

Г. Я. АРТЮХОВ и Л. Х. ЭЙДУС

## К ИССЛЕДОВАНИЮ СТРУКТУРЫ ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

(Представлено академиком Д. В. Скобельцыным 15 II 1949)

Исследования последних лет все больше подтверждают существенную роль неэлектромагнитных процессов в генерации и прохождении через атмосферу широких ливней космических лучей. Ядерные процессы, приводящие к появлению в составе ливней, помимо каскадно размножающихся электронов и фотонов, также проникающих и сильно ионизирующих частиц, заметным образом изменяют структуру и свойства широких ливней (1, 2).

Ряд авторов (3-5) наблюдал эффекты, связанные с узкой структурой в широких атмосферных ливнях. В частности, в работе (5) при изучении в двух ионизационных камерах величины одновременных толчков, вызванных широкими ливнями, оказалось, что, как правило, толчки в обеих камерах имели различную величину, причем различие росло при увеличении расстояния между камерами. Неодинаковость толчков могла быть вызвана как присутствующими в ливнях тяжелыми сильно ионизирующими частицами, генерированными в атмосфере или в стенках камер, так и наличием узкой структуры воздушных ливней, т. е. узких плотных пучков релятивистских частиц на общем фоне ливня меньшей плотности. Такие образования наблюдались ранее с помощью управляемой камеры Вильсона (4).

Методика, применявшаяся авторами работы (5), не позволяла отдать предпочтение одной из этих причин и тем более оценить вклад узкой структуры в наблюдаемом эффекте. Для этой цели нами был использован метод многократных совпадений разрядов в счетчиках, позволяющий отделить ливни от одиночных сильно ионизирующих частиц.

6-кратное совпадение разрядов в быстродействующих счетчиках малой площади ( $\sigma = 24 \text{ см}^2$ ), расположенных в виде „звездочки“ (рис. 1), регистрировало прохождение через систему ливня большой плотности (свыше  $850 \text{ частиц/м}^2$ ). Установка состояла из двух „звездочек“  $a, a'$ , раздвинутых на 1,8 м друг от друга, и одного счетчика  $b$  площадью  $S = 330 \text{ см}^2$ , удаленного от обеих „звездочек“ на 3 м. Импульсы от счетчиков подавались на сетки радиоламп  $C$ , находившихся в непосредственной близости от счетчиков и выполнявших роль ламп Росси в схеме совпадений Джонсона без каскадов предварительного усиления. Вся установка размещалась в легком фанерном домике. Измерялось число срабатываний „звездочек“  $C_6$ , сопровождаемых разрядом в счетчике  $b$ , а также число одновременных срабатываний обеих „звездочек“  $C_{12}$ . Случаи срабатывания „звездочки“, не сопровождаемые разрядом в счетчике  $b$ , практически отсутствовали.

В случае степенного спектра плотностей ливней вида  $N(>\rho) = A/\rho^x$  ( $\rho$  — плотность потока частиц) и пуассоновского распределения траекторий частиц в ливнях отношение  $C_6/C_{12}$  может быть вычислено теоретически (6). При постоянстве  $x$  по всему спектру это отношение является функцией  $x$  и монотонно растет с увеличением крутизны спектра, не превышая значения 2 для  $x$ , лежащих в интервале от 1 до 2.

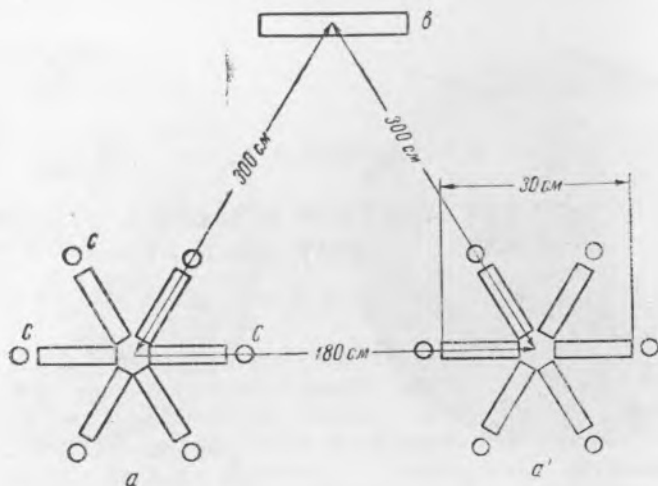


Рис. 1

До последнего времени на высотах, близких к 4000 м над уровнем моря, спектр плотностей в интересующей нас области ( $\rho > 850$  частиц/м<sup>2</sup>) измерен не был. Однако экстраполируя в эту область спектр, полученный для плотностей  $\rho \leq 300$  частиц/м<sup>2</sup> (7), можно было ожидать значения  $C_6/C_{12} = 1,6 \div 1,8$ . Экспериментальная же величина этого отношения, как видно из табл. 1 (нижняя строка), значительно больше.

