

Д. М. АЛЕКСЕЕВ, Г. Т. ЗАЦЕПИН и И. Г. МОРОЗОВ

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПРОНИКАЮЩИХ ЧАСТИЦ И ЭЛЕКТРОНОВ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ В ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЯХ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 30 IX 1948)

Экспериментальные данные о широких атмосферных ливнях, полученные за последние годы, дают основания считать, что заключение об их тождественности с электронно-фотонными ливнями, описываемыми каскадной теорией, неверно. Основными аномалиями, свидетельствующими о значительной роли некаскадных процессов, являются присутствие большого числа проникающих частиц и большая ширина ливня. Более детальное выяснение структуры ливня, а

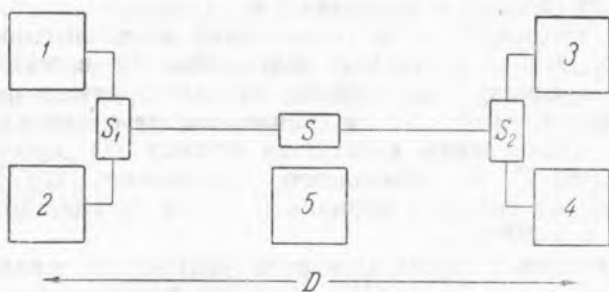


Рис. 1

именно, изучение пространственного распределения электронно-фотонной компоненты высокой энергии и проникающих частиц, позволяет ближе подойти к выяснению характера этих аномалий.

Схема установки, применявшейся нами, дана на рис. 1, где 1, 2, 3, 4 — четыре группы счетчиков по 1750 см^2 каждая. Усилители S_1 и S_2 отбирали двойные совпадения (1—2) и (3—4). Разрешающая способность их соответствовала $\tau = 3 \cdot 10^{-6}$ сек. S — усилитель, регистрировавший совпадения (C_4) импульсов ($\tau = 4 \cdot 10^{-6}$ сек.), приходивших от S_1 и S_2 по высокочастотному кабелю. Кроме того, усилитель S отдельно регистрировал такие совпадения от 1, 2, 3, 4, которые сопровождалось импульсом от пятой группы счетчиков, помещавшейся в центре установки. Система располагалась в трех легких фанерных домиках с толщиной крыши $\sim 1 \text{ г/см}^2$.

Согласно работам (¹, ²), на высоте 3860 м при экранировании счетчиков свинцом толщиной в 12—16 см большая часть совпадений, вызываемая широкими атмосферными ливнями, обусловлена электро-

нами и фотонами высокой энергии, в то время как под 24 см ⁽²⁾ свинца регистрируются практически лишь проникающие частицы.

Нами было проведено две серии наблюдений, в одной из которых счетчики экранировались свинцом толщиной в 12 см, а в другой — 24 см. Свинцом окружалось по одной группе счетчиков в каждой паре (1, 2) и (3, 4), причем толщина его составляла снизу 8 см, а с боков 14 см.

Данные были получены при расстоянии D между парами счетчиков в 2, 30 и 60 м и приведены в табл. 1. Кроме того, в табл. 1 приведены данные работы ⁽³⁾ для расстояния $D = 12$ м, с учетом необходимой малой поправки на различие в геометрии экранировки и площади счетчиков.

Таблица 1

Число совпадений C_4 в час

Толщина свинца d в см	Расстояние D в м			
	2	12	30	60
0	427 ± 10	330 ± 10	245 ± 10	129 ± 4
12	$21,8 \pm 1,0$	$15,0 \pm 1,0$	$4,8 \pm 0,4$	$2,6 \pm 0,3$
24	$4,9 \pm 0,4$	—	$1,7 \pm 0,2$	$1,18 \pm 0,16$

Данные, полученные при толщине свинца в 12 см, показывают, что число совпадений, вызываемое электронами и фотонами большой энергии, быстро падает с расстоянием.

Вследствие того, что число совпадений незначительно меняется при изменении D от 2 до 12 м и резко убывает в интервале от 12 до 30 м, можно сделать заключение, что электроны и фотоны, способные проникнуть слой в 12 см свинца, имеют среднее расхождение порядка 20 м. Вычисления каскадных кривых ⁽⁴⁾, проведенные на основании работы С. З. Беленького, показывают, что электроны и фотоны, лавины от которых проникают 12 см свинца, должны обладать энергией в $4 \cdot 10^9$ eV.

