркония, обсуждаемых автором, в тексте автореферата не обнаружено. Конечно, химия циркония в водных растворах значительно осложнена гидролизом, но существует много работ, в которых оксалатные и хлоридные комплексы циркония выделены в индивидуальной форме и

хорошо охарактеризованы. Непонятно, почему автор не использовал эти соединения в качестве свидетелей для своих хроматографических экспериментов.

- Автором предлагаются интересные линейные хелаторы (DFOM и p-Вп- NSC-DFO) для введения циркониевой метки в антитела и обсуждается РХЧ их комплексов с  $^{89}\text{Zr}$ . Однако и в этом случае никаких данных о составе и предположительной структуре таковых комплексов в материалах автореферата не приведено. Следует отметить, что РХЧ, определённая автором для комплексов  $^{89}\text{Zr}$  с данными хелаторами, должна относиться к конкретной доказанной химической форме. Есть вероятность, что за целевые комплексы могут быть приняты совсем другие соединения.
- Также обращает на себя внимание фраза «сравнение комплексообразования растворов  $^{89}\text{Zr}$ », что может быть интерпретировано как то, что растворы могут образовывать комплексы. Хочется надеяться, что в своей будущей работе автор уделит значительно больше своего внимания именно химическим аспектам изучаемых им соединений.

**Тюпиной Екатерины Александровны**, кандидата технических наук, доцента кафедры химии высоких энергий и радиоэкологии Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева.

- Использование в работе смол иностранного производства ставит под сомнение перспективы данной работы в долгосрочном периоде.
- Если смола Chelex-100 используется на втором этапе очистки, возможно ли проведение очистки сразу на смоле chelex-100 исключив нестабильную смолу ZR?
- В автореферате очень большое место отведено исследованию хлорида циркония, в то время как в результате был выбран цитрат, что несколько сбивает ценность картины восприятия исследований по целевому продукту.

В целом, в поступивших отзывах отмечается, что представленные замечания не снижают научной значимости работы. К достоинствам работы следует отнести вклад в развитие концепции иммуноПЭТ. Наличие диагностического препарата с периодом полураспада агента, сравнимым с периодом полувыведения из организма, позволит решить проблему диагностики ряда заболеваний. Предложенный оригинальный способ получения растворов  $^{89}\text{Zr}$ , позволяет получать растворы в фармацевтически приемлемой форме и использовать для оперативной доставки в медицинские учреждения. Автоматизация метода получения позволяет получать растворы  $^{89}\text{Zr}$  стабильного качества за короткий промежуток времени, что также будет способствовать внедрению данной методики в медицинских учреждениях.

Диссертационная работа Бубенщикова В.Б. является законченным исследованием, выполненным на высоком научном уровне, обладает всеми признаками новизны и имеет большое практическое значения для радиохимии и

технологии радиофармацевтических препаратов  $^{89}\text{Zr}$ . Работа в полной мере соответствует п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.13 – радиохимия.

Выбор оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что они являются экспертами в области химии радионуклидов металлов, используемых в ядерной медицине.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований, направленных на разработку метода получения высокочистых растворов  $^{89}\text{Zr}$  для синтеза радиофармпрепаратов

- Разработан новый метод получения физиологически приемлемых растворов  $^{89}\text{Zr}$ , основанный на комбинированной очистке радионуклида  $^{89}\text{Zr}$  на гидроксаматной смоле ZR и на смоле Chelex-100 с иминодиацетатными функциональными группами, обеспечивающий получение  $^{89}\text{Zr}$  в форме  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -оксалата и  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -цитрата.

- Установлено, что разработанный метод выделения  $^{89}\text{Zr}$  обеспечивает высокие коэффициенты очистки от примесей металлов, высокую радиохимическую чистоту (РХЧ), позволяет получать  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -оксалат и  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -цитрат в растворах с изотонической концентрацией, высоким выходом (>90%) и высокой объемной активностью (>1 ГБк/мл; >90%  $^{89}\text{Zr}$  в 1 мл элюата).

- Разработаны системы для анализа методом тонкослойной хроматографии, позволяющие достоверно определять РХЧ растворов и комплексов  $^{89}\text{Zr}$ .

- Впервые предложено использовать  $^{89}\text{Zr}$  в форме  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -цитрата для синтеза комплексов и препаратов  $^{89}\text{Zr}$ . Растворы  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -цитрата имеют высокую радиохимическую чистоту (>98%), являются стабильными и не токсичными.

**Теоретическая значимость** исследования обусловлена тем, что расширены представления о сорбционном поведении циркония, изучены процессы его сорбции и десорбции на сорбентах с различными функциональными группами: ZR, Chelex-100, ТВР и Chromafix- $\text{HCO}_3$ . На основании полученных данных разработан метод комбинированной очистки  $^{89}\text{Zr}$  с использованием сорбентов ZR и Chelex-100 для получения  $^{89}\text{Zr}$  в форме  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -оксалата и  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -цитрата с высоким выходом, высокой химической и радиохимической чистотой.

