



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО
РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

Б. Тульская ул., 52, Москва, 115191 · тел: (495) 955 22 86, факс: (495) 958 11 51
pbl@ibrae.ac.ru, www.ibrae.ac.ru · ОГРН 1027700196468, ИНН 7726077310, КПП 772601001

05 АВГ 2025

№ 11407/01-1233

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИБРАЭ РАН,

д.ф.-м.н.



Л.В. Матвеев

«05» 08 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук на диссертацию Маджидова Азизбека Истамовича на тему «Беспилотный гамма-спектрометрический комплекс для мониторинга радиационно-опасных объектов», на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики»

1. Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Маджидова Азизбека Истамовича посвящена актуальной и важной задаче – разработке и практическому применению беспилотного гамма-спектрометрического комплекса (далее БГСК) для мониторинга радиационно-опасных объектов. В настоящее время на территории Российской Федерации в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016 – 2020 годы и на период до 2035 года» выполняются работы по переводу объектов ядерного наследия в ядерно и радиационно безопасное состояние, осуществляется развитие систем контроля и обеспечения ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии. БГСК может быть

полезен для использования в работах в рамках данной ФЦП. Кроме того, в рамках обеспечения готовности к чрезвычайным ситуациям с радиационным фактором БГСК могут быть оснащены соответствующие аварийные службы, такие как подразделения МЧС России, Аварийно-технический центр Росатома и прочие специализированные подразделения на отдельных предприятиях.

Нужно отметить, что в условиях сложившейся геополитической ситуации существует острая необходимость в обладании средствами дистанционного контроля именно отечественной разработки и производства.

2. Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения; содержит 107 страниц, 90 рисунков, 9 таблиц и список литературы из 35 публикаций.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, описана научная новизна и практическая значимость работы, аргументируется достоверность полученных результатов. Приведены положения, выносимые на защиту и список публикаций диссертанта, отражен его личный вклад и апробация полученных результатов.

В первой главе диссертации приведен анализ существующих мировых беспилотных гамма-спектрометрических комплексов, рассмотрены их преимущества и недостатки.

Во второй главе описывается конструкция и характеристики ксенонового гамма-спектрометра (КГС), который используется в качестве регистрирующего устройства на борту БГСК. Проводится сравнение с альтернативными детекторами. Рассматриваются преимущества, которые позволяют использовать КГС для контроля вывода из эксплуатации ядерно- и радиационно-опасных объектов, обращения с радиоактивными отходами (РАО) и реагирования на чрезвычайные ситуации с радиационным фактором.

В третьей главе диссертации изложен метод определения глубины залегания радионуклидов и представлены результаты моделирования и экспериментальных исследований. В данном методе рассчитывается отношение площади пика полного поглощения к площади участка

«комптоновской долины» в зависимости от толщины поглотителя и на основе этих зависимостей производится определение глубины залегания точечных источников и оценка характера распределения активности за защитой.

В четвертой главе описаны лабораторные и полевые испытания БГСК. По результатам испытаний получены двухмерные карты местности с определением положения, активности и радионуклидного состава источников гамма-излучения.

В Заключение кратко сформулированы основные выводы и результаты диссертации.

3. Научная новизна диссертационной работы

Автором разработан и создан мобильный беспилотный гамма-спектрометрический комплекс на базе отечественного устройства детектирования (КГС). В связи с тем, что КГС обладая высоким энергетическим разрешением, радиационной стойкостью, широким рабочим температурным диапазоном и устойчивостью к внешним вибро-акустическим воздействиям, имеет низкую эффективность регистрации, использование его для контроля радиационной обстановки на ядерно- и радиационно-опасных объектах наиболее оправдано. В данном случае недостатки КГС даже становятся преимуществами при работе в радиоактивных полях высокой активности.

Автором предложен и реализован в лабораторных условиях метод определения глубины залегания радионуклидов с использованием КГС.

