

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

экспертной комиссии, созданной решением объединенного диссертационного совета 6D.KOA-055 при Физико-техническом институте имени С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана (Протокол № 3 от 30.03.2023г.) в составе: председателя комиссии – д.ф.-м.н., профессора Махсудова Б. И.; членов комиссии - д.ф.-м.н., профессора Акдодова Д. М. и д.т.н. доцента И. Мирсаидзода., по диссертационной работе Ризои Бахромзода на тему «Развитие методов выделения ливней от  $\gamma$ -квантов очень высокой энергии по данным черенковских детекторов высокогорных установок», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики.

Рассмотрев диссертационную работу Р. Бахромзода на тему «**Развитие методов выделения ливней от  $\gamma$ -квантов очень высокой энергии по данным черенковских детекторов высокогорных установок**», на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики экспертная комиссия объединенного диссертационного совета 6D.KOA-055 при Физико-техническом институте имени С.У. Умарова национальной академии наук Таджикистан представляет следующее **заключение**:

Представленная диссертационная работа соответствуют формуле специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики, в частности в пунктах 1, 2 и 8:

*п.1: были изучены пространственно-временные и пространственно-угловые распределение черенковского света широких атмосферных ливней от первичных протонов и гамма-квантов в диапазоне энергий 30-100 ТэВ*

*п.2: была предложена новая методика для гибридной установки, предназначенной для регистрации черенковского света, которая позволяет определять первичные параметры ШАЛ (первичная энергия  $E_0$ , направление прихода  $\theta$ , положение оси  $x_0$  и  $y_0$ ) и эффективно выделять  $\gamma$ -кванты из фона протонных событий.*

*п. 8: проводилось моделирование развитие ШАЛ в атмосфере на уровне наблюдения 4250 м над уровнем море. Предложена методика для обработки черенковского изображения атмосферных телескопов, которая позволяет выделять  $\gamma$ -кванты.*

**Актуальность и необходимость проведения исследований по теме диссертации.** На первом заседании Совета по науке, образованию и инновациям при президенте Республики Таджикистан Президентом Республики Таджикистан Эмомали Рахмоном была принята программа «Изучения точных, естественных и математических наук, рассчитанной на 2020-2040 годы».

29 августа 2008 г. между Правительством Республики Таджикистан и Правительством Российской Федерации было подписано Соглашение о

центра «Памир-Чакалтая». В рамках деятельности этого центра предполагалось строительство новой, большой гибридной установки – «Памир-XXI». Проект «Памир-XXI» планировался как комплексное исследование первичного космического излучения (ПКИ) в широком диапазоне энергий  $3 \cdot 10^{12}$  эВ –  $10^{18}$  эВ и характеристик ядерного взаимодействия, не доступных для изучения на ускорителях. Большая высота наблюдения (4250-4260 м над уровнем моря) даёт определенные преимущества для решения астрофизических задач: изучения энергетического спектра и массового состава ПКИ и регистрации  $\gamma$ -квантов сверхвысокой энергии как от точечных, так и от диффузных источников.

Регистрация гамма-лучей высокой и сверхвысокой энергий считается очень важным достижением в астрофизике в последнее время, поднимая перед учеными новые вопросы о механизме и источнике этих гамма-лучей, их распространении и взаимодействии с межзвездной средой и полем. Изучение высокоэнергетических гамма-лучей отвечает на вопросы о происхождении и ускорении космических лучей сверхвысокой энергии, определяет их источники и области ускорения, а также проливает свет на такие темы, как темная материя, нарушение инвариантности Лоренца и изучение ранней Вселенной.

В отмеченном аспекте определение в качестве **основной цели диссертационной работы** разработка и физическое обоснование нового метода выделения гамма-квантов на фоне протонных ливней в численном эксперименте, является удачным и целесообразным решением. Особенно это важно при планировании и проведение эксперимента «Памир-XXI».

По мнению экспертов в качества **научной новизны** диссертационной работы можно выделить следующие впервые полученные результаты:

- Предложение новой методики для гибридной установки, предназначенной для регистрации черенковского света, которая позволяет определять первичные параметры ШАЛ (первичная энергия  $E_0$ , направление прихода  $\Theta$ , положение оси  $x_0$  и  $y_0$ ) и эффективно выделять  $\gamma$ -кванты из фона протонных событий.
- Нахождение физических причин работоспособности методики отбора  $\gamma$ -квантов на основании анализа данных статистического моделирования;
- Нахождение алгоритма исключения проскочивших ливней, использующий свойства черенковского света ШАЛ и основывающийся на данных оптических детекторов.

