



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

А.Н. Пронин

2025

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного унитарного предприятия

«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И.Менделеева»

Диссертация «**Метрологическое обеспечение измерений активности гамма-излучающих радионуклидов**» выполнена в научно-исследовательском отделе измерений ионизирующих излучений (НИО 210) ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ).

В период подготовки диссертации соискатель, **Жуков Григорий Васильевич**, работал в ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в должности научного сотрудника, а с июля 2022 г. и.о. руководителя научно-исследовательского отдела измерений ионизирующих излучений (НИО 210) и являлся помощником учёного хранителя Государственного первичного эталона единиц активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников ГЭТ 6-2016.

В 2002 году окончил Санкт-Петербургский государственный морской технический университет (Севмашвтуз) по специальности «Инженерная защита окружающей среды (морская техника)».

С 2016 года обучался по очной форме аспирантуры ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» по направлению 05.11.15 «Метрология и метрологическое обеспечение».

Жуковым Г.В. сданы кандидатские экзамены по следующим дисциплинам:

- История и философия науки, оценка – «отлично»;
- Иностранный язык (английский), оценка – «отлично»;
- Метрология и метрологическое обеспечение, оценка – «отлично».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана 18.12.2024.

Научный руководитель: Алексеев Илья Владимирович, к.ф.-м.н.

Основное место работы: Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»).

Наименование структурного подразделения: научно-исследовательский отдел измерений ионизирующих излучений (НИО 210), ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева».

Должность: и.о. руководителя научно-исследовательского отдела измерений ионизирующих излучений (НИО 210), ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева».

По итогам обсуждения диссертации Жукова Г.В. на заседании президиума Ученого Совета ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 17 января 2025 года в соответствии с «Порядком подготовки заключения организации по диссертации и выдачи его соискателю ученой степени» принято следующее **Заключение**.

Личное участие соискателя учёной степени в получении результатов, изложенных в диссертации

Автором самостоятельно проведён анализ состояния метрологического обеспечения измерений активности гамма-излучающих радионуклидов в точечной геометрии спектрометрическим методом, в том числе проведён анализ неопределённости измерений активности гамма-излучающих радионуклидов; анализ схемы передачи единицы активности гамма-излучающих радионуклидов от государственного первичного эталона ГЭТ 6-2016 радиометрам (гамма-спектрометрам). Автором выполнен обзор состояния эталонной базы единицы активности гамма-излучающих радионуклидов и проведён анализ метрологических характеристик существующих эталонов, а также калибровочных и измерительных возможностей ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» и зарубежных национальных метрологических институтов в области измерений активности радионуклидов в точечных источниках фотонного излучения.

Автором проведено научное обоснование применимости метода $4\pi\gamma$ -счёта, реализованного на установке УЭА-7 в составе ГЭТ 6-2016, для воспроизведения активности радионуклидов в точечных источниках фотонного излучения и выполнено его совершенствование, позволившего уменьшить неопределённость измерений активности радионуклидов и увеличить верхний диапазон измерений.

Автором разработаны основные положения методики измерений активности радионуклидов методом $4\pi\gamma$ -счёта; разработаны счётные образцы и лично проведены экспериментальные исследования с составлением бюджета неопределённости измерений активности радионуклидов, оценением относительного суммарного СКО и доверительных границ относительной погрешности. Автором разработана методика измерений активности радионуклидов в точечных радионуклидных источниках фотонного излучения методом $4\pi\gamma$ -счёта.

Автором разработаны и реализованы принципы доказательства эквивалентности воспроизведения активности гамма-излучающих радионуклидов методами $4\pi\gamma$ -счёта, $4\pi\beta$ - γ -совпадений, $4\pi\alpha$ - γ -совпадений, $4\pi\beta$ -счёта, КХ- γ -совпадений, реализуемыми в ГЭТ 6-2016, посредством сличения установок с подтверждёнными в международных ключевых сличениях измерительными возможностями используя образцы удельной активности ^{60}Co , ^{131}I , ^{133}Ba , ^{177}Lu , ^{241}Am и ^{137}Cs и активности ^{54}Mn и ^{88}Y .

Автором проведён выбор радионуклидов для создания вторичного эталона - точечных радионуклидных источников фотонного излучения. Автором проведены испытания и определение метрологических характеристик вторичного эталона единицы активности радионуклидов – точечных радионуклидных источников фотонного излучения типа ОСГИ-РТ в целях утверждения типа средств измерений.