Таблица 1

		Под латунными колпаками	Под латунными пластинами
$C_6$	$0,375 \pm 0,016$	$0,52 \pm 0,03$	$0,53 \pm 0,04$
$C_{12}$	$0,159 \pm 0,017$	$0,26 \pm 0,03$	$0,29 \pm 0,04$
$C_6/C_{12}$	$2,36 \pm 0,18$	$2,0 \pm 0,17$	$1,83 \pm 0,17$

Неодинаковость толчков в ионизационных камерах в работе (5) могла быть вызвана также плотными взрывными ливнями, генерированными в стенках ионизационных камер. Для учета влияния этого эффекта наш эксперимент был видоизменен. На каждую из „звездочек“ был поставлен латунный колпак, отстоящий от центра „звездочек“ на 30 см (рис. 2). Толщина стенок колпака 1,5 мм.

Оказалось, что в этом случае число совпадений значительно выросло (табл. 1, столбец 2). Однако это увеличение не могло быть объяснено влиянием взрывных ливней из колпака. Действительно, такой же эффект вызывала латунная пластинка той же толщины, положенная горизонтально непосредственно на счетчики. В этом случае частицы взрывных ливней не успели бы разойтись до встречи со стенками счетчиков и не могли вызвать срабатывания установки.

О том же свидетельствует большее относительное увеличение  $C_{12}$  в сравнении с  $C_6$ . Как показывают произведенные нами на основе

каскадной теории оценки, возможной причиной увеличения числа совпадений при постановке латунного колпака является конверсия в нем фотонов, идущих в составе воздушных ливней. Большая величина отношения  $C_6/C_{12}$ , как оказалось, также не доказывает еще существенного влияния узкой структуры на исследуемый эффект. Действительно, совпадения экспериментального значения отношения  $C_6/C_{12}$  с теоретическим (1,6—1,8) можно было ожидать в случае постоянства  $\chi$  во всей области спектра плотностей, регистрируемых данной системой. Увеличение крутизны спектра в области больших плотностей может также привести к увеличению отношения  $C_6/C_{12}$ , ибо 12-кратное совпадение выделяет в среднем ливни большей плотности, чем 6-кратное.

Произведенное в настоящее время исследование формы спектра в области очень больших плотностей<sup>(8)</sup> действительно установило увеличение  $\chi$  в этой области спектра. Однако решающим экспериментом, исключающим возможность объяснить неравенство большинства толчков в ионизационных камерах наличием лишь узкой структуры, явился эксперимент, в котором счетчики одной „звездочки“ были раздвинуты между собой на расстояние в 2 м (между крайними счетчиками). Оказалось, что число срабатываний „звездочки“ ( $C_6^{\text{широк}}$ ) при этом не изменилось ( $C_6^{\text{широк}} = 0,37 \pm 0,02$ ).

Таким образом, узкая плотная структура широких ливней могла привести лишь небольшой вклад, лежащий в пределах ошибок данных измерений. На основании опыта нельзя, правда, отрицать возможности существования весьма узких в сравнении с размерами установки пучков, за счет которых могла бы все-таки сработать камера, однако это мало правдоподобно.

Настоящая работа была сделана летом 1948 г. на Памире на высоте 3860 м над уровнем моря.

Авторы выражают благодарность академ. Д. В. Скобельцыну, С. Н. Вернову, Н. А. Добротину и Г. Т. Зацепину за внимание к работе и ценную дискуссию полученных результатов.

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

Поступило  
11 II 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Г. Т. Зацепин и В. В. Миллер, ЖЭТФ, 18, № 10, 939 (1947). <sup>2</sup> Г. Т. Зацепин, Д. М. Алексеев и И. Г. Морозов, ДАН, 61, 457 (1948). <sup>3</sup> J. Clay, Physica, 11, 311 (1945). <sup>4</sup> Н. Г. Биргер, ДАН, 61, 245 (1948). <sup>5</sup> Л. А. Разоренов и А. Князев, ДАН, 60, 1531 (1948). <sup>6</sup> А. Мигдал, J. of Physics, 9, № 3, 183 (1945). <sup>7</sup> Г. Т. Зацепин, В. В. Миллер, И. Л. Розенталь и Л. Х. Эйдуc, ЖЭТФ, 17, 1125 (1947) <sup>8</sup> В. П. Захарова и Л. Х. Эйдуc, ДАН, 65, № 4 (1949).

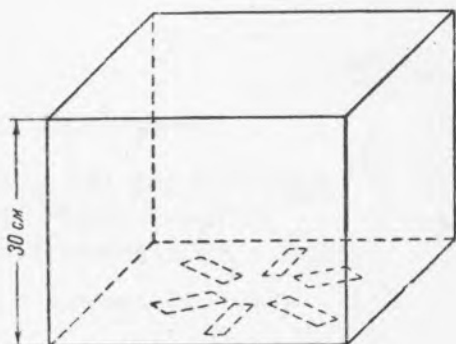


Рис. 2