

ОТЗЫВ

научного руководителя

на диссертацию Пятовского Сергея Евгеньевича

«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 элементарных частиц

Актуальность темы

Знания о массовом составе первичного космического излучения (ПКИ) и доле легких ядер ($p+He$) позволяют детально анализировать энергетический спектр ПКИ и излом в спектре при $E_0 = 3-5$ ПэВ, установленный в 1958 г. в МГУ им. М. В. Ломоносова. Спектр по E_0 легких ядер в массовом составе ПКИ при $E_0 = 1-100$ ПэВ относится к вопросам астрофизики частиц высоких энергий, ответ на который необходим для понимания механизмов ускорения ядер ПКИ в остатках сверхновых звезд, распространения и ускорения космических лучей (КЛ) в межзвездной среде, природы источников ПКИ.

Для оценки массового состава ПКИ интерес представляет изучение параметров широких атмосферных ливней (ШАЛ), чувствительных к массовому составу ПКИ и с минимальными флуктуациям при развитии ядерно-электромагнитного каскада (ЯЭК) в атмосфере. Параметры данных событий изучены методом рентгено-эмульсионных камер (РЭК) в стволах ШАЛ по характеристикам семейств γ -квантов с гало (гало), что позволило проанализировать массовый состав ПКИ и сделать вывод о доле легких ядер, малозависимый от моделирования ШАЛ.

Анализ содержания диссертации

Во введении обоснована актуальность, изученность проблемы, объект, предмет, цель, задачи, методологическая основа, гипотеза, научная новизна, практическая значимость и апробация результатов диссертационного

исследования, вклад автора в результаты диссертационного исследования, основные результаты диссертационного исследования по главам, положения, выносимые на защиту, публикации в изданиях из перечня ВАК, где изложены результаты диссертационного исследования.

В первой главе диссертационного исследования приведены данные по оценке доли легких ядер в массовом составе ПКИ, полученные в ряде экспериментов; обосновано применение разработанной для описания данных эксперимента ПАМИР модели ШАЛ; проанализирован состав событий, регистрируемых методом РЭК в стволах ШАЛ. Поставлена задача анализа количественного вклада подпороговых γ -квантов в формирование площадей гало в стволах ШАЛ с целью применения характеристик гало, таких как статистика гало и вероятности образования гало ядрами ПКИ различного типа, для оценки доли легких ядер в массовом составе ПКИ.

Во второй главе диссертационного исследования показано, что полученный вклад подпороговых γ -квантов в формирование площадей гало в стволах ШАЛ соответствует данным эксперимента ПАМИР. Поставлена задача оценки доли легких ядер в массовом составе ПКИ с применением таких характеристик экспериментальных гало, как статистика гало и доля структурных гало, с анализом полученной оценки доли легких ядер на предмет ее модельной зависимости.

В третьей главе диссертационного исследования приведены оценка доли легких ядер в массовом составе ПКИ, полученная по статистике гало, регистрируемых в стволах ШАЛ; результаты анализа модельной зависимости оценки доли легких ядер в массовом составе ПКИ методом гало; результаты анализа изменения массового состава ПКИ при $E_0 = 1-100$ ПэВ методом возраста ШАЛ. Показано, что легкие ядра полностью не выбывают из массового состава ПКИ в области излома энергетического спектра при $E_0 = 3-5$ ПэВ и вносят существенный вклад в массовый состав ПКИ при $E_0 = 10$ ПэВ $(39 \pm 6)\%$.

Приведенные в разделах диссертации результаты полностью соответствуют научным положениям, выносимым на защиту.

Практическая значимость и достоверность

Знания о массовом составе ПКИ в области излома спектра по энергии ПКИ при $E_0 = 3-5$ ПэВ позволяют делать выводы о происхождении ПКИ, механизмах ускорения КЛ в галактической среде и анализировать природу излома спектра по E_0 ПКИ.

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений и подтверждается результатами экспериментов по изучению характеристик и моделированию ШАЛ. Сопоставление результатов моделирования ШАЛ и экспериментальных данных подтверждает эффективность разработанных методов оценки и изменения массового состава ПКИ в области излома спектра по E_0 .

Структура и качество оформления диссертации

Диссертационное исследование изложено на 139 страницах, состоит из введения, трех глав, выводов по главам, заключения, списка публикаций автора с результатами диссертационного исследования и списка литературы, включающих 178 наименований.

Оформление диссертации соответствует требованиям, предъявляемым к оформлению диссертационных исследований.

Автореферат и опубликованные работы

Автореферат и публикации по теме диссертации в достаточной степени отражают содержание диссертационного исследования и научные положения, выносимые на защиту.

Оценка диссертации в целом

Считаю, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основе проведенных автором исследований решены научные задачи оценки количественного вклада γ -квантов с подпороговыми энергиями в формирование гало в стволах ШАЛ и оценки доли легких ядер в массовом составе ПКИ разработанным автором методом гало.

Таким образом, рассматриваемая работа соответствует установленным требованиям к кандидатским диссертациям, а ее автор Пятовский Сергей Евгеньевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Научный руководитель

14.01.2021

Пучков Виталий Сергеевич

119991, Москва, Ленинский проспект, д. 53

+7 499 132 69 70

puchkovvs@lebedev.ru

Ведущий научный сотрудник

ФГБУ Физический институт им. П. Н. Лебедева Российской академии наук

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

Ученый секретарь

Колабов А.В.



2021 г.