Степень достоверности результатов, проведённых соискателем учёной степени исследований

В диссертационной работе обоснована необходимость и предложен способ повышения уровня метрологического обеспечения измерений активности гамма-излучающих радионуклидов путём воспроизведения активности радионуклидов в точечных источниках фотонного излучения методом $4\pi\gamma$ -счёта, описан алгоритм определения истинной скорости счёта импульсов с учётом мёртвого времени отдельного импульса, что позволяет исключить компоненту мёртвого времени из модели измерений и уменьшить неопределённость измерений, усовершенствована модель воспроизведения единицы активности радионуклидов. В работе приведены результаты испытаний разработанных вторичных эталонов – точечных радионуклидных источников фотонного излучения (номер в ФИФ ОЕИ 74005-19), метрологические характеристики которых исследованы с

применением разработанной автором процедуры измерений на ГЭТ 6-2016 в виде методики калибровки СК 03-210-МК/39-22-С.

Разработанная автором физико-математическая модель воспроизведения активности радионуклидов в точечных источниках фотонного излучения продемонстрировала высокую согласованность путём сопоставления метода $4\pi\gamma$ -счёта с методами $4\pi\beta$ - γ -совпадений, $4\pi\alpha$ - γ -совпадений, $4\pi\beta$ -счёта и КХ- γ -совпадений, используемыми в ГЭТ 6-2016, с помощью образцов удельной активности ^{60}Co , ^{131}I , ^{133}Ba , ^{177}Lu , ^{241}Am и ^{137}Cs и активности ^{54}Mn и ^{88}Y . Результат измерений удельной активности раствора ^{60}Co подтверждён участием в международных ключевых сличениях ВРМ.РИ(II)-К1.Со-60.

Кроме того, основные положения диссертационной работы и её отдельные результаты были представлены, обсуждены и одобрены на 8 международных и всероссийских конференциях.

Новизна и практическая значимость результатов, проведённых соискателем учёной степени исследований

1. Разработаны принципы совершенствования воспроизведения и передачи единицы активности гамма-излучающих радионуклидов за счёт совместного применения точечных радионуклидных источников фотонного излучения, метода $4\pi\gamma$ -счёта и метода численного моделирования Монте-Карло, а также учёта мёртвого времени за счёт цифровой обработки сигнала, позволяющего увеличить диапазон воспроизведения единицы активности гамма-излучающих радионуклидов.

2. Разработана физико-математическая модель, реализующая разработанные принципы совершенствования воспроизведения и передачи единицы активности гамма-излучающих радионуклидов для точечных радионуклидных источников фотонного излучения.

3. Разработаны принципы доказательства эквивалентности воспроизведения активности гамма-излучающих радионуклидов методами $4\pi\gamma$ -счёта, $4\pi\beta$ - γ -совпадений, $4\pi\alpha$ - γ -совпадений, $4\pi\beta$ -счёта, КХ- γ -совпадений, реализуемыми в ГЭТ 6-2016, посредством сличения установок с подтверждёнными в международных ключевых сличениях измерительными возможностями.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в следующем:

1. Созданы методические основы для воспроизведения единицы активности радионуклидов в точечных радионуклидных источниках фотонного излучения методом $4\pi\gamma$ -счёта на ГЭТ 6-2016.

2. Созданы и внедрены в метрологическую практику вторичные эталоны - точечные радионуклидные источники фотонного излучения на основе 8 радионуклидов. Созданные эталоны обеспечивают поле вторичных эталонов для источников фотонного излучения государственной поверочной схемы с прослеживаемостью к ГЭТ 6-2016 и применяются метрологическими организациями для поверки рабочих эталонов 1-го и 2-го разрядов – радионуклидных источников фотонного излучения и радиометрических установок в соответствии с действующей государственной поверочной схемой.

3. Созданы основы для снижения в 1,5 неопределённости измерений активности гамма-излучающих радионуклидов в испытательных лабораториях, посредством применения при калибровке гамма-спектрометров вторичных эталонов ОСГИ-РТ.

4. Подтверждены измерительные возможности ГЭТ 6-2016 успешным участием в международных ключевых сличениях ВРМ.РИ(II)-К1.Со-60 по измерению удельной активности ^{60}Co в растворе.

Ценность научных работ соискателя учёной степени

Решение поставленных в работе задач позволяет усовершенствовать и развить систему метрологического обеспечения измерений активности гамма-излучающих радионуклидов и удовлетворить перспективные требования науки и промышленности в метрологическом обеспечении средств измерений ионизирующих излучений.

