



Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
**ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИЯИ РАН)**

пр-т 60-летия Октября, д. 7а, Москва, 117312
тел. 8(499)135-77-60, 8(495)850-42-00 (дирекция);
8(495)850-42-16, 8(916)139-29-97 (отдел делопроизводства и документооборота)
факс: 8(499)135-22-68, e-mail: inr@inr.ru / www.inr.ru
ОКПО 02699122 ОГРН 1027739758562 ИНН/КПП 7728116437/772801001



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора ИЯИ РАН,

Рубцов Г.И.

«10» апреля 2026 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Института ядерных исследований РАН» на диссертацию Садыкова Жакыпбека Турлановича «Экспериментальные исследования на основе методики трековых детекторов в физике элементарных частиц», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 - «Приборы и методы экспериментальной физики»

Диссертационная работа Садыкова Жакыпбека Турлановича посвящена экспериментальным исследованиям по физике элементарных частиц и физике высоких энергий, проводимым с использованием трековых детекторов - детекторов, в которых регистрация частиц сопровождается появлением визуально наблюдаемых треков, повторяющих траекторию движения частицы. В современных экспериментах обработка данных таких детекторов выполняется на высокотехнологичных автоматизированных микроскопных комплексах, модернизация которых была главной целью диссертационной работы. Универсальность комплекса ПАВИКОМ, микроскопы которого были модернизированы автором, позволяет

использовать оборудование для сканирования практически всех современных трековых детекторов (ядерной фотоэмульсии, рентгеновских пленок, диэлектрических детекторов, стекол и слюд).

Актуальность выполненной работы определяется широтой тематики исследований с трековыми детекторами и необходимостью обработки больших массивов данных. Модернизированное оборудование успешно было использовано для обработки данных ядерных фотоэмульсий эксперимента SND@LHC, фосфатных стекол - для поиска треков осколков синтезированных сверхтяжелых ядер, ядерных фотоэмульсий в мюнографическом исследовании объекта культурного наследия.

Подтверждение достоверности результатов было достигнуто путем перекрестного сканирования опытных образцов на микроскопах различных лабораторий, включая Неапольский университет им. Фредерико II. Достоверность результатов мюнографического эксперимента в Свято-Троицком Даниловом монастыре была подтверждена идентификацией с помощью авторской методики распознавания визуально проверяемых архитектурных элементов здания церкви в монастыре. Итоги исследования прошли апробацию на конференциях и семинарах, а также были опубликованы в пяти статьях в научных журналах, рекомендованных ВАК, и в престижных международных рецензируемых изданиях.

Структура диссертации. Диссертация включает введение, четыре главы, заключение и библиографический список. Общий объем работы составляет 119 страниц, в том числе 61 иллюстрация и 5 таблиц. Библиография - 155 источников.

Во **введении** подчеркнута актуальность темы исследования, сформулированы цель и решенные задачи работы, отмечены научная новизна и практическая ценность полученных результатов. Там же приведены аргументы в пользу достоверности выводов диссертации, оценен личный вклад автора.

Первая глава посвящена обзору характеристик фотографической ядерной эмульсии как старейшего трекового детектора. Здесь рассмотрены вопросы технологии процессов коллоидной химии при производстве эмульсии, обсуждаются наиболее важные выполненные исследования, начиная с конца XIX века и до наших дней, способствовавшие развитию метода. Особое внимание уделено эволюции методик автоматизированного сканирования эмульсий и современных подходов к анализу данных.

Во второй главе описаны разработка, создание и внедрение новых технологий сканирования трековых детекторов. Была выполнена модернизация сканирующих комплексов ПАВИКОМ в ФИАН (Россия) и MISC1 в Университете имени Федерико II (Италия), в которой ключевую роль сыграла интеграция новых предметных столиков в системы сканирования. Была создана и интегрирована в микроскоп новая система освещения по Келеру для ПАВИКОМ. В связи с установкой и использованием нового объектива, имеющего существенно большее поле зрения, важной частью работы стал разработанный новый алгоритм кластеризации, который устранил ограничения на количество обрабатываемых кластеров на изображениях.

В третьей главе рассмотрена созданная автором новая методика поиска редких событий распада синтезированных сверхтяжелых ядер с применением детекторов из фосфатного стекла. Для решения этой задачи был выполнен выбор подходящего травящего раствора, проведены калибровочные эксперименты на ускорителе для разных типов стекол и определен алгоритм анализа результатов. Итогом стало создание методики определения геометрических и динамических характеристик треков тяжелых ионов, что позволило разработать новый метод распознавания зарядов ионов, регистрируемых в фосфатном стекле КНФС-3.

Четвертая глава посвящена исследованию внутренней структуры зданий и территории Свято-Троицкого Данилова монастыря методом мюонографии. Целью было изучение скрытой структуры подвалов церквей Похвалы Божией Матери и Всех Святых, территории между этими зданиями. Впервые в мюонографии автором был предложен метод подтверждения правильности выбранных технических решений и достоверности полученных результатов. По мюонографическим измерениям потоков проходящих мюонов были идентифицированы визуально проверяемые архитектурные особенности - дверные и оконные проемы.

