

М.К.Бабаев, А.С.Байгубеков, Ю.А.Еременко, Т.Х.Садыков

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛИДИРУЮЩИХ НЕЙТРАЛЬНЫХ ПИОНОВ ИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ АДРОНОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ.

Физико-Технический Институт Министерство Науки-Академия Наук Республики
Казахстан

На комплексных установках, включающих в себя ионизационные калориметры площадью 9 и 44 метра квадратных (Адрон-44), рентгенэмульсионные камеры аналогичной площади и мишени из плотного вещества, проводились систематические исследование взаимодействия адронов космических лучей в области энергий порядка 10^{13} [1].

Ионизационный калориметр дает информацию о полной энергии частицы, вызвавшей взаимодействие, о доле энергии, переданной в мягкую компоненту в первом акте, о конфигурации электронно-ядерной лавины, о величине воздушного сопровождения основной лавины. Взаимно-поперечное расположение соседних рядов ионизационных камер позволяет восстановить пространственную картину изучаемого события.

Рентгенэмульсионная камера, включающая наряду со свинцовыми поглотителями слои рентгеновской пленки и ядерной эмульсии регистрирует электронно-фотонные каскады, созданные гамма-квантами высокой энергии от распада нейтральных пионов, рожденных во взаимодействии. Энергетический порог регистрации гамма-квантов составляет $E_{пор.} > 1,5$ ТэВ в рентгеновской пленке и $E_{пор.} > 0,5$ ТэВ в ядерной эмульсии. Рентгенэмульсионная камера предоставляет информацию об энергии гамма-квантов (π^0 -мезонов), углах их вылета, координатах, множественности и т.д.

Таким образом, вышеупомянутые установки позволяли проводить изучение лидирующих

нейтральных пионов, генерированных во взаимодействиях адронов космических лучей с атомными ядрами определенного вещества мишени.

В серии исследований взаимодействий с углеродом зарегистрировано 1157 событий при $E_0 > 3$ ТэВ.

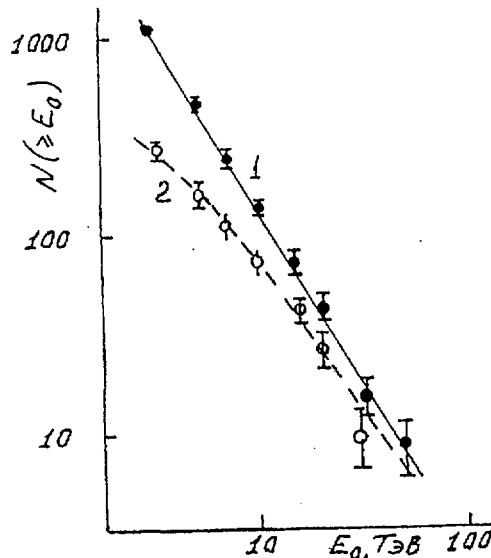


Рис.1. Интегральный энергетический спектр: 1-все взаимодействия; 2-взаимодействия с $N_\gamma \geq 1$.

На рис.1 представлен интегральный энергетический спектр для всех зарегистрированных взаимодействий (показатель энергетического спектра $\gamma = -1,78 \pm 0,07$) и отдельно спектр для части взаимодействий, в которых образовался хотя бы один надпороговый гамма-квант.

Наглядно видно, что по мере увеличения первичной энергии спектры сближаются, во все большей доле взаимодействий начинают рождаться надпороговые нейтральные пионы. Если при $E = 3$ ТэВ эта доля составляет

23%, то при $E = 50$ ТэВ она достигает 70%.

В таблице 1 представлена доля взаимодействий с лидирующими π^0 -мезонами, имеющими различные относительные энергии $U_{\pi^0} = E_{\pi^0}/E_0$ в зависимости от первичной энергии.

Таблица 1. Зависимость доли лидирующих нейтральных пионов от их энергии и от первичной энергии.

