

## ОТЗЫВ

ведущего учреждения на диссертационную работу Латиповой Сарвиноз Зикуллоевны на тему «Оценка энергии и направления первичной частицы по образу широкого атмосферного ливня в оптических детекторах установки Памир-XXI», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

**Актуальность темы** диссертации - несомненна. В современной экспериментальной астрофизике одной из актуальных проблем является вопрос о происхождении космических лучей сверхвысоких энергий. Задачи определение параметров первичных частиц, такие как первичная энергия, тип частицы, массы, направления прихода и положение оси являются фундаментальными задачами физики и астрофизики частиц сверхвысоких энергий. Именно знание этих параметров существенно для большинства астрофизических задач, решаемых методом ШАЛ. Эти классические задачи определения энергетического спектра, массового состава и, может быть, исследование анизотропии для самых энергичных событий.

Такая задача была поставлена в рамках проекта «Памир-XXI», предполагавшего создание комплексной установки нового поколения в горах Восточного Памира на высоте ~4250 м над уровнем моря.

Такие исследования активно проводятся в ряде крупных научных центров США, Японии, России, Китая и ряде развитых стран Европы. Поэтому разработка способов обработки экспериментальных данных является актуальной задачей, т.к. позволяет научно обосновать выбор места и расположения детекторов космических лучей для получения новых научных результатов.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что проведенное модельных исследований действительно актуально, поскольку связано с выявлением закономерностей функционирования оптических детекторов в условиях максимально приближенных к реально осуществляемым в высокогорных установках. Значимость и своевременность работы основана на ряде установленных закономерностей, которые проанализированы на основе современных представлений как физического, так и технического характера и дают импульс построения практико-ориентированных методов.

**Научная новизна** работы выражается в том, что в диссертационной работе С.З. Латиповой представлены результаты численного расчета наиболее важных характеристик модельного эксперимента регистрации высокоэнергетических космических лучей. 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  $y_0$ ).

Выносимые на защиту положения являются новыми. Так на основании установленных при проведении исследований закономерностей автором

предложен новый способ регистрации черенковского излучения. К наиболее важным результатам диссертационного исследования можно отнести:

- процедура оценки направления прихода ШАЛ и положение оси первичной частицы.

- ошибки оценки направления ШАЛ для вертикальных и наклонных ливней по пространственно-временному распределению черенковского света (ЧС).

- процедура оценки направления прихода ШАЛ и положение оси первичной частицы, проведенная минимизация.

- процедура оценки энергии ШАЛ по интегралу ЧС и введены поправки к оценкам энергии для проскочивших ливней по крутизне ФПР ЧС.

**Практическая ценность** состоит в том, что её результаты получены для практического применения в рамках работы оптической части установки проекта «Памир – XXI» на полигоне «Колуч-Куль», расположенного на высоте 4260 м н.у.м. и отличающегося прекрасным астроклиматом. В диссертации также были разработаны такие необходимые для проведения реального эксперимента аспекты, как алгоритмы определения энергии и направления частицы ПКИ, координат точки пересечения осью ШАЛ уровня наблюдения. Кроме того, диссертант исследовала неопределенности применяющейся методики, получил оценку влияние фона ночного неба на эти неопределенности и, что важно, проанализировала возможности уменьшения этого влияния.

В диссертации также разработан оригинальный метод фильтрации ШАЛ, инициированных частицами ПКИ с энергиями, близкими к порогу, первое взаимодействие которых имело место глубоко в атмосфере (т.н. «проскочившие» частиц, в основном, протоны). Это важно, поскольку игнорирование этого эффекта может приводить к недооценки первичной энергии и исказить реальную картину процессов в атмосфере.

Конкретная задача работы заключается в формулировке общих черт конструкции и демонстрации возможностей установки для регистрации широких атмосферных ливней (ШАЛ), которая может решить одну из классических задач физики космических лучей, а именно, получить энергетический спектр и массовый состав первичных космических лучей (ПКЛ) сверхвысоких энергий, важные с точки зрения астрофизики частиц сверхвысоких энергий.