Исследованы закономерности хроматографического поведения растворов  $^{89}\text{Zr}$  в выбранных системах. Применительно к проблематике диссертации предложены эффективные методики анализа растворов содержащих  $^{89}\text{Zr}$  методом тонкослойной хроматографии для идентификации различных химических форм  $^{89}\text{Zr}$  и контроля радиохимической чистоты полученных препаратов. Установлена перспективность  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -цитрата для разработки и синтеза радиофармацевтических препаратов  $^{89}\text{Zr}$ . Использование разработанного оригинального метода обеспечивает получение стабильных и физиологически приемлемых растворов  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -цитрата, которые могут использоваться для синтеза комплексов с высокой радиохимической чистотой. Процесс получения  $^{89}\text{Zr}$  с использованием сорбентов ZR и Chelex-100



был автоматизирован на кассетном модуле синтеза для получения активной фармацевтической субстанции в рамках требований надлежащей производственной практики.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что предложены новые методы получения растворов  $^{89}\text{Zr}$ , которые были использованы для разработки диагностического препарата « $^{89}\text{Zr}$ Циркония оксалат» для ПЭТ-диагностики воспалительных процессов и метаболических поражений скелета в рамках государственного контракта по программе «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности Российской Федерации на период до 2020 года и дальнейшую перспективу».

**Оценка достоверности результатов исследования** Достоверность полученных результатов диссертационной работы обеспечена использованием современных инструментальных методов анализа (гамма-спектроскопия, атомно-абсорбционный анализ, тонкослойная хроматография, радиометрия), средствами измерения и детектирования, валидированными методиками выполнения измерений и использованием методов статистической обработки полученных результатов.

**Личный вклад соискателя состоит** в критическом обзоре литературных данных; подготовке и проведении экспериментов с  $^{89}\text{Zr}$ ; в проведении анализов количественного содержания металлов методом атомно-абсорбционной спектроскопии; в обработке, интерпретации экспериментальных данных и подготовке материалов к публикации.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Вопросы в основном касались применения  $^{89}\text{Zr}$  в общемировой практике, используемых в докладе терминов – «фармацевтически приемлемые растворы», «радиохимическая и радионуклидная чистота», «эффективность очистки» и практической реализации достигнутых в работе результатов. Соискатель Бубенщиков В.Б. ответил на все задаваемые в ходе заседания вопросы и высказанные замечания. Приведенная им аргументация была положительно оценена присутствующими на заседании оппонентами и членами диссертационного совета. Представленные замечания не снижают научной значимости работы и могут рассматриваться как рекомендации для развития исследований.

Диссертационная работа Бубенщикова В.Б. «Получение высокочистых препаратов  $^{89}\text{Zr}$ , пригодных для использования в радионуклидной диагностике» на соискание учёной 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 25.01.2024) «О порядке присуждения ученых степеней». Работа содержит решение научной задачи, имеющей важное значение для развития радиохимии и ядерной медицины, а именно разработка метода получения высокочистых растворов  $^{89}\text{Zr}$ , фармацевтически приемлемых для синтеза радиофармацевтических препаратов.

Содержание работы соответствует специальности 1.4.13 – радиохимия.

На заседании 29 февраля 2024 года диссертационный совет принял решение за разработку метода получения высокочистых растворов  $^{89}\text{Zr}$ , фармацевтически приемлемых для синтеза радиофармацевтических препаратов **присудить Бубеншикову Виктору Борисовичу учёную степень кандидата химических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **20** человек, включая **4** докторов наук по специальности 1.4.13 – радиохимия (отрасль наук – химические науки), участвовавших в заседании, из **25** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя совета,  
чл.-корр. РАН, д.х.н.

Владимир Пантелеймонович Колотов

Ученый секретарь совета,  
к.х.н.

Елена Александровна Захарченко

29.02.2024

*Колотов Владимир Пантелеймонович*  
*Захарченко Елена Александровна*  
*Бубеншиков Виктор Борисович*

Подпись  
удостоверяю  
ГЕОХИ РАН



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

---

Протокол № 1

заседания диссертационного совета 24.1.195.01

от 29.02.2024

Состав диссертационного совета утвержден в количестве **25** человек. Присутствовали на заседании **20** человек.

