

АДРОННАЯ КОМПОНЕНТА КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ
НА УРОВНЕ ГОР

К. В. Чердынцева, С. И. Никольский,

В. Г. Денисова

УДК 539.171.017

Приводятся данные, полученные в эмульсионно-рентгеновской камере на уровне гор (700 г/см^2). Анализируются каскады, вызванные в камере адронами высоких энергий. Их спектр аппроксимируется степенным законом $s \chi = 2,0 \pm 0,2$. Определяются значения: показателя степени углового распределения адронов $n = 7 \pm 1$, пробега их взаимодействия $\lambda = (210 \pm 38) \text{ г/см}^2$, коэффициента неупругости $K_{\chi} = 0,21$.

На Тянь-Шаньской станции ФИАН (700 г/см^2) экспонировалась эмульсионно-рентгеновская камера с полной толщиной поглотителя 25 см. Регистрировались электронно-фотонные каскады, вызванные в глубине камеры адронами высоких энергий при их взаимодействии с ядрами свинцового поглотителя.

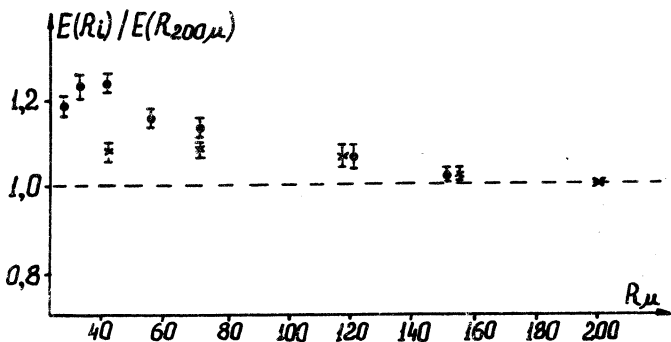
Камера содержала II рядов рентгеновских пленок, переслоенных листами свинца толщиной 2 см. Время экспозиции камеры составило 355 дней, площадь, занятая пленкой - $2,8 \text{ м}^2$.

Были выделены 272 каскада, которые можно было объяснить взаимодействием адронов в веществе камеры. Для того чтобы исключить вклад электронно-фотонной компоненты, отбирались лишь те каскады, которые начались на глубине ≥ 4 каскадных единиц. (Первый ряд пленки помещался на глубине 6,3 см свинца.). Используемая методика позволяет определять зенитный угол падения частицы на установку с точностью $\sim 3^\circ$, а также измерять энергию, переданную при ядерном акте в η -мезоны, и глубину зарождения каскадного ливня.

Угловые распределения адронов можно представить в виде: $N(\theta) \sim \cos^n \theta$, где $n = 7 \pm 1$, что согласуется с данными об угло-

вом распределении электронно-фотонной компоненты на этих же высотах /1/.

Определение энергии каскадов проводилось методом фотометрирования пятен потемнения, вызванных частицами в рентгеновской пленке /2,3/. Считалось, что при фотометрировании диафрагмами

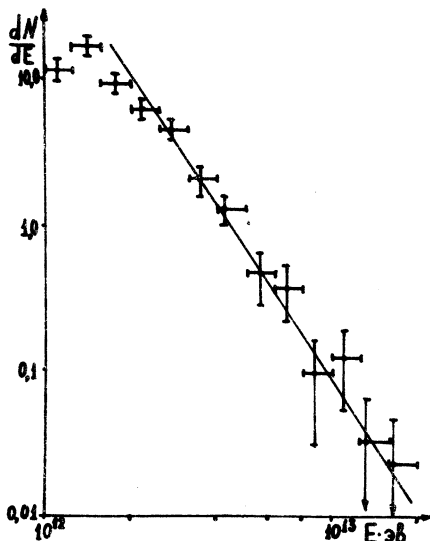


Р и с. 1. Сравнение энергий электронно-фотонных каскадов разных происхождений, полученных при фотометрировании пятен почернений набором диафрагм. ϕ - каскады, образованные μ -мезонами /3/, κ - каскады, вызванные адронами

больших радиусов ($\geq 120\mu$) различия в форме пространственного распределения каскадов, вызванных адронами, и каскадов, образованных энергичными γ -квантами, скажутся незначительно /4/. К такому же заключению можно прийти, сравнивая между собой энергии каскадов, определенных при фотометрировании диафрагмами различных радиусов. На рис. 1 приведено отношение энергий, полученных при фотометрировании каскадов, вызванных μ -мезонами /3/ и адронами. Из рисунка видно, что при фотометрировании адронных каскадов различными диафрагмами больших радиусов энергии отличаются менее чем на 8%. Кроме того, рассматривалось и сравнивалось с электронно-фотонными каскадными кривыми продольное развитие каскадов. Только в 13% случаев наблюдалось отличие в форме адронных каскадов, которое можно объяснить последующим взаимодействием ведущего адрона либо одного из выделенных по энергии мезонов, образовавшихся в первом взаимодействии. Лавин с аномальным раз-

вигнем мало, и они не могут существенно исказить выводы об энергетических спектрах адронов.

По глубине зарождения ливней в толщине свинцового поглотителя можно оценить пробег взаимодействия ядерно-активных частиц.



