

В. П. ЗАХАРОВА и Л. Х. ЭЙДУС

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА ПЛОТНОСТЕЙ ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ БОЛЬШОЙ ПЛОТНОСТИ

(Представлено академиком Д. В. Скобелецким 31 I 1949)

Спектр плотностей потоков частиц в широких атмосферных ливнях космических лучей исследовался многими авторами с помощью различной методики и на разных высотах (¹⁻⁸). Все измерения приводили к степенному виду закона распределения ливней по плотностям ρ , $N(>\rho) = A/\rho^\kappa$, различаясь лишь значениями A и κ в зависимости от высоты над уровнем моря и используемой методики.

Наиболее полные данные получены с помощью методики, использующей кратные совпадения разрядов в гейгеровских счетчиках различной площади. Как известно, при этом значение κ можно получить как по величине отношения чисел совпадений различной кратности, так и с помощью вариации площади счетчиков в совпадениях заданной кратности.

На рис. 1 приводится зависимость отношения C_3/C_6 от величины κ для счетчиков одинаковой площади. Измеренный ранее (¹) на высоте 3860 м над уровнем моря в широком диапазоне плотностей (от 3 до 300 частиц на 1 м²) интегральный спектр хорошо выражался степенным законом с $\kappa = 1,42$ (рис. 2, 1, точки помечены крестиками). Более внимательный анализ данных этих измерений указывает, однако, на некоторое изменение κ при увеличении плотности регистрируемых ливней. В частности, значение κ , полученное по кривой $C_3(\sigma)$ (σ — площадь счетчиков), $\kappa = 1,42$, увеличивалось до 1,47 при вычислении по $C_6(\sigma)$. В то же время уменьшению площади регистрирующих счетчиков соответствовало увеличение отношения C_3/C_6 , а следовательно, и величины κ (рис. 1). Так, $\sigma = 60$ см² соответствует $\kappa = 1,5$, $\sigma = 480$ см² соответствует $\kappa = 1,41$.

В настоящей работе приводятся результаты дальнейших измерений спектра плотностей широких атмосферных ливней в области весьма больших плотностей (до 5000 частиц на 1 м²). Установка регистрировала трех- и шестикратные совпадения разрядов в самогасящих счетчиках, расположенных в горизонтальной плоскости по окружности диаметром в 1,6 м на расстоянии 0,5 м от легкой крыши фанерного домика ($\sim 0,5$ г/см²).

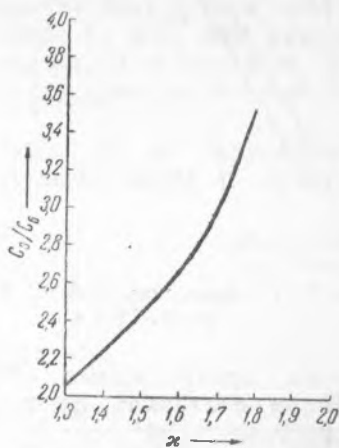


Рис. 1

Таблица 1

	σ в см ²		
	24	7	1,7
C_3 (совп. в 1 час)	$1,13 \pm 0,04$	$0,133 \pm 0,015$	$0,011 \pm 0,003$
C_6 (совп. в 1 час)	$0,37 \pm 0,02$	$0,040 \pm 0,007$	$0,005 \pm 0,002$
C_3/C_6	$3,04 \pm 0,17$	$3,3 \pm 0,6$	$2,3 \pm 0,7$

Соответствующие результаты измерений приведены в табл. 1 и на рис. 2. Заштрихованный участок соответствует возможным значениям эффективной площади счетчиков наименьшей площади. В качестве таковых применялись стеклянные цилиндрические счетчики, диаметром 7 мм и номинальной длиной рабочей части 25 мм. За счет возможного ослабления эффективности счетчиков около концов эффективная площадь могла уменьшиться не более как до 1,5 см². Внутренняя поверхность цилиндров покрывалась аквадагом. Счетчики наполнялись смесью, состоящей из 80% аргона и 20% этилена, при суммарном давлении в 120 мм рт. ст.

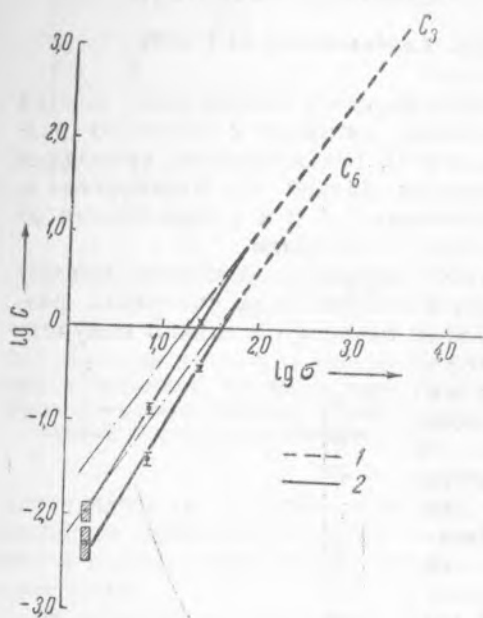


Рис. 2. 1 — измерения 1946 г., 2 — измерения 1948 г.

