

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Бахромзода Ризои «Развитие методов выделения ливней от γ -квантов очень высокой энергии по данным черенковских детекторов высокогорных установок», представленную к защите в диссертационный совет 6D.КОА-055 при Физико-техническом институте им. С.У. Умарова Национальной академии наук Таджикистана на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 — «Приборы и методы экспериментальной физики»

Ризои Бахромзод поступил в аспирантуру физического факультета МГУ осенью 2014 года после окончания курса физического факультета Таджикского национального университета в Душанбе. Тема научной работы аспиранта была сформулирована в рамках проекта «Памир-XXI», предполагающего создание высокогорной комплексной установки для регистрации широких атмосферных ливней (ШАЛ) в диапазоне 30 ТэВ — 1 ЭэВ. Р. Бахромзод выбрал для исследования проблему выделения каскадов от γ -квантов очень высокой энергии на преобладающем фоне адронных ливней на основании данных детекторов атмосферного черенковского света.

Регистрация гамма-квантов очень высокой энергии является весьма актуальной задачей современной экспериментальной астрофизики. γ -излучение в этом диапазоне энергий доносит до нас информацию непосредственно от источников в Галактике и Метагалактике, что позволяет судить как о самих источниках, так и о разделяющей нас межзвездной среде. За последние четыре десятилетия наблюдается быстрое развитие экспериментальной техники и методики черенковской γ -астрономии, это позволило повысить чувствительность телескопов и наблюдать в десятки раз большее число источников. В 2021 году обсерватория LHAASO зарегистрировала кванты с энергиями выше 100 ТэВ, что является прямым указанием на ускорение космических лучей в галактических источниках-пэватронах до энергий 1 ПэВ и выше. Этот факт придает особое значение горным черенковским γ -обсерваториям, нацеленным на регистрацию квантов сверхвысоких энергий.

В работе Р. Бахромзода рассматривается новый метод регистрации гамма-квантов с энергиями выше 30 ТэВ по угловому и пространственно-временному распределениям черенковского света атмосферных ливней. Критерий выделения γ -квантов по форме черенковских образов ливней в поле зрения растрового телескопа существенно отличается от широко используемого метода параметров Хилласа, является более адекватным для данного диапазона энергий и уровня гор и позволяет подавить адронный фон минимум в 100 раз. Автором был найден механизм работы критерия: оказалось, что численной оптимизацией были найдены области черенковского образа, соответствующие разным стадиям развития каскада в атмосфере. Отношение мощностей излучения этих областей различно для γ - и адронных ливней.

В диссертации также были разработаны алгоритмы определения энергии и направления первичной частицы и координат точки пересечения осью ливня уровня наблюдения, исследованы их неопределенности, оценено влияние фона ночного неба на эти неопределенности и рассмотрены возможности уменьшить это влияние. Разработан оригинальный метод фильтрации глубоко развивающихся («проскочивших») ливней припороговой энергии, приводящих к большой недооценке первичной энергии.

Созданный автором гибридный метод регистрации ШАЛ обеспечивает угловое разрешение не хуже 0,1 градуса дуги и позволяет изучать как точечные, так и диффузные источники γ -квантов. Оптическая часть установки «Памир-XXI» будет иметь чувствительность в диапазоне 30-100 ТэВ на уровне детекторов проекта СТА при условии применения новой методики детектирования и обработки данных.

Р. Бахромзод продемонстрировал способности к самостоятельной исследовательской работе. Вся обработка искусственных событий ШАЛ, оптимизация алгоритмов, поиск и оптимизация критериев отбора γ -ливней, оценки неопределенностей восстановления их первичных параметров, а также оценки чувствительности установки к γ -источникам выполнены лично автором.

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

Диссертация Р. Бахромзода является законченной самостоятельной научно-исследовательской работой, которая в полной мере удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК.

Рекомендую диссертацию Бахромзода Ризои «Развитие методов выделения ливней от γ -квантов очень высокой энергии по данным черенковских детекторов высокогорных установок» к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 — «Приборы и методы экспериментальной физики».

Научный руководитель
доктор физ.-мат. наук, доцент,
профессор кафедры физики космоса
физического факультета МГУ
им. М.В. Ломоносова



В.И. Галкин
18.01.2023

Подпись Галкина В. И. заверяю

Ученый секретарь В.И. Каралаев