Р и с.2. Дифференциальный энергетический спектр каскадов, вызванных адронами

Для определения этой величины использовалась формула, применяемая при анализе данных ионизационного калориметра /5/

$$\lambda \left\{ 1 - X/\lambda \left[\exp(X/\lambda) - 1 \right] \right\} = \sum_{i=1}^N x_i / N, \quad (I)$$

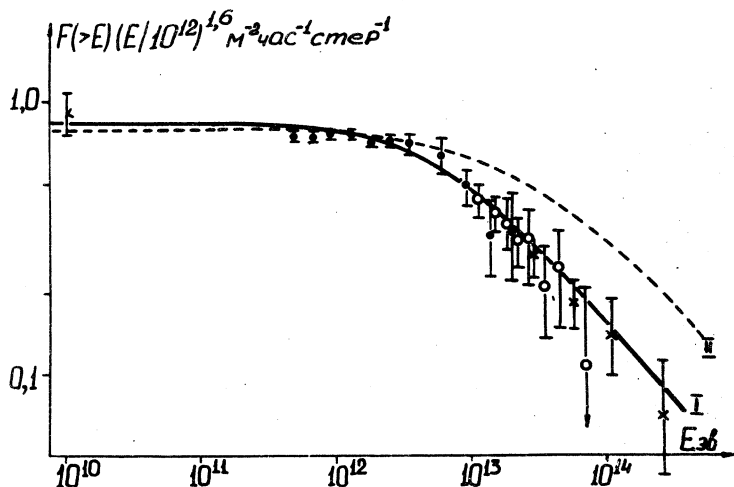
где $\sum_{i=1}^N x_i$ - сумма глубин зарождения всех каскадов, выраженная в г/см², X - полная глубина поглотителя, а N - число событий. Полученное значение пробега взаимодействия $\lambda = (240 \pm 38)$ г/см², что согласуется с данными работы /6/. В оценку этой величины не входит возможная ошибка в определении глубины начала каскада (x_1), но, как показал специальный анализ, эта величина измеряется с точностью $\sim 3,0$ г/см².

После определения энергии 272 каскадов был построен их дифференциальный энергетический спектр (рис. 2), который можно ап-

проксимировать в интервале энергий от 2 Тэв до 20 Тэв следующей формулой:

$$N(E)dE = E^{-(\chi+1)}dE, \quad (2)$$

где показатель $\chi = 2,0 \pm 0,2$. Прямая проведена методом наимень-



Р и с. 3. Интегральный энергетический спектр адронов. \square - результат измерения на магнитном спектрометре /8/, \bullet - данные работы /7/, \circ - данные авторов, \boxplus - данные по эмульсионным камерам из работы /9/. Аппроксимационная кривая I проведена согласно формуле (3), кривая II - ожидаемый спектр адронов при спектре первичных нуклонов, взятом из работы /10/

ших квадратов. Полученный спектр не тождествен спектру ядерно-активных частиц по интенсивности, так как адрон при взаимодействии отдает лишь долю своей энергии в нейтральную компоненту.

Чтобы определить коэффициент неупругости такого акта, спектр каскадов, поправленный на эффективность установки, был сравнен со спектром ядерных частиц, полученным по данным работы /7/ на той же высоте. Наилучшее согласие достигается при сдвиге спектра каскадов на величину, соответствующую некому эффективному коэффициенту неупругости $K_{\gamma} = 0,21$. Из рис. 3 видно, что при этом данные о спектре адронных каскадов, полученные по рентге-

новским пленкам, находятся в хорошем согласии с данными других авторов, аппроксимированных следующим образом /7/:

$$F(>E) = 0,85(E/10^{12})^{-1,6}(1 + E/6 \cdot 10^{12})^{-0,6} \text{ част./м}^2\text{час.стер.} \quad (3)$$

Из проделанного рассмотрения видно, что метод рентгеновских камер дает хорошее количественное согласие с данными других методик по целому ряду величин: по показателю углового распределения n , коэффициенту неупругости K_y , пробегу взаимодействия λ . Кроме того, положение экспериментальных точек на энергетическом спектре свидетельствует о правильности выбора аппроксимации (3), а следовательно, косвенно подтверждает вывод об изменении с ростом энергии показателя энергетического спектра адронов.

Поступила в редакцию
12 ноября 1973 г.

Л и т е р а т у р а

1. Л. Т. Барадзей, Е. А. Каневская, Ю. А. Смородин, М. В. Соловьев. Материалы конференции по космическим лучам, Ташкент, Препринт ФИАН часть I, вып. I, стр. 56, 1969 г.
2. Л. Т. Барадзей, Е. А. Каневская, Ю. А. Смородин, М. В. Соловьев. Препринт ФИАН № 65, 1971 г.
3. Т. П. Аминова, А. Я. Варковицкая, С. А. Дубровина, Г. Т. Зацепин и др. Препринт ФИАН (в печати).
4. I. Ohta. *Prog. Theor. Phys. Suppl.*, 47, 271 (1971).
5. Е. А. Денисов, В. Г. Денисова, В. М. Ким, А. Е. Морозов, С. А. Славатинский. *Изв. АН СССР сер. физическая* 31, 1466 (1967).
6. А. Р. Chubenko, Т. А. Ershova, R. A. Nam, S. I. Nicolsky, V. P. Pavljutchenko, Y. N. Stamenov, V. T. Yakovlev. *Proc. Int. Conf. on Cosmic Rays, Denver*, 3, 2191 (1973).
7. А. Д. Ерлыкин, С. И. Никольский, В. П. Павлученко, В. И. Соколовский, В. И. Яковлев. Препринт ФИАН № 33, 1971 г.
8. Н. М. Кочарян, Г. С. Саакян, З. А. Киракосян. *ЖЭТФ*, 35, 1338 (1958).
9. S. Hayakawa, J. Nishimura, Y. Yamamoto. *Prog. Theor. Phys. Suppl.* 32, 104 (1964).
10. С. И. Никольский. Препринт ФИАН № 35, 1970 г.