

УТВЕРЖДАЮ



Врио ректора НИЯУ МИФИ

М.Н. Стриханов

« 12 » апреля 2021 г.

ОТЗЫВ

**ведущей организации – Национального исследовательского ядерного университета МИФИ на диссертацию С.Е. Пятовского «Природа гало в стволах широких атмосферных ливней и доля легких ядер в первичном космическом излучении при $E_0 = 10$ ПэВ (эксперимент ПАМИР)», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16
«Физика атомного ядра и частиц»**

Тема диссертации Пятовского С.Е. связана с проблемами физики и астрофизики космических лучей в области ПэВных энергий первичных частиц. В многочисленных экспериментах, проведенных на различных установках, получены сильно отличающиеся, а порой и противоречивые данные об энергетическом спектре, массовом составе и взаимодействии частиц в этой области энергий. Одной из самых острых проблем является вопрос о массовом составе и его изменениях с увеличением энергии и данные, приведенные в первой главе диссертации, это подтверждают. Результаты анализа экспериментов по исследованию соотношения мюонной и электронной компонент, глубины максимума развития ШАЛ и их возраста дают большой разброс в оценках массового состава.

В данной работе для оценки массового состава космических лучей в области энергий ~ 10 ПэВ используются данные о гало, регистрируемых в эксперименте ПАМИР. Поэтому в диссертации сформулированы две задачи:

1. Детальное исследование характеристик гало и количественная оценка вклада в их формирование подпороговых (с точки зрения регистрации в РЭК) гамма-квантов.

2. Использование экспериментальных характеристик гало для оценки доли легких ядер в первичном космическом излучении.

Первая задача успешно решена и изложена в диссертационной работе достаточно убедительно и не вызывает серьезных вопросов. Полученные автором результаты для площадей гало более 500 mm^2 являются новыми и безусловно будут использованы в дальнейших исследованиях как по данным ПАМИР, так и в других экспериментах с использованием РЭК.

Что касается второй задачи, то для ее решения автором проделан большой объем работы как по моделированию, так и по обработке экспериментальных данных. Хорошо известно, что измеряемые характеристики ШАЛ зависят как от спектра и состава космических лучей, так и от используемой модели взаимодействия первичных частиц с ядрами атомов воздуха и последующего развития ШАЛ в атмосфере. В диссертации для этого выбрана модель MC0-FANSY, на основе которой создана модель ШАЛ + РЭК. Результаты моделирования, полученные для различных первичных ядер, сопоставляются с экспериментальными данными с целью оценки массового состава космических лучей. В целом такой подход корректен, но его реализация в диссертации вызывает некоторые вопросы.

Верификация модели ШАЛ-РЭК проведена по данным экспериментов ПАМИР и ЯБК (японо-бразильская коллаборация) – рисунки 2.9 – 2.12 на стр. 58 – 62. Верификация модели MC0-FANSY, на основе которой создана модель ШАЛ-РЭК, также проведена по данным эксперимента ПАМИР (стр. 22). А затем число зарегистрированных гало сопоставляется с числом гало, полученным в модельных расчетах для различных вариантов массового состава для того, чтобы оценить этот состав. Не получается ли в результате своеобразный замкнутый круг?

По-видимому автор сам понимает некоторую шаткость такой ситуации и в результатах второй главы (стр. 81) делает оговорку: «Сделан вывод, что статистика одноцентровых и многоцентровых гало является экспериментальным параметром, позволяющим оценить долю легких ядер в массовом составе ПКИ при условии, что вероятность образования гало первичными протонами в несколько раз выше вероятности образования гало ядрами Не и много выше вероятности образования гало ядрами тяжелее Не в массовом составе ПКИ». Это же утверждение включено в три основных результата всей диссертации (стр.105).

Дополнительный вопрос вызывает утверждение (стр. 85) «Особенность РЭК эксперимента ПАМИР состоит в преимущественной регистрации семейств γ -квантов, образованных протонами и, в меньшей степени, ядрами Не ($> 95\%$).»

В диссертации не обсуждается вопрос о достоверности полученных результатов. В соответствующем месте (стр.7) достоверность и аprobация результатов объединены в один пункт, в котором сообщается, где опубликованы полученные результаты, но сам факт опубликования результата не может свидетельствовать об его достоверности.

Еще одно замечание касается утверждения (стр.38) «что высокоэнергичному π^0 -мезону не хватает глубины атмосферы». Учитывая, что время жизни π^0 -мезона $\sim 10^{-16}$ с, то даже при энергии 10 ПэВ его пробег составляет всего лишь ~ 2 м.

В целом диссертация Пятовского С.Е. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой получены новые результаты по гало, регистрируемым в эксперименте ПАМИР, и их использованию для оценки состава первичных космических лучей в области ПэВных энергий. Эти результаты представляют интерес для физики и астрофизики космических лучей и будут использоваться в дальнейших исследованиях космических лучей методом РЭК.

Диссертационная работа Пятовского С.Е. «Природа гало в стволях широких атмосферных ливней и доля легких ядер в первичном космическом излучении при $E_0 = 10$ ПэВ (эксперимент ПАМИР)» удовлетворяет всем требованиям п. 9 действующего положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Пятовский Сергей Евгеньевич вполне заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц за решение задач, имеющих значение для развития физики и астрофизики космических лучей.

Диссертационная работа Пятовского С.Е. заслушана на семинаре, а отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании Научно-образовательного центра НЕВОД НИЯУ МИФИ 1 апреля 2021 года, протокол № 146/301.

Научный руководитель

Научно-образовательного центра
НЕВОД, д. ф.-м. н., профессор



А.А. Петрухин

Адрес организации: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный
университет «МИФИ»

+7 495 788-5699

info@mephi.ru

Тел. +7 916 670 72 27

AAPetrukhin@mephi.ru