Научная специальность, которой соответствует диссертация

Диссертация полностью соответствует специальности 2.2.10. «Метрология и метрологическое обеспечение».

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателей учёной степени

Содержание диссертации достаточно полно представлено в опубликованных автором работах. По теме диссертации опубликовано 6 работ, в том числе: 5 статей в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 1 в сборнике докладов. Автореферат в полной мере соответствует основному содержанию работы.

Публикации в изданиях, включённых в перечень научных журналов ВАК

1. Алексеев И.В., Заневский А.В., Жуков Г.В., Моисеев Н.Н., Сэпман С.В., Терещенко Е.Е., Трофимчук С.Г., Харитонов И.А., Шильникова Т.И. Государственный первичный эталон единиц активности радионуклидов, удельной активности радионуклидов, потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников ГЭТ 6-2016 // Измерительная техника. 2019. № 8. С. 3–7. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2019-8-3-7>
2. Г.В. Жуков «Исследование мёртвого времени установки 4π-счёта из состава государственного первичного эталона ГЭТ 6-2016» // Журнал «Анри» 2023. № 4 (115). с.39 - 50.
3. Жуков Г.В., Алексеев И.В., Коростин С.В., Токарев Н.А., Белугин К.В., Озерская А.В., Ганиева Р.М. Единица активности ^{68}Ga : прослеживаемость к государственному первичному эталону // Измерительная техника. 2022. № 7. С. 63–68. <https://doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-7-63-68>
4. C Michotte, S Courte, M Nonis, R Coulon, S Judge, I V Alekseev, A V Zanevsky and G V Zhukov "Update of the BIPM comparison BIPM.RI(II)-K1.Co-60 of activity measurements of the radionuclide ^{60}Co to include the 2019 result of the VNIIM (Russian Federation)". January 2021, Metrologia 58 (1A), DOI: 10.1088/0026-1394/58/1A/06019
5. Г.В. Жуков, И.В. Алексеев, С.М. Аршанский, А.В. Заневский, А.А. Колодка, С.В. Сэпман, Е.Е. Терещенко, С.Г. Трофимчук, Т.И. Шильникова, А.Б. Рогозев Вторичный эталон единицы активности гамма-излучающих радионуклидов — комплект спектрометрических источников ОСГИ // Журнал «Анри» 2019. № 4 (99). с.3 - 11.

Публикации в остальных изданиях

Сборник докладов международной научно-технической конференции «Метрология-2019», БелГИМ, г. Минск, Беларусь, март 2019.

Диссертация «Метрологическое обеспечение измерений активности гамма-излучающих радионуклидов» Жукова Григория Васильевича рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10. «Метрология и метрологическое обеспечение».

Заключение принято на заседании президиума Ученого Совета «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

Присутствовало на заседании 9 человек, из них с правом решающего голоса – 9 человек. Результаты голосования: «за» – 9 человек, «против» – 0 человек, «воздержавшихся» – 0 человек, протокол № 1/25 от «17» января 2025 года.

Председатель Президиума Ученого Совета

Секретарь



А.Н. Пронин

О.С. Витковский





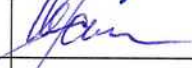






ЯВОЧНЫЙ ЛИСТ

членов Президиума Ученого совета ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

Протокол № 1/25

17.01.2025 г.

№№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Должность в Совете	Ученая степень и звание	Явка на заседание (подпись)
1	<i>Пронин Антон Николаевич</i>	<i>Председатель</i>		
2	<i>Чекирда Константин Владимирович</i>	<i>зам. председателя</i>	<i>к. т. н.</i>	
3	<i>Конопелько Леонид Алексеевич</i>	<i>член президиума</i>	<i>д. т. н., проф.</i>	
4	<i>Кривцов Евгений Петрович</i>	<i>член президиума</i>	<i>к. т. н.</i>	
5	<i>Кустиков Юрий Анатольевич</i>	<i>член президиума</i>	<i>к. т. н.</i>	
6	<i>Окрепилов Михаил Владимирович</i>	<i>член президиума</i>	<i>д. т. н., доц.</i>	
7	<i>Походун Анатолий Иванович</i>	<i>член президиума</i>	<i>д. т. н., проф.</i>	
8	<i>Шевцов Владимир Иванович</i>	<i>член президиума</i>	<i>к. т. н., доц.</i>	
9	<i>Витковский Олег Сергеевич</i>	<i>секретарь УС</i>	<i>к. т. н.</i>	

Председатель Президиума Ученого Совета

А.Н. Пронин

Секретарь

О.С. Витковский