4. Практическая значимость

Разработанный комплекс может быть использован в исследовании радиационно-загрязненных территорий, при выводе из эксплуатации ядерно-физических объектов, для контроля радиационной обстановки и при аварийных ситуациях с радиационным фактором.

5. Достоверность основных результатов и выводов

Достоверность результатов, обоснованность научных положений и выводов подтверждается экспериментальными методами, а также совпадением расчетных характеристик ксенонового гамма-спектрометра на основе ионизационной камеры с результатами его калибровки (энергетическое разрешение $1,7 \pm 0,3$ % и эффективность регистрации $2 \pm 0,5$ % на линии 662 кэВ) и совпадением измеренных с помощью ксенонового гамма-спектрометра энергий и активностей образцовых гамма-спектрометрических источников с их паспортными значениями. КГС был успешно применен в полевых тестовых измерениях радиационного фона на пилотной площадке Московского филиала ФГУП «РАДОН». Полученные результаты были подтверждены данными других спектрометрических комплексов в пределах погрешностей измерений.

6. Замечания по диссертации

К числу замечаний по диссертации можно отнести следующие:

1. В Главе 2 хотелось бы увидеть сравнение КГС не с полупроводниковым детектором на базе кристалла сверхчистого германия (HPGe), где, конечно, наличие системы охлаждения существенно ухудшает использование такого спектрометра на беспилотных аппаратах, а с полупроводниковым спектрометром с кристаллом CdZnTe, не требующим охлаждения и обладающим даже более высоким чем КГС разрешением;

2. В Главе 3 для Метода определения глубины залегания используется такой параметр гамма-спектра как площадь участка «комптоновской долины». Если для пиков полного поглощения существует ряд математических методов, позволяющих определить площадь пика на неизвестном фоне, то для кривой комптон-эффекта такое возможно только в двух случаях: если техногенный фон формирует только исследуемый нуклид или известны спектрометрические отклики всей совокупности радионуклидов исследуемого объекта. В реальных задачах полевых обследований, когда в общий радиационный фон вносят вклад несколько произвольно распределенных в пространстве радионуклидов, которые еще как правило

неизвестны, смоделировать заранее композицию мешающего фона практически невозможно. На текущей стадии развития Метода его использование возможно только в рамках ограниченного количества сценариев. Предполагается что расширение возможностей будет осуществлено в дальнейшем, в развитии темы диссертации;

3. В Главе 4, посвященной испытаниям БГСК, комплекс не воспринимается как законченное изделие. Большинство функций измерения, управления и обработки результатов видимо выполняется вручную, а беспилотный аппарат используется лишь как средство доставки КГС до точки измерения. Предполагаем, что автор в дальнейшей работе доведет БГСК до коммерческого промышленного образца.

Однако, приведенные замечания не снижают высокой научной-практической ценности представленной работы.

7. Общая оценка диссертации

Диссертационная работа Маджидова Азизбека Истамовича «Беспилотный гамма-спектрометрический комплекс для мониторинга радиационно-опасных объектов» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной под руководством доктора физико-математических наук Полухиной Натальи Геннадьевны, и имеет важное практическое значение. По тематике работа соответствует заявленной специальности и удовлетворяет требованиям, изложенным в Положении о присуждении ученых степеней № 842, утвержденным Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики».

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации и корректно представляет достигнутые результаты.

Отзыв составил и.о. заведующего лабораторией перспективных методов мониторинга радиационной обстановки Пименов Артём Евгеньевич. Отзыв на

диссертацию А. И. Маджидова заслушан и утвержден на научном семинаре Отделения научно-технических проблем развития комплексных систем мониторинга ИБРАЭ РАН (протокол №4 от 30.07.2025).

И.о. заведующего лабораторией
перспективных методов мониторинга
радиационной обстановки

А. Е. Пименов

Заведующий отделением
научно-технических проблем развития
комплексных систем мониторинга

С. Л. Гаврилов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем
безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук (ИБРАЭ РАН).
Адрес: Россия, 115191, г. Москва, Большая Тульская ул., д. 52
Адрес электронной почты: pbl@ibrae.ac.ru