U_{π^0}	$E_0, \text{ТэВ}$				
	3-5	5-10	10-15	15-30	30-50
≥ 0.2	-	-	0.22 ± 0.04	0.20 ± 0.05	0.20 ± 0.06
≥ 0.3	-	0.13 ± 0.02	0.14 ± 0.03	0.09 ± 0.05	0.11 ± 0.07
≥ 0.4	-	0.11 ± 0.02	0.09 ± 0.03	0.10 ± 0.04	0.08 ± 0.06
≥ 0.5	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.02	0.06 ± 0.02	0.06 ± 0.03	*
≥ 0.6	0.04 ± 0.01	0.05 ± 0.02	0.04 ± 0.03	*	*
≥ 0.7	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.02	*	*

Примечание: " - " энергия первичной частицы недостаточна для наблюдения нейтрального пиона с данным значением U_{π^0} ; * - статистический материал недостаточен для надежного определения доли взаимодействий.

Как следует из рассмотрения представленных данных в исследуемом интервале энергии (3-50 ТэВ) доли взаимодействий с образованием лидирующих нейтральных пионов с различными U_{π^0} не меняются в пределах ошибок с ростом E_0 .

В работе Мурзина В.С. и др. [2] приведено сечение рождения нейтральных пионов с U_{π^0} при 40 ГэВ для π -р взаимодействий. Сечение равно 0.96 мбн, что соответствует 4,4% всех пионных взаимодействий. Если принять, что доля ионов в адронном потоке на высотах гор составляет 40%, что соответствует многим экспериментальным данным, то представленные здесь данные дают долю взаимодействий с образованием нейтральных пионов ($U_{\pi^0} > 0.7$) равную $(5.0 \pm 1.5)\%$.

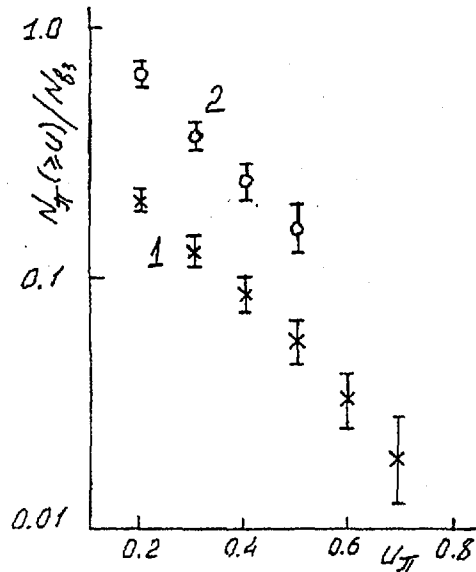


Рис.2. Спектры лидирующих π и π^0 мезонов: 1-настоящая работа $E=3-50$ ТэВ; 2- π -N-взаимодействия $E_0=50$ ГэВ [3].

В работе Третьяковой М.И. и др. [3] исследовались лидирующие нейтральные пионы из взаимодействий при $E=60$ ГэВ, причем выбирались взаимодействия с большой передачей энергии в нейтральную компоненту $K_{\pi^0} > 0.6$. Аналогичная выборка осуществлена по данным настоящей работы и сведена втаблице 2.

Таблица 2. Сравнение доли взаимодействий с образованием лидирующих нейтральных пионов при первичных энергиях (3-50)ТэВ и 60 ГэВ при одинаковой выборке $K_{\pi^0} > 0,6$.

U_{π^0}	Настоящий эксперимент	60 ГэВ /3/
≥ 0.3	0.60 ± 0.09	0.64 ± 0.20
≥ 0.5	0.34 ± 0.06	0.24 ± 0.10
≥ 0.3	0.12 ± 0.05	0.08 ± 0.06

На рис. 2 показан энергетический спектр лидирующих нейтральных пионов, полученный нами, здесь же приведен спектр лидирующих π -мезонов из π -N взаимодействий при 50 ГэВ.

Видно, что наклоны спектров пионов совпадают. Это свидетельствует, во-первых, о том, что лидирующие π и π^0 -мезоны образуются в сходных механизмах, во вторых, что процесс лидирования не

изменяется в широком интервале энергий от 50 ГэВ до 50 ТэВ.