В заключении представлен общий итог работы – выполненная успешная модернизация позволила качественно улучшить технические характеристики высокотехнологичного микроскопного комплекса. Оборудование было успешно использовано в трех экспериментальных исследованиях и имеет блестящие перспективы для будущего использования в самых разнообразных работах с трековыми детекторами.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. Описание эксперимента SND@LHC целесообразнее было бы перенести из второй главы в параграф 1.3, где дается описание современных нейтринных экспериментов.

2. Не указаны ошибки в измерениях времени и толщины травления к рисункам 3.5, 3.6, 3.8 (стр. 64,65, 68–69).

3. К параграфу 4.3 (стр. 98), почему не проводилось сравнение результатов экспериментов и моделирования с комнатой и без нее? Моделирование описано скудно, и не понятно почему не отнормированы кривые на Рис. 4.6 (стр. 100)?

4. Описание к рис. 4.10 (стр. 103) вызывает вопросы: «б) Линии уровня, полученные по данным детектора б для направления «назад». Небольшим локальным объектам, типа дверных или оконных проёмов, соответствуют небольшие пики на линиях уровня.» Какие пики имеется в виду? Линии уровня числа мюонов?

5. На стр. 105 написано в конце, что обнаружены неизвестные полости, уплотнения и воздуходувы. Однако же не приводятся ни экспериментальные результаты измерений и кривые уровней потоков мюонов, ни сравнения с моделированием.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации, являющейся успешным завершённым исследованием. Работа Садыкова Жакыпбека Турлановича «Экспериментальные исследования на основе методики трековых детекторов в физике элементарных частиц» соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, применимым к диссертациям на соискание степени кандидата физико-математических наук. Автореферат адекватно передает содержание диссертации. Автор безусловно достоин присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 - «Приборы и методы экспериментальной физики».

Отзыв составил:

Заведующий Лабораторией электронных методов детектирования нейтрино, старший научный сотрудник Отдела лептонов высоких энергий и нейтринной астрофизики ИЯИ РАН, кандидат физико-математических наук Агафонова Наталья Юрьевна. Отзыв обсуждался и был утвержден на заседании ученого совета Отдела лептонов высоких энергий и нейтринной астрофизики ИЯИ РАН 10 апреля 2026 года.

Секретарь семинара "Нейтринная и ядерная астрофизика", Заведующий Лаборатории Нейтринной астрофизики, ведущий научный сотрудник Отдела лептонов высоких энергий и нейтринной астрофизики ИЯИ РАН
Доктор физ.-мат. наук



Р.А. Мухамедшин

Заведующий лабораторией электронных методов детектирования нейтрино, старший научный сотрудник Отдела лептонов высоких энергий и нейтринной астрофизики ИЯИ РАН
Кандидат физ.-мат. наук



Н.Ю. Агафонова

Подписи Р. А. Мухамедшина и Н.Ю. Агафоновой заверяю:
Ученый секретарь ИЯИ РАН, к.ф.-м.н.



А.В. Вересникова

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН)
Адрес: ИЯИ РАН, проспект 60-летия Октября 7а, Москва 117312
Адрес электронной почты: inr@inr.ru

Список основных публикаций сотрудников ведущей организации Института ядерных исследований Российской академии наук (ИЯИ РАН) по тематике диссертации Садыкова Жакыпбека Турлановича «Экспериментальные исследования на основе методики трековых детекторов в физике элементарных частиц» в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. Копылов А.В., Орехов И.В., Петухов В.В. / Последние результаты эксперимента по поиску темных фотонов с помощью мультикатодного счетчика // Ядерная физика. - 2023. - Т. 86. № 6. - С. 752-756.

2. Куринов К.О., Кулешов Д.А., Лагуткина А.А., Стенькин Ю.В., Щеголев О.Б. / Выделение сигналов от тепловых нейтронов в электронно-нейтронных детекторах с использованием сверточных нейронных сетей в эксперименте ENDA // Журнал экспериментальной и теоретической физики. - 2023. - Т. 163. № 4. - С. 524-530.

3. Cao Zh,..., Bukevich A.V... Kopylov A.V. et al. / Measurements of all-particle energy spectrum and mean logarithmic mass of cosmic rays from 0.3 to 30 pev with LHAASO-km2a // Physical Review Letters. - 2024. - V. 132. № 13. - P. 131002.

4. Acero M.A., ... Butkevich A. et al. / Measurement of the double-differential muon-neutrino charged-current inclusive cross section in the nova near detector // Physical Review D. - 2023. - V. 107. № 5. - P. 052011.

5. АГАФОНОВА Н.Ю., РЯЖСКАЯ О.Г. LVD – многоцелевой российско-итальянский детектор // Ядерная физика. - 2022. - Т. 85. № 1. - С. 70-75.

6. Агафонова Н.Ю., Мальгин А.С. / О механизме температурных вариаций средней энергии мюонов на больших глубинах // Журнал экспериментальной и теоретической физики. - 2021. - Т. 159. № 1. - С. 88-94.

7. Kalmykov N.N., Karpikov I.S., Rubtsov G.I., Troitsky S.V. / Muon lateral distribution function of extensive air showers: results of the Sydney university giant air-shower recorder versus modern Monte Carlo simulations // Physical Review D. - 2022. - V. 105. № 10. - P. 103004.