

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук Маджидова Азизбека
Истамовича на тему: «Беспилотный гамма-спектрометрический
комплекс для мониторинга радиационно-опасных объектов»
по специальности 1.3.2 — «Приборы и методы экспериментальной
физики»**

Широкое распространение ядерной энергетики, развитие ядерной медицины, проведение исследовательских работ в области ядерной физики с использованием естественных радиоактивных источников требует инструментов для наблюдения за состоянием радиационно-опасных объектов, поиска источников радиации и при необходимости определения пространственных координат области радиационного загрязнения. Эти задачи решаются путем применения различных роботизированных комплексов радиационного контроля, обеспечивающих удаленный режим измерений и позволяющих заменить людей при выполнении работ в условиях повышенной радиационной опасности. Разработка и создание таких комплексов радиационного контроля является безусловно актуальной задачей. Это определяет **актуальность темы** диссертационной работы Маджидова Азизбека Истамовича, посвященной созданию беспилотного мобильного гамма-спектрометрического комплекса для мониторинга радиационно-опасных объектов.

Существующие роботизированные комплексы, как правило, состоят из двух частей: перемещаемой платформы и расположенном на ней блоком детектирующей аппаратуры с системами управления и навигации. Современные роботизированные комплексы отличаются друг от друга, в основном, составом аппаратуры, используемой для регистрации различных компонент ионизирующего излучения, и уровнем разработки программного обеспечения для сбора и анализа данных и передвижением платформы с определением её пространственных координат. В диссертационной работе для беспилотного режима эксплуатации используется измерительная аппаратура на основе ксенонового гамма-спектрометра, разработанного в НИЯУ МИФИ, который является уникальным отечественным прибором, соответствующим лучшим

мировым стандартам, и разработанное автором диссертации программное обеспечение установки.

Использование новой гамма-спектрометрической аппаратуры дает возможность изучать не только интегральные потоки ионизирующих частиц, но и их дифференциальные энергетические спектры, определять изотопный состав и активность обнаруженных радиоактивных источников, что обеспечивает эффективность регистрации и определение глубины залегания таких источников. Это имеет особое значение для успешного мониторинга и контроля радиационно-опасных объектов и определяет **новизну и важность** проведенных при выполнении диссертационной работы исследований и полученных результатов.

Достоинством работы является демонстрация преимуществ использования ксенонового гамма-спектрометра (КГС) по сравнению с детекторами на основе кристаллов, таких как NaI или CsI, обладающих худшим энергетическим разрешением, или с применением полупроводниковых детекторов на основе сверхчистого германия, требующих охлаждения до криогенных температур при эксплуатации.

Использование КГС позволило обеспечить высокие эксплуатационные характеристики созданного комплекса, соответствующие требованиям эффективного мониторинга радиационно-опасных объектов, таких как: высокое энергетическое разрешение ($\sim 1,7\%$ на линии 662 кэВ); широкий энергетический диапазон регистрируемых гамма-квантов (~ 50 кэВ – 3 МэВ); высокая устойчивость к внешним вибро-акустическим воздействиям (~ 100 дБ); способность работать в широком температурном диапазоне ($0-90^\circ\text{C}$); высокая радиационная стойкость ($10^7 - 10^8$ н/см²).

В диссертации разработан метод определения глубины размещения радиоактивных источников гамма-излучения по измерению отношения площади пика полного поглощения к площади комптоновской долины в энергетических спектрах, измеренных с помощью КГС.

Важно подчеркнуть, что управление беспилотным мобильным гамма-спектрометрическим комплексом и прием данных реализуются дистанционно.

Полученные данные выводятся на дисплей компьютера.

Диссертация Маджидова А. И. состоит из введения, четырех глав и заключения, а также списка литературы, содержащего 35 ссылок на публикации. Общий объем диссертации 107 страниц, включая 90 рисунков, 10 таблиц.

Лабораторные испытания комплекса проведены в Национальном исследовательском ядерном университете МИФИ. Экспериментально показано, что гамма-комплекс имеет возможность с большой точностью определять распределение радиоизотопов ^{137}Cs и ^{60}Co на созданной им карте местности.

В Заключении работы приведены основные научные результаты и выводы диссертации.

Достоверность результатов подтверждается целым рядом факторов:

- совпадением расчетных характеристик КГС с результатами его калибровки;
- совпадением измеренных с помощью КГС энергий и активностей стандартных гамма-источников с их паспортными данными;
- использованием сертифицированной измерительной аппаратуры при проведении различных гамма-спектрометрических исследований;
- результатами полевых тестовых измерений радиационного фона на пилотной площадке Московского филиала ФГУП «РАДОН», которые в пределах погрешностей измерений были подтверждены другими спектрометрическими комплексами.

Степень обоснованности положений, вынесенных на защиту, обеспечена большим набором экспериментальных измерений, профессионально выполненным анализом данных и сертифицированными методами программного моделирования.

В качестве **замечаний** к диссертации можно отметить следующее.

- 1) В первой обзорной главе в подписях к рисункам, например, рис.3, 4, желательно привести ссылки на работы, из которых взяты рисунки;
- там же приведены два рисунка 7, нет ссылки в тексте на рис.9, где подпись не соответствует содержанию, отсутствует рис.11;

- в главе 2 на стр.26 отсутствуют ссылки на рис. 17 и 18, описаны лишь рисунки 19-20.

2) В главе 2 на стр.29 приведено найденное энергетическое разрешение ксеноновой газовой системы (КГС) 1,7% без указания погрешности измерения.

3) В заключении к главе 2 указаны результаты из работ [24-26], которые не рассматривались в тексте главы.

4) В заключении к главе 3 не приведены суммарно расстояния и условия, для которых эффективна предложенная методика определения глубины залегания радионуклидов.

Указанные замечания относятся к оформлению работы и не влияют на оценку высокого уровня научного исследования.

Личный вклад автора в получение представленных в диссертации результатов не вызывает сомнений.

Заключение

На основании полученных диссертантом результатов, сделанных выводов и выдвинутых научных положений следует считать, что поставленная цель исследований успешно достигнута. Диссертационная работа Маджидова Азизбека Истамовича выполнена на высоком научном уровне, в ней получены результаты, имеющие научную и практическую значимость. Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Полученные результаты опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК РФ и базу данных Web of Science. Текст диссертации оформлен в соответствии с требованиями ВАК. Автореферат правильно отражает основные результаты диссертации.

Диссертация Маджидова Азизбека Истамовича «Беспилотный гамма-спектрометрический комплекс для мониторинга радиационно-опасных объектов» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяющую всем требованиям к кандидатским диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным

постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Маджидов Азизбек Истамович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 — «Приборы и методы экспериментальной физики».

Отзыв составила:

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук,
Профессор кафедры общей ядерной физики
Физического факультета Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования «Московский
государственный университет имени М.В.Ломоносова»
СМИРНОВА Лидия Николаевна
«26» августа 2025г.

Контактные данные:

тел.: +7(915)4804164, e-mail: lns@physics.msu.ru;
Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:
01.04.16 – Физика атомного ядра и элементарных частиц

Адрес места работы:

119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2, Физический
факультет
Тел.: +7 (495) 939-16-82
e-mail: info@physics.msu.ru

Подпись д.ф.-м.н., проф. Л.Н. Смирновой удостоверяю.

И.о. декана физического факультета МГУ

Профессор



В.В. Белокуров