Интересно отметить, что на рис. 2 совпадут не только наклоны спектров, но и численные значения долей взаимодействий с образованием лидирующих частиц, если положить, что пионы в потоке адронов на высоте гор составляют 40%.

Немаловажным является вопрос какими механизмами обусловлено появление лидирующих π^0 -мезонов вплоть до энергии 50 ТэВ. Как показано в работе Кучина И.А. [4], процесс дифракционной диссоциации налетающего пиона позволяет объяснить образование 4% лидирующих пионов с $U_{\pi^0} > 0.2$. Частица с большими U_{π^0} не объясняются вообще.

Повидимому, большую часть лидирующих нейтральных пионов (18% из 22 при $U_{\pi^0} > 0.2$) следует объяснять процессами перезарядки налетающего заряженного пиона в нейтральный.

Теоретическая оценка вероятности однократной перезарядки в рамках аддитивной модели кварков для взаимодействий π -мезонов с ядрами атомов углерода приведенная Шабельским Ю.М. [5] составляет -40%.

По данным настоящей работы можно оценить вероятность неупругой перезарядки задавая долю пионов в адронном потоке. При $(N_{\pi^0} / N_{\pi^+}) \sim 0.4$ $W(U \geq 0.2) = 0.45 \geq 0.10$.

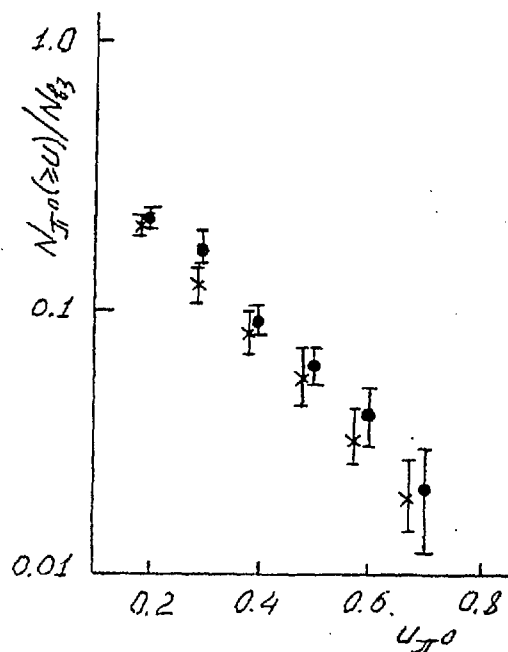


Рис.3. Интегральные энергетические спектры π^0 -мезонов: x - взаимодействия с углеродом, • - взаимодействия с железом.

При первичной энергии больше 10 ТэВ зарегистрировано 1057 взаимодействий с ядрами атомов железа. На рис. 3 приведен интегральный энергетический спектр лидирующих нейтральных пионов из взаимодействий с ядрами атомов железа. На рис. 3 приведен интегральный энергетический спектр лидирующих нейтральных пионов из взаимодействий с ядрами атомов железа, который сравнивается с аналогичным спектром из взаимодействий с ядрами углерода.

Заметно подобие обоих спектров. Величина U_0 , характеризующая наклон спектров соответственно равна 0.23 ± 0.03 для событий С-типа и 0.26 ± 0.06 для взаимодействий в железе.

Сопоставление характеристик взаимодействий космических адронов с ядрами атомов железа и углерода свидетельствует об отсутствии изменений по мере перехода от легких ядер к более тяжелым. Иными словами, лидирующие нейтральные пионы не "чувствуют" ядра при энергии 3-10 ТэВ и выше.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ю.А. Еременко. Изучение лидирующих нейтральных пионов. Алма-Ата, 1988, с. 207.
2. Л.А. Диденко и др. Я. Ф. 1979. Т. 29. Вып. 2. С.384.
3. М.И. Адамович и др. Тр. ФИАН СССР. 1979. Т. 108. С. 65.
4. С.Н. Колточник и др. Препринт ИФВЭ. Алма-Ата. 1977. С.18.
5. Yu.M. Shabelski. Preprint LNPY-610, Leningrad. 1980, P. 26.