

Отзыв официального оппонента Зиракашвили Владимира Николаевича на диссертацию А.Д.Панова "Энергетические спектры ядер первичных космических лучей от протонов до железа по результатам эксперимента АТИК-2", представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 - физика ядерного ядра и элементарных частиц.

Диссертационная работа А.Д.Панова посвящена исследованию протонно - ядерной компоненты космических лучей (КЛ) в эксперименте АТИК-2. Хотя тема является не новой, повышение точности последних экспериментов привело к обнаружению особенностей в спектрах различных компонент КЛ, таких как более жесткие, чем спектры протонов спектры ядер, уплощение спектров КЛ при энергиях выше 100 ГэВ на нуклон и др. Эти особенности могут оказаться важными для понимания происхождения галактических КЛ, а также использованы для проверки различных моделей ускорения и распространения КЛ в Галактике.

Диссертация начинается с подробного обзора экспериментальных данных, полученных до эксперимента АТИК. Противоречивость данных и ограниченность области энергий наблюдаемых КЛ сделали исследование протонно-ядерной компоненты КЛ, выполненное по ходу баллонных экспериментов АТИК, актуальным.

Далее описываются научное оборудование и методика обработки данных. Подробно рассматривается круг вопросов, связанных с измерением заряда первичных частиц с использованием кремниевой матрицы, с определением энерговыделения в калориметре и температурным дрейфом чувствительности калориметра. Спектры протонов и гелия на входе в прибор определяются из решения обратной задачи восстановления спектра энергии частиц по спектру энерговыделений в калориметре. Для данной некорректной задачи используется тихоновский метод регуляризации матрицы отклика прибора. Данный метод применим благодаря большой статистике и хорошо отслеживает особенности спектра. Для более тяжелых ядер используется менее чувствительный к особенностям спектра метод дифференциальных сдвигов по энергии.

Оставшаяся часть работы посвящена изложению и обсуждению полученных результатов.

Наиболее важные результаты диссертации - подтверждение различия наклонов спектров протонов и ядер, а так же уположение спектров КЛ при больших энергиях. Хотя предыдущие эксперименты также указывали на эти явления, результаты АТИК подтвердили это с лучшей точностью и в широком диапазоне энергий.

В диссертации справедливо отмечается, что эти результаты невозможно объяснить в рамках простейших моделей происхождения КЛ, в которых источники производят одинаковые по жесткости спектры протонов и ядер. В качестве возможного объяснения используется 3-х компонентная модель источников КЛ Зацепина-Сокольской. По моему мнению, эти особенности спектров можно объяснить и в современных моделях ускорения КЛ в остатках сверхновых, так как более жесткий спектр КЛ при высоких энергиях естественным образом получается благодаря модификации ударных волн давлением ускоренных частиц КЛ, а более жесткие спектры ядер – ускорением ядер обратными ударными волнами в остатках сверхновых.

Другие интересные новые результаты – обнаруженный рост отношения первичных легких ядер и вторичных тяжелых ядер к ядрам железа при больших энергиях. Для объяснения этого эффекта в работе рассматривается модель распространения КЛ в Галактике с

источниками КЛ, расположенными в так называемых супер-пузырях с маленьким коэффициентом диффузии. Автор работы справедливо отмечает, что данная модель не может рассматриваться как окончательная, так как в ней не удастся воспроизвести отношения легких вторичных и первичных ядер (например В/С). Возможно, что эти новые результаты отражают какие-то особенности ускорения и распространения ядер железа КЛ.

В качестве замечания я отметил бы не точное утверждение о том, что ускорение КЛ ударными волнами было открыто Беллом в 1978 г. (стр. 23). На самом деле это было сделано Крымским годом раньше в 1977 г., а позже независимо Беллом.

Диссертация написана кратко и ясно, использованные подходы и методы изложены подробно и являются хорошо обоснованными. Замечаний к оформлению работы нет.

Диссертационная работа А.Д.Панова выполнена на высоком научном уровне, содержит несколько новых интересных результатов, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор А.Д.Панов заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

20.05.2014

/ Зиракашвили В.Н./

Доктор физико-математических наук,
Зав.Лабораторией Астрофизических Исследований ИЗМИРАН