Как видно из рис. 2, крутизна спектра в области весьма больших плотностей значительно больше, чем в прилегающей области. Значение κ , полученное по отношению C_3/C_6 , не отличается от значения $\kappa (1,76 \pm 0,12)$, соответствующего наклону кривых на рис. 2. Это же относится и к области меньших плотностей (1). Наблюденное Доденом и Ловердо (9) существенное различие в значениях κ , вычисленных по результатам измерений Коккони на уровне моря этими двумя способами, объясняется, ве-

роятно, приводящими обстоятельствами. В частности, при расположении счетчиков на плотном материале эффективная площадь увеличивается за счет обратного потока рассеянных в материале пола частиц ливней (10). Относительное увеличение эффективной площади больше для малых счетчиков. Это обстоятельство, равно как и возможное влияние плотного перекрытия над установкой, должно привести к уменьшению измеренного значения κ по сравнению с истинным.

К тому же приводит учет уменьшения эффективной площади счетчиков при регистрации наклонных ливней установкой, состоящей из групп параллельно соединенных счетчиков, расположенных вплотную друг к другу. Так например, для ливней, идущих под углом θ к вертикали в плоскости, перпендикулярной оси счетчиков, эффективная площадь уменьшится в $\cos \theta$ раз. Падение эффективности установок при переходе к большим площадям также отражается на результатах измерений значения κ в работах различных иностранных авторов (11), что отмечается ими самими.

В связи с этим представляются более достоверными и сравнимыми с теоретическими значения κ , полученные ранее различными авторами из сравнения совпадений различных кратностей между собой.

Описываемые в настоящей работе измерения свободны от указанных погрешностей и могут быть скорректированы лишь в отношении соответствия геометрических размеров счетчиков их истинной эффективной площади. При этом введение вышеуказанных поправок во всех областях спектра плотностей, полученного на этой высоте, не устраняет факта существенного увеличения крутизны спектра в области ливней высоких плотностей. Имевшееся ранее в литературе указание ⁽⁵⁾ об уменьшении крутизны спектра в области высоких плотностей не подтверждается.

Принимая постоянство по всему спектру показателя степени γ энергетического спектра первичных частиц, следует ожидать изменения κ по спектру плотностей широких ливней, ибо большим плотностям соответствует меньшее значение эффективного параметра S в выражении, полученном Мигдалом ⁽¹²⁾, $\kappa = \gamma / S$. Полученное экспериментальное изменение крутизны спектра плотностей довольно хорошо согласуется с предположением о степенном виде первичного энергетического спектра с $\gamma = 1,7 \div 1,8$ вплоть до энергий $10^{16} - 10^{17}$ eV.

Вряд ли возможно ожидать точного согласия теории с экспериментом, принимая во внимание условность кладущегося в основу такого сравнения предположения об электронном характере первичного космического излучения, рождающего на границе атмосферы каскадные электронно-фотонные ливни.

Настоящее исследование было произведено летом 1948 г. на Памире на высоте 3860 м.

Исследование спектра, проведенное на меньшей высоте (2200) ⁽²⁾, согласуется с результатом данной работы. В частности, находит свое объяснение некоторое увеличение отношения C_3/C_4 при больших плотностях, а также меньшая величина чисел C_3 и C_4 для минимальной площади счетчиков (11 см²) по сравнению со значениями, соответствующими степенным функциям, характеризующим ливни меньшей плотности.

Авторы выражают благодарность акад. Д. В. Скобельцыну, Н. А. Добротину и Г. Т. Зацепину за ценные советы и дискуссию полученных результатов.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР

Поступило
25 I 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. Т. Зацепин, В. Миллер, И. Л. Розенталь и Л. Х. Эйдуc, ЖЭТФ, 17, 1125 (1947). ² G. Cocconi, A. Loverdo and V. Tongiorgi, Phys. Rev., 70, 841 (1946). ³ G. Cocconi, A. Loverdo and V. Tongiorgi, ibid., 70, 846 (1946). ⁴ P. Auger et J. Daudin, J. phys. rad., 6, 233 (1945). ⁵ А. Алиханян и Т. Асатиани, ЖЭТФ, 15, 255 (1945). ⁶ R. Maze, A. Freon and P. Auger, Phys. Rev., 73, 418 (1948). ⁷ Л. Лазарева, ibid., 70, 439 (1946). ⁸ K. E. Larr, ibid., 64, 129 (1943). ⁹ J. Daudin et A. Loverdo, J. phys. rad., 8, 233 (1947). ¹⁰ Г. Т. Зацепин и Л. Х. Эйдуc, ЖЭТФ, 18, 259 (1947). ¹¹ A. Loverdo et G. Daudin, J. phys. rad., 9, 134 (1948). ¹² А. Мигдал, ЖЭТФ, 15, 313 (1945).