При условии применения новой методики детектирования ШАЛ и обработка данных, разработанной в диссертации С.З Латиповой, обеспечивает оптической части установки «Памир – XXI» которая позволяет достичь требуемых точностей определения направления и положения оси ливня для различных ядер в диапазон энергии 1-100 ПэВ ( $\sim 0,1$  град и точки падения оси с неопределенностью  $\sim 1$  м), а также построена процедура оценки первичной энергии ливня от произвольного ядра, включающая алгоритм оценки первичной массы где среднеквадратичная ошибка оценки  $E_0$  в диапазоне 1-100 ПэВ, который не превосходит 15%, систематическая

ошибка за счёт неопределённости модели взаимодействия в диапазоне 1-10 ПэВ не более 10%. Проверка этой процедуры оценки  $E_0$  на выборке протонов 30 ПэВ подтверждает заявленную в диссертацию точность оценок (не хуже 15%).

С.З. Латипова проявила способности к самостоятельной исследовательской работы. Вклад автора состоит в поиске и анализе литературных данных по выбранной теме, подготовке модельных расчётов и проведение моделирования, обработке результатов моделирования, их обсуждении и подготовке материалов к публикации, который является весьма значительным, а в некоторых направлениях – определяющим.

1. 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.
2. Очень подробно написана обзорная часть, можно было сократить некоторую часть.
3. Космические лучи и гамма-кванты могут попасть под разными углами на поверхность атмосферы, следовательно над поверхностью наблюдаемого уровня. Почему были рассмотрены только ливни с малыми углами наклона или перпендикулярные ливни?
4. Почему были выбраны именно детекторы площадью 1 м<sup>2</sup> для сети быстрых детекторов?
5. Почему не учтены функции отклика этих детекторов?

Вышеизложенные замечания совершенно не умаляют ценности большой работы, выполненной С.З. Латиповой на высоком научном уровне. Несомненно, результаты, выносимые на защиту, представляют предний фронт современных астрофизических исследований.

Основные результаты диссертационной работы Латиповой С опубликованы в отечественных и зарубежных журналах и неоднократно докладывались на международных, российских и таджикских конференциях по космическим лучам и физике высоких энергий.

Диссертация С.З. Латиповой является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой, которая в полной мере удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

Рекамендую диссертацию С.З. Латиповой «Оценка энергии и направления первичной частицы по образу широкого атмосферного ливня в оптических детекторах установки Памир-XXI», к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

По материалам диссертационной работы опубликовано 8 работ, из них 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в базах

данных Web of Science и Scopus, и 4 статьи в рецензируемых журналах ВАК при Президенте Республики Таджикистан, 2 тезисов и докладов в материалах международных и республиканских научных конференций.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

По уровню и объёму диссертации в целом, используемых методов исследования и полученных результатов можно сделать заключение, что диссертационная работа Латиповой Сарвиноз Зикуллоевны на тему «Оценка энергии и направления первичной частицы по образу широкого атмосферного ливня в оптических детекторах установки Памир-XXI», представленной на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, полностью удовлетворяет критериям приложения 2к постановления Правительства Республики Таджикистан за №267 от 30.06.2023 г. в части, касающейся учёной степени кандидата наук, а ее автор Латипова Сарвиноз заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики», за концептуальное развитие актуального научно-технического направления в области физики космических лучей с целью улучшения и прогнозирования эксплуатационных параметров высокогорных экспериментальных установок, которое выразилось в установлении закономерностей регистрации космических лучей сверхвысоких энергий.

Отзыв составил, д.ф.-м.н., профессор  
кафедры физики плазмы, нанотехнологии  
и компьютерной  
физики, физико-технического  
факультета КазНУ им аль-Фараби

Архипов Ю.В.

Подпись д.ф.-м.н., профессора,  
Архипова Ю.В. заверяю:  
Декан физико-технического факультета

Дата: \_\_\_\_ « \_\_\_\_\_ » 2023г.



Бейсен Н.Ә.