#### ***Теоретическая и научно-практическая значимость исследования:***

- предлагаемый способ анализа черенковского света ШАЛ может быть использован как для совершенствования критерия отбора гамма-ливней в черенковской гамма-астрономии, так и для улучшения разделения ШАЛ по массам первичных ядер при исследовании космических лучей сверхвысоких энергий;

- анализ физических причин работы найденных критериев создает основу для дальнейшего совершенствования критериев отбора гамма-событий;
- разработана конкретная гибридная методика анализа угловых и пространственно-временных распределений ЧС ШАЛ для высокогорных установок (практическая значимость).

***Положения, выносимые на защиту:***

- Разработанный метод для выделения гамма-квантов на фоне протонов космических лучей в диапазоне энергий от 30 ТэВ до 100 ТэВ;
- Алгоритм нахождения и исключения проскочивших ливней;
- Объяснение физических причин работоспособности выбранных критериев;
- Оценка чувствительности установки, использующей новый метод, к источникам гамма-квантов сверхвысоких энергий.

В диссертации имеются некоторые недостатки и упущения стилистического и технического характера, типа - фрагментарность текста изложения (не соблюдение последовательности перехода и логической связи) и повторяемость некоторых предложений, слишком большой текст обзорной части и т. д.

Однако вышеперечисленные недостатки не снижают научную значимость полученных в диссертации результатов. В целом диссертационная работа представляет завершённую научную работу по конкретной актуальной теме с конкретными результатами, которые имеют большое научно-практическое значение.

Объекты исследования (различные характеристики черенковского света ШАЛ) и методы исследования, использованные в диссертации, являются характерными для экспериментальной физики, физики космических лучей и гамма астрономии. В связи с этим диссертационная работа **Р. Бахромзод** на тему **«Развитие методов выделения ливней от  $\gamma$ -квантов очень высокой энергии по данным черенковских детекторов высокогорных установок»**, вполне соответствует паспорту специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики и может быть принята к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности в объединенном диссертационном совете 6D.КОА-055.

Оригинальность содержания диссертации составляет 76,71% от общего объема текста, цитирование оформлено корректно. Заимствованного материала, использованного в диссертации, без ссылок на авторов не обнаружено. Опубликованных научных работ, выполненных соискателем ученой степени в соавторстве, без ссылок на соавторов не выявлено.

Представленная диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне, в котором изложены новые результаты по разработке новых методов регистрации черенковских фотонов широких атмосферных ливней от первичных протонов и гамма-квантов.

По мнению экспертной комиссии члены Диссертационного совета 6D.KOA-055 д.ф.-м.н., академик Ф. Рахими, д.ф.-м.н., профессор Махсудов Б.И., д.ф.-м.н., профессор Акдодов Д. М., д.т.н., доцент И. Мирсаидзода и к.ф.-м.н Холмуродов Ф. являются специалистами по профилю рассматриваемой диссертационной работы.

Экспертная комиссия предлагает в качестве **официальных оппонентов** назначить следующих учёных, известных специалистов в данной области:

**Махсудов Барот Исломович** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующей кафедрой ядерной физики физического факультета Таджикского национального университета

**Синицина Вера Георгиевна** – кандидат физико-математических наук, ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева, Отделение ядерной физики и астрономии, зав. лабораторией, ведущий научный сотрудник

В качестве **ведущей организации** рекомендует **Института ядерных исследований Российской академии наук.**

Председатель комиссии:

Зав. кафедрой ядерной физики  
физического факультета ТНУ  
д. ф.-м. н., профессор



Б. И. Махсудов

Члены комиссии:

Зав. Кафедрой общей физики  
Физического факультета ТНУ  
д. ф.-м. н., профессор

Д. М. Акдодов

Директор Агентства по химической, биологической,  
радиационной и ядерной безопасности НАНТ  
д.т.н., доцент

И. Мирсаидзода

Подписи заверяю,

Ученый секретарь диссертационного совета 6D.KOA-055,

к.ф.-м.н., доцент

З. Низомов