

ОТЗЫВ

официального оппонента 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.

1. Соответствие диссертации специальностям и отраслям науки, по которым она представляется к защите

В диссертационной работе Латиповой Сарвиноз Зикуллоевны на тему «Оценка энергии и направления первичной частицы по образу широкого атмосферного ливня в оптических детекторах установки Памир-XXI» представлены создание алгоритма оценки первичного энергия и направления для расчетных моделей фронта и поперечного распределения черенковского света ШАЛ от разных первичных ядер. В этой работе акцент делается на Создание алгоритма оценки энергии первичных космических ядер при энергиях выше 10^{15} эВ (1ПэВ). Рассмотрен конкретный вариант метода для практического применения в эксперименте Памир-XXI. В работе содержится аргументированное обоснование целесообразности проведения исследования, включающего как проведение численных расчётов, так и их теоретический анализ. Анализ работы показывает, что по методам численного расчёта и использованному математическому аппарату она соответствует отрасли «физико-математических» наук и паспорту специальности 01.04.01 - Приборы и методы экспериментальной физики.

2. Актуальность темы диссертации. Одной из актуальных проблем астрофизики является вопрос о происхождении космических лучей сверхвысоких энергий. Задачи определения 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. Это – классические задачи определения энергетического спектра, массового состава и, может быть, исследование анизотропии для самых энергичных событий.

Конкретная задача работы заключается в решение проблемы первичных параметров, решить одну из классических задач физики космических лучей, а именно получить энергетический спектр и определить

первичное направление первичных космических лучей (ПКЛ) сверхвысоких энергий, важное с точки зрения астрофизики частиц сверхвысоких энергий.

Характеристики ШАЛ на высотах гор заметно отличаются от таковых на уровне моря, что необходимо учитывать при построении методики оценки параметров первичной частицы. Это особенно важно, если ставится задача усовершенствовать существующие методы регистрации или даже разработать новые, основанные на детальном моделировании развития ШАЛ и использующие детекторы разных типов.

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.

Для планировки, проектирования и создания экспериментальных установок необходимо провести тщательное моделирование и нужно разрабатывать способы обработки экспериментальных данных. Данное исследование направлено на решение этих задач.

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 проведение 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 основаны на ряде установленных закономерностей, которые проанализированы на основе современных представлений как физического, так и технического характера и дают импульс построения практико-ориентированных методов.

3. Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

В диссертационной работе 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 Θ , 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 следующие:

- **была проведена** аппроксимация фронта и поперечного распределения черенковского света широких атмосферных ливней от различных ядер с энергией 1-100 ПэВ для установки Памир - XXI. Выбран вид аппроксимирующих функций для фронта и ФПР ЧС ШАЛ.

- **создан** алгоритм аппроксимации и анализа ошибок для оценки первичной энергии, положения оси, направления прихода и расчетные модели для черенковского фронта и поперечного распределения черенковского света ШАЛ от разных первичных ядер.

- **проведена** процедура оценки направления прихода ШАЛ и положения оси первичной частицы.

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

- **разработана** процедура оценки направления прихода ШАЛ и положения оси первичной частицы, проведена минимизация.

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

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

При проведении исследований использовался ряд современных методик, включающая, в том числе, для генерации искусственных событий, использование признанного во всем мире кода CORSIKA. Для каждого события сохранялась детальная информация о пространственно-временном и пространственно-угловом распределении черенковского света, а также полные стандартные файлы с информацией о вторичных частицах. При обработке использовались данные о фоне ночного неба в горах Восточного Памира. В работе использовались стандартные программные инструменты CERN и процедуры, реализующие общепризнанные численные методы.

