

Г. Т. ЗАЦЕПИН, И. Л. РОЗЕНТАЛЬ и С. А. СЛАВАТИНСКИЙ

**ВЫСОТНЫЙ ХОД ПРОНИКАЮЩЕЙ КОМПОНЕНТЫ ШИРОКИХ
АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ**

(Представлено академиком Д. В. Скобелцыным 22 VII 1949)

Существование проникающей компоненты в широких атмосферных ливнях не может быть объяснено каскадной теорией электронно-фотонных ливней, в связи с чем изучение этой компоненты представляет особый интерес. Летом 1948 г. на Памире на двух высотах (3860 и 4700 м над уровнем моря, соответственно 480 и 430 мм рт. ст.) были получены кривые поглощения в свинце частиц широких ливней и выявлен, таким образом, высотный ход проникающей компоненты широких ливней.

Регистрация ливней производилась с помощью установки, описанной в заметке (1), при эффективной площади каждой группы счетчиков, равной 1840 см². Разрешающая способность усилителя соответствовала $\tau = 3 \cdot 10^{-6}$ сек. Поэтому число случайных совпадений при малых толщинах свинца не играло никакой роли, а при больших составляло 10% от полного числа совпадений и учитывалось в виде поправки. Результаты представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

| Толщина свинца в см | Число совпадений в час на 3860 м | Число совпадений в час на 4700 м | Высотный ход |
|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|
| 0 | 706 ± 10 | 1112 ± 34 | 1,57 ± 0,05 |
| 12 | 10,9 ± 0,8 | 21,7 ± 2,7 | 2,0 ± 0,3 |
| 20 | 2,05 ± 0,22 | 3,9 ± 0,4 | 1,9 ± 0,3 |
| 28 | 1,9 ± 0,21 | 3,5 ± 0,3 | 1,9 ± 0,3 |
| 36 | — | 3,2 ± 0,3 | — |

Как было выяснено ранее (1), кривые поглощения показывают, что наряду с „мягкой“ электронно-фотонной компонентой, поглощаемой практически полностью 20 см свинца (2), в ливнях имеется компонента, весьма слабо поглощаемая в свинце. В интервале толщин свинца от 20 до 36 см наблюдается уменьшение числа регистрируемых ливней в $(1,22 \pm 0,17)$ раз. Как было показано в предыдущей работе (3), интегральный вид спектра плотностей проникающих частиц, т. е. число ливней с плотностью потока проникающих частиц выше данной, имеет вид $N(>\rho) = C\rho^{-1,5}$.

Поэтому изменение числа регистрируемых ливней в k раз соответствует изменению плотности потока частиц в $k^{1/1,5}$ раз, т. е. экспериментальные результаты показывают, что дополнительные 16 см свинца

поглощают лишь $(14 \pm 11)\%$ проникающих частиц. Если считать эти частицы μ -мезонами, теряющими энергию в свинце лишь на ионизацию, то это соответствует энергетическому спектру, при котором $(14 \pm 11)\%$ мезонов имеет энергию примерно от $3 \cdot 10^8$ до $5 \cdot 10^8$ эв, а остальные обладают большей энергией.

Таким образом, спектр этих частиц в данной области энергий оказывается достаточно жестким, не менее жестким, чем спектр „одиночной“ жесткой компоненты, интенсивность которой в этом же интервале высот убывает лишь на 7% ⁽⁴⁾.

Изменение же числа ливней в интервале высот от 4700 до 3860 м (64 г/см^2) весьма велико (в $1,9 \pm 0,2$ раз). Предполагая, что пространственное распределение частиц ливня одинаково на обеих высотах, получаем, что это соответствует уменьшению числа частиц в ливне в $(1,9 \pm 0,2)^{1/1,5} = (1,54 \pm 0,10)$ раз. Таким образом, данные по исследованию поглощения проникающих частиц атмосферного ливня в свинце и высотный ход нельзя согласовать друг с другом, если учитывать лишь убывание числа частиц в ливне и предполагать, что проникающие частицы являются μ -мезонами.

Изменение числа частиц может быть обусловлено несколькими причинами: 1) потерями энергии на ионизацию; 2) распадом с образованием непроникающих частиц; 3) поглощением в ядерных столкновениях; 4) рождением новых частиц.