Согласно каскадной теории электронно-фотонного ливня, для частиц такой энергии среднеквадратичный радиус $\sqrt{R_0^2} = 2,4$ м.

Таким образом, экспериментальная ширина „ствола“ атмосферных ливней значительно превышает величину, даваемую теорией для электронно-фотонного ливня. Данный вывод хорошо подтверждается расчетами Л. Н. Белла, проведенными для аналогичного случая ⁽⁵⁾.

Сведения о пространственном распределении проникающих частиц в ливне можно получить из сравнения зависимости от расстояния числа ливней, регистрируемых установкой с открытыми и экранированными счетчиками.

Согласно результатам ряда авторов, плотность проникающих частиц в ливне составляет 2—3% от полной плотности заряженных частиц, что также согласуется со значениями C_5/C_4 , полученными в этой работе. Если предположить, что проникающие частицы имеют такое же пространственное распределение, как и электроны, то экранировка счетчиков свинцом эквивалентна уменьшению их эффективной площади в 50—30 раз. В таком случае кривая $C_4(D)$, полученная с уменьшенными (но открытыми) соответственными счетчиками, должна совпасть с кривой, полученной с экранированными большими счетчиками.

Хотя, к сожалению, таких измерений нами произведено не было, но качественно можно предсказать результат такого сравнения, используя дополнительные данные. Согласно неопубликованным результатам работы Г. Т. Зацепина и В. В. Миллера 1946 г., выполненной на аналогичной экспериментальной установке, число совпадений спадает с расстоянием более резко при уменьшении площади счетчиков и при увеличении кратности совпадений.

По данным Ожэ с сотрудниками (7), на высоте 3430 м при площади счетчиков в 200 см^2 число двойных совпадений C_2 при изменении D от 2 до 60 м убывает в 6,5 раза. При уменьшении же площади двух счетчиков в нашей установке в 50—30 раз следует ожидать, что $\frac{C_4(D=2 \text{ м})}{C_4(D=60 \text{ м})} \cong 12$. Наблюдаемое же отношение при больших экранированных счетчиках равно 4,1.

Это свидетельствует о том, что проникающие частицы в ливне имеют пространственное распределение более широкое, чем электроны, что согласуется с элементарными теоретическими рассуждениями в предположении, что они рождаются в воздухе.

Эти результаты не согласуются с гипотезой, выдвигаемой рядом зарубежных авторов (8, 9), что проникающие частицы в основном рождаются электронами и фотонами высокой энергии в свинце, экранирующем счетчики ($\sim Z^2$), а не входят в состав ливня в воздухе.

Таким образом, полученные результаты одновременно доказывают существование проникающих частиц в составе атмосферного ливня. Кроме того, эти данные позволяют сделать вывод, что доля проникающих частиц в общем числе частиц превышает ту оценку, которая обычно делается, исходя из измерения их плотности, в предположении одинакового пространственного распределения. Работа была выполнена осенью 1947 г. на высоте 3860 м на Памире.

В заключение авторы выражают благодарность Н. А. Добротину за оказанное внимание и помощь при проведении работы и Г. Н. Флерову за ценные критические замечания.

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

Поступило
24 IX 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. Т. Зацепин и Л. Х. Эйдуз, ЖЭТФ, 18, 259 (1948). ² Г. Т. Зацепин, С. А. Кучай и И. Л. Розенталь, ДАН, 61, № 1 (1948). ³ Г. Т. Зацепин и В. В. Миллер, ЖЭТФ, 17, 939 (1947). ⁴ Г. Т. Зацепин, ДАН, 63, № 3 (1948). ⁵ С. З. Беленький, ЖЭТФ, 14, 384 (1944). ⁶ Л. Н. Белл, ЖЭТФ, 18, № 3 (1948). ⁷ P. Auger, R. Maze et Robley, C. R., 208, 1641 (1939). ⁸ G. Salvini and G. Tagliaferry, Phys. Rev., 73, 261 (1938). ⁹ D. Broatbent and L. Janosky, Proc. Roy. Soc. 192, 368 (1948).