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

**Присутствовали:** академик РАН, д. хим.наук, профессор Мясоедов Борис Федорович, член-корр. РАН, д. хим.наук Гречников Александр Анатольевич, д. хим.наук, профессор Колотов Владимир Пантелеймонович, член-корр. РАН, д. хим.наук Хамизов Руслан Хажсетович, д. физ.-мат.наук, профессор Баранов Виктор Иванович, д. физ.-мат.наук, профессор Большов Михаил Александрович, д. хим.наук Винокуров Сергей Евгеньевич, д. геол.-мин.наук Горностаева Татьяна Александровна, д. физ.-мат.наук, профессор Дементьев Василий Александрович, д.техн.наук, профессор Зуев Борис Константинович, д. хим.наук, профессор Ищенко Анатолий Александрович д. хим.наук Кубракова Ирина Витальевна, д. хим.наук Новиков Александр Павлович, д. хим.наук Ревельский Александр Анатольевич, д. техн.наук Севастьянов Вячеслав Сергеевич, д. хим.наук Федотов Петр Сергеевич, д. физ.-мат.наук, профессор Филиппов Михаил Николаевич д. хим.наук, профессор Шеховцова Татьяна Николаевна, д. хим.наук Шкинев Валерий Михайлович, к. хим.наук Захарченко Елена Александровна (всего 20 человек)

**Слушали:**

Защиту диссертационной работы **Бубенщикова Виктора Борисовича «Получение высокочистых препаратов  $^{89}\text{Zr}$ , пригодных для использования в радионуклидной диагностике»** на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.13 – радиохимия.

Диссертационная работа выполнена в лаборатории технологии и методов контроля радиофармпрепаратов Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный научный центр Российской Федерации - Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» (ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России).

Научный руководитель работы – кандидат химических наук **Ларенков Антон Алексеевич**, заведующий лабораторией №37 технологии и методов контроля



радиофармпрепаратов, заведующий отделом радиационных технологий медицинского назначения ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

***Официальные оппоненты по диссертации:***

**Ермолаев Станислав Викторович**, доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН), ведущий научный сотрудник.

**Казakov Андрей Геннадьевич**, кандидат химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Ордена Ленина и Ордена Октябрьской Революции Институт геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского Российской академии наук» (ГЕОХИ РАН), старший научный сотрудник.

***Ведущая организация:***

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва

Основное содержание диссертации опубликовано в 20 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 (все категории К1).. 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 10 отзывов – все отзывы положительные.

Диссертационная работа Бубенщикова В.Б. посвящена решению актуальной научной задачи: разработке метода получения высокочистых растворов  $^{89}\text{Zr}$ , фармацевтически приемлемых для синтеза радиофармацевтических препаратов. Разработан новый метод получения растворов  $^{89}\text{Zr}$ , включающий комбинированную очистку целевого продукта от радиоактивных и др. примесей с использованием гидроксаматной смолы ZR и смолы Chelex-100 с иминодиацетатными функциональными группами. Метод обеспечивает высокие коэффициенты очистки от примесей и высокую радиохимическую чистоту (РХЧ) и позволяет получать цирконий в форме  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -оксалата и  $[\text{}^{89}\text{Zr}]\text{Zr}$ -цитрата в растворах с изотонической концентрацией, высоким выходом ( $>1\text{ГБк/мл}$ ) и высокой объемной активностью.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Вопросы в основном касались применения  $^{89}\text{Zr}$  в общемировой практике, используемых в докладе терминов – «фармацевтически приемлемые растворы», «радиохимическая и радионуклидная чистота», «эффективность очистки» и практической реализации достигнутых в работе результатов. Соискатель Бубенщиков В.Б. ответил на все задаваемые в ходе заседания вопросы и высказанные замечания. Приведенная им аргументация была положительно оценена присутствующими на заседании



оппонентами и членами диссертационного совета. Представленные замечания не снижают научной значимости работы и могут рассматриваться как рекомендации для развития исследований.

**Постановили:**

Диссертационная работа Бубенщикова В.Б. «Получение высокочистых препаратов  $^{89}\text{Zr}$ , пригодных для использования в радионуклидной диагностике» на соискание учёной 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 18.03.2023) «О порядке присуждения ученых степеней». Работа содержит решение научной задачи, имеющей важное значение для развития радиохимии и ядерной медицины, а именно разработки метода получения высокочистых растворов  $^{89}\text{Zr}$ , фармацевтически приемлемых для синтеза радиофармацевтических препаратов.

Содержание работы соответствует специальности 1.4.13 – радиохимия.

На заседании 29 февраля.2024 года диссертационный совет принял решение за разработку метода получения высокочистых растворов  $^{89}\text{Zr}$ , фармацевтически приемлемых для синтеза радиофармацевтических препаратов **присудить Бубенщикову Виктору Борисовичу учёную степень кандидата химических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **20** человек, включая **4** докторов наук по специальности 1.4.13 – радиохимия (отрасль наук – химические науки), участвовавших в заседании, из **25** человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – **20**, против – **0**, недействительных бюллетеней – **0**.

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

Владимир Пантелеймонович Колотов

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
к. хим.наук

Елена Александровна Захарченко

29.02.2024



Колотов В.Б.  
Захарченко Е.А.  
Секретарь И.В.