Первая из этих причин не может играть заметной роли (слабое поглощение в 180 г/см^2 свинца). Вторая может объяснить экспериментальный результат лишь в том случае, если сделать дополнительное предположение, что наблюдаемые проникающие частицы имеют время жизни много меньше, чем μ -мезон, причем при своем распаде не дают новых проникающих. В настоящее время для такого предположения нет экспериментальных оснований.

Согласно экспериментальным данным ⁽⁷⁾, в широких ливнях на высоте 3860 м значительная доля ($\sim 50\%$) частиц проникающего ливня не является μ -мезонами, а ядерно-активными частицами, взаимодействующими с ядрами атомов с сечением порядка геометрического сечения ядра. Поэтому они могут испытывать значительное поглощение. Однако малое изменение числа совпадений при экранировке дополнительными 180 г/см^2 свинца показывает, что если это поглощение происходит, то оно компенсируется в свинце образованием новых проникающих. Нет оснований предполагать, что этот процесс не происходит и в воздухе, однако в воздухе образующиеся частицы могут распадаться, благодаря чему ядерные столкновения в воздухе будут приводить к уменьшению числа частиц проникающего типа.

Вследствие того, что используемая нами установка отбирает ливни не по числу проникающих частиц в ливне, а по плотности потоков этих частиц, пространственное расхождение частиц также может являться причиной изменения числа регистрируемых ливней. Таким образом, анализ возможных причин резкого высотного хода проникающей части атмосферных ливней приводит к выводу, что существенными из них могут являться ядерные столкновения в сочетании с распадом вторичных частиц, а также пространственное расхождение.

Полученные нами данные о высотном ходе проникающей компоненты вполне согласуются с ядерно-каскадной схемой ⁽⁵⁾ развития атмосферных ливней. Согласно этой схеме, наличие части проникающего типа в ливне объясняется существованием процесса каскадного размножения ядерно-активных частиц высокой энергии на ядрах атомов. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что лавины частиц такого рода на высоте порядка 4—5 км над уровнем моря находятся далеко за максимумом. Столь большая величина высотного хода говорит о том, что ядерно-активные частицы играют большую

роль в полном числе частиц проникающего типа, что согласуется с результатами работы (7).

Согласно ядерно-каскадной картине, проникающие частицы в ливнях образуются в процессах взрывного типа („особые ливни“) при столкновении ядерно-активных частиц с ядрами атомов. Поэтому возможно ожидать больших углов расхождения образованных частиц, что влечет за собой пространственное расхождение, которое, как уже было отмечено, может являться причиной убывания числа регистрируемых ливней с глубиной в атмосфере.

Очевидно, что если число ядерно-активных частиц быстро убывает с глубиной, то с некоторой глубины в составе частиц проникающего типа начнут превалировать μ -мезоны достаточно большой энергии, которые слабо взаимодействуют с веществом и практически не распадаются. Поэтому на больших глубинах следует ожидать более медленного высотного хода.

В работе Кокони и др. (6) наблюдалось уменьшение доли проникающих частиц при увеличении высоты наблюдения от 260 до 3260 м; таким образом, высотный ход проникающей компоненты в этом интервале высот оказывается более медленным, чем для электронов. Этот результат не совпадает с результатами, полученными нами в интервале высот от 3860 до 4700 м. Такое различие может объясняться описанным выше изменением состава частиц проникающего типа, а также разницей в методике наблюдений.

В заключение авторы благодарят Д. В. Скобельцына и Н. А. Добротина за обсуждение результатов.

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

Поступило
19 VII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. Т. Зацепин и Л. Х. Эйдуc, ЖЭТФ, 18, 259 (1948). ² Г. Т. Зацепин, И. Л. Розенталь и С. А. Кучай, ДАН, 61, 47 (1948). ³ Г. Т. Зацепин, И. Л. Розенталь, С. А. Славатинский, Г. Б. Христиансен и Л. А. Шуваяев, ДАН, 69, № 3 (1949). ⁴ С. А. Азимов, В. И. Векслер, Г. Д. Жданов и А. Л. Любимов, ЖЭТФ, 17, 87 (1947). ⁵ Г. Т. Зацепин, ДАН, 67, № 6 (1949). ⁶ G. Cocconi, V. Cocconi-Tongiorgi and K. Greisen, Phys. Rev., 1063 (1949). ⁷ Н. Г. Биргер, В. И. Векслер, Н. А. Добротин, Г. Т. Зацепин, Л. В. Курносова, И. Л. Розенталь и Л. Х. Эйдуc, ЖЭТФ, 19, 826 (1949).