

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики  
Школа Инженерная школа ядерных технологий  
Отделение Ядерно-топливного цикла

**Научный доклад об основных результатах подготовленной  
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада
<b>Разработка портативного сцинтилляционного детектора гамма-излучения на основе твердотельных фотоумножителей</b>

УДК 539.122.16:539.1.074:621.385.832.84

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A8-05	Никишкин Т.Г.		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ведущий научный сотрудник ИШФВП	Потылицын А.П.	д.ф.-м.н., профессор		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Горюнов А.Г.	д.т.н., доцент		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий лабораторией №33 ядерного реактора	Варлачев В.А.	д.т.н., профессор		

Томск – 2022 г.

## **Общая характеристика работы**

**Актуальность.** В настоящее время ряд отечественных радиометрических и спектрометрических систем, применяемых в системе государственного учета и контроля (СГУиК), морально и физически устарели и требуют замены, чтобы обеспечить выполнение требований учета и контроля ядерных материалов (УиК ЯМ) и современных метрологических требований. Существует высокая востребованность в портативных сцинтилляционных гамма-детекторах, имеющих объем чувствительной части от 1 см<sup>3</sup> и при этом обладающих высокими спектрометрическими характеристиками, для проведения неразрушающего экспресс анализа в ядерной отрасли. В последнее время появились новые типы детекторов, которые могут быть использованы в современных приборах для измерений характеристик ядерных материалов и радиоактивных веществ. Всё это обосновывает актуальность исследований, направленных на разработку новых портативных сцинтилляционных детекторов.

**Объект исследования** – сцинтилляционные детекторы гамма-излучения.

**Предмет исследования** – разработка портативного сцинтилляционного детектора гамма-излучения на основе твердотельных ФЭУ.

**Целью диссертационной работы является разработка портативного детектора гамма-излучения на основе сцинтилляционного гамма-спектрометра, по параметрам не уступающего классическим сцинтилляционным детекторам на основе твердотельных фотодетекторов.**

В соответствии с поставленной целью было необходимо решить ряд научно-технических задач, а именно:

1. Определить основные принципы функционирования и построения сцинтилляционных детекторов.
2. Провести теоретические исследования по совершенствованию сцинтилляционных детекторов за счет использования твердотельных детекторов вторичного излучения.
3. Провести исследования и обосновать выбор оптимального сцинтилляционного материала для применения в портативном гамма-детекторе.
4. Провести исследования и обосновать выбор оптимального твердотельного детектора вторичного излучения для применения в портативном гамма-детекторе.
5. Разработать конструкцию портативного детектора гамма-излучения.
6. Разработать устройство и провести серию испытаний и экспериментов для определения полученных характеристик устройства.

**Методы исследования.** В проведенных исследованиях применялись теоретический, расчётно-аналитический и экспериментальные методы.

**Личное участие автора** состоит в комплексном решении задачи разработки

портативного сцинтилляционного детектора на основе твердотельного фотодетектора включая исследование характеристик компактных сцинтилляционных детекторов, разработку сборки сцинтиллятор-фотодетектор, конструкции модели портативного гамма-детектора, проведение экспериментальных исследований, разработку и испытания технического результата.

**Достоверность и обоснованность работы** обеспечивалась комплексом теоретических и расчётно-аналитических исследований, который, базируется на общих принципах фундаментальной науки и научных основах прогрессивной техники и технологии. Экспериментальные исследования проводились на базе специализированной лаборатории ФГАОУ ВО НИ ТПУ.

#### **Научная новизна:**

Впервые разработан, изготовлен и испытан портативный (120мм×30мм×30мм) детектор гамма-излучения с функцией спектрометра, состоящий из сцинтилляционного кристалла CsI(Tl) и твердотельного детектора вторичного излучения в виде микропиксельного лавинного фотоумножителя SensL MicroFC-60035, упакованных в единый герметичный светонепроницаемый корпус и имеющих прямой оптический контакт, обеспечивающий энергетическое разрешение <7% ПППВ на линии 662 кэВ и обладающий линейным откликом в диапазоне энергий гамма-излучения 0,3–3 МэВ.

**Практическая значимость** обусловлена растущей потребностью российских ядерных организаций и учреждений в расширении перечня применяемых инструментов для проведения неразрушающего анализа в атомной отрасли и области использования ядерных технологий.

Разработка прототипа портативного сцинтилляционного гамма-детектора на основе твердотельных ФЭУ была поддержана грантом Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонд содействия инновациям) в рамках договора УМНИК №13452ГУ/2018 от 18.07.2018.

По результатам всероссийского конкурса на соискание медали Российской академии наук с премией для студентов высших учебных заведений России (2018, РАН) работа была удостоена диплома по направлению «3. Ядерная физика», а ее автор присвоения медали Российской академии наук.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

Портативный детектор гамма-излучения на основе сцинтилляционного кристалла CsI(Tl) и кремниевого твердотельного фотодетектора, упакованных в единый герметичный светонепроницаемый корпус, обладающий линейным откликом в диапазоне энергий гамма-излучения ядерных и радиоактивных веществ, применяемых в радиоизотопной диагностике и неразрушающем анализе (0,35–3,0 МэВ), и имеющий энергетическое разрешение <7 % на линии 662 кэВ.

**Апробация.** Результаты исследований, положенные в основу диссертации, представлялись и докладывались на Научных конференциях НИ ТПУ (2017–2022), на Международной конференции “RAD-2018 International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research” (2018, Охрид, Македония), на Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2017» (2017, Иваново), на Международной научно-технической конференции студентов и молодых ученых «Молодежь. Наука. Технологии» (2017, Новосибирск), на Всероссийском конкурсе Умник-НТИ Технет (2017), на V Всероссийском конкурсе научных докладов студентов (2018, Томск), на Всероссийском конкурсе на соискание медали Российской академии наук с премией для студентов высших учебных заведений России (2018, РАН), а также на научных сессиях и семинарах НИ ТПУ.

По результатам проведенных исследований и работ подана заявка на регистрацию патента на полезную модель на основе разработанного устройства «Лабораторный образец твердотельного сцинтилляционного детектора гамма-излучения» №2020133952.

**Публикации.** Основные результаты научно-квалификационной работы опубликованы в тринадцати печатных работах, в том числе в одном научном издании рецензируемом ВАК Российской Федерации. В настоящий момент еще 2 научные работы проходят процедуру рецензирования и ожидают публикацию рецензируемых научных журналах, определенных ВАК РФ.

**Объем работы.** Научно-квалификационная работа состоит из введения, 2 глав и заключения. Работа одержит 75 страниц печатного текста, 23 рисунков, 7 таблиц и список литературы из 46 наименований.