Достоверность сформулированных положений косвенно подтверждается их непротиворечивостью существующим литературным данным, полученным на основе других методов. Выводы в диссертационной работе сформулированы корректно, базируются на результатах, неоднократно обсужденных на научных семинарах и конференциях, а также опубликованных в периодических научных изданиях.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их практическому применению

Научная значимость результатов проведенных соискателем исследований состоит в том, что они представляют собой концептуальное развитие актуального научно-технического направления в физике космических лучей по установлению закономерностей способа анализа черенковского света ШАЛ.

Планируется существенно продвинуть вперед решение обеих классических задач, поставленных перед установками ШАЛ (и проблемы модели взаимодействия) на основе новых подходов, в рамках проекта Памир-XXI. Настоящая работа не касается адронных исследований в стволах ШАЛ. Она рассматривает возможности решения традиционных астрофизических задач: изучения энергетического спектра и массового состава ПКИ и регистрации γ -квантов сверхвысокой энергии как от точечных, так и от диффузных источников. Наша логика решения этих задач несколько отличается от используемой в прошлых и настоящих экспериментах.

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, что является важным с точки зрения астрофизики частиц сверхвысоких энергий.

Экономическая и социальная значимость работы состоит в обосновании комплекса исследований, позволяющая провести анализ черенковского света ШАЛ в оптимальном варианте. Сформулированный комплекс знаний вполне пригоден для внедрения при проектировании высокогорных экспериментальных установок для изучения космических лучей сверхвысоких энергий.

6. Опубликованные результаты диссертации в научной печати

Основные результаты диссертации были представлены на ряде национальных, всероссийских и Международных конференциях, посвященных обсуждению проблем в выбранной соискателем области, а также опубликованы в периодической печати, удовлетворяющей требованиям ВАК при Президенте Республики Таджикистан.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК при Президенте Республики Таджикистан. Она написана на грамотном русском и хорошем научном языке. В ней содержится незначительное число

несоответствий редакционного плана. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационного исследования.

Кроме замечаний редакционного и оформительского плана по работе требуется сделать уточнение по следующим вопросам:

1. Очень подробно написана обзорная часть. Можно было бы сократить некоторую часть обзора диссертационной работы.

2. Космические лучи и гамма-кванты могут попасть под разными углами на поверхность атмосферы, и, следовательно, над поверхностью наблюдаемого уровня. Почему в диссертации были рассмотрены только ливни с малыми углами наклона или перпендикулярные ливни?

3. Было бы интересно узнать мнение диссертанта о дальнейших перспективах этого эксперимента.

Отмеченные выше замечания несколько затрудняют чтение диссертации, но несколько не влияют на ее сущностную сторону, в которой автор попытался исчерпывающе отобразить весь комплекс полученных новых научных результатов в виде практико-ориентированных рекомендаций по новому методу регистрации и анализа важных характеристик космических лучей сверхвысоких энергий.

8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

На основании анализа 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 приложение 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, включающие следующие результаты:

- выбранные модели хорошо описывают аппроксимирующую функцию для фронта и функции поперечного распределения от различных ядер в диапазон энергии 1-100 ПэВ;

- модели фронта и поперечного распределения света, а также их флуктуаций успешно описывают имеющиеся выборки искусственных событий. Средние функции и флуктуации, полученные на выборках объемом 60 событий, практически не отличаются от аналогичных функций для выборок объемом 30 событий;

- построена процедура оценки первичной энергии ливня от произвольного ядра, включающая алгоритм оценки первичной массы. Среднеквадратичная ошибка оценки E_0 в диапазоне 1-100 ПэВ не превосходит 15%, систематическая ошибка за счёт неопределённости модели взаимодействия в диапазоне 1-10 ПэВ составляет не более 10%.

Официальный оппонент,

доктор физико-математических наук, профессор,
директор Физико-технического института

Академии наук

Республики Узбекистан



Олимов Хусниддин Косимович

26 декабря 2023 г.

Адрес: 100084 город Ташкент, ул. Чингиза Айтматова 2Б.

Республика Узбекистан

Телефон: (+998)99-865-41-75

E-mail: khkolimov@gmail.com