

Л. Н. КОРАБЛЕВ, А. Л. ЛЮБИМОВ и А. В. МИЛЛЕР

## ЛИВНИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ, ОБРАЗУЕМЫЕ В ТОЛСТЫХ СЛОЯХ СВИНЦА

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 11 VI 1948)

Работами Памирских экспедиций Физического института АН СССР в 1945 и 1946 гг. было установлено существование под толстыми слоями свинца ливней особой природы, генерируемых проникающими частицами, число которых быстро растет с высотой места наблюдения. Эти ливни не могут вызываться электронно-фотонной компонентой и не могут образовываться мезонами путем обычных электромагнитных процессов (т. е. быть ионизационными или радиационными ливнями) (1,2). В Памирской экспедиции 1947 г. для дальнейшего изучения этих ливней, условно названных „особыми“, нами был осуществлен годоскоп на 66 ячеек \*.

В настоящей статье кратко изложены основные результаты работы. Более подробное изложение опытов будет нами опубликовано дополнительно.

Работа производилась на высоте 3860 м в легком фанерном доме.

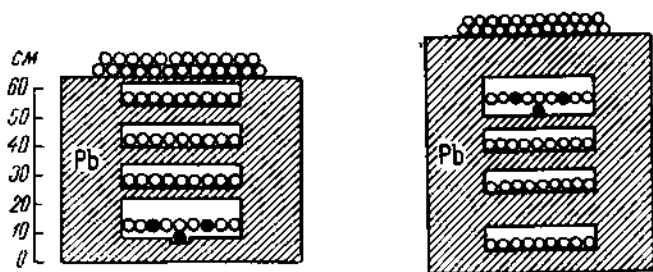


Рис. 1. Схема опытов по изучению образования и развития „особых“ ливней в свинце. Черными кружками обозначены счетчики, составляющие мастер-группу

Всего нами было получено около 20 000 снимков при различных расположениях счетчиков и свинца.

Для изучения процессов образования и развития „особых“ ливней в свинце были поставлены опыты, схематически изображенные на рис. 1\*\*.

\* Одновременно в экспедиции проводились также работы по изучению „особых“ ливней с методикой, аналогичной применявшейся в предыдущих работах (3), и с помощью управляемой камеры Вильсона (4).

\*\* Помимо счетчиков, изображенных на чертеже, как в этих, так и во всех других опытах на расстоянии 2,5 м от установки были расположены группы счетчиков большой площади, дававшие отметку о прохождении широких атмосферных ливней. Данные, относящиеся к этим случаям, мы в настоящей статье не рассматриваем.

На снимках, полученных при этих конфигурациях, наглядно заметна разница между картиной  $\delta$ -ливней от мезонов, где видна одиночная проникающая частица, образующая ливень из нескольких сильно поглощающихся частиц, и „особых“ ливней, включающих несколько проникающих частиц (в том числе проходящих больше 22 см свинца). Но, наряду с проникающими, в „особых“ ливнях обычно видно большое число мягких частиц.

На значительной части снимков заметно увеличение числа частиц проникающей части ливня в одном из проходимых слоев свинца. Для ливней, проникающих сквозь 22 см свинца, подобное размножение наблюдалось в 40% случаев. Вновь образованные частицы при этом, по видимому, являются относительно мягкими.

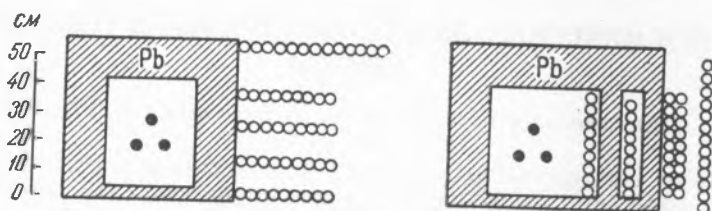


Рис. 2. Схема опытов для выяснения происхождения „коррелированных“ частиц

Вопрос о том, образуются ли „особые“ ливни в одном акте или постепенным, но быстрым размножением, нуждается в дальнейшем изучении. Во всяком случае, в слое свинца в несколько (2—4) сантиметра толщины „особые“ ливни успевают развиться. При этом характерно, что ливневые частицы идут внутри очень большого телесного угла.

Ряд опытов, схематически изображенных на рис. 2, был поставлен для выяснения характера обнаруженной ранее корреляции „особых“ ливней в свинце с частицами вне свинца, попадающими в счетчики, расположенные вблизи установки.

Эти опыты показали, что „коррелированные“ частицы в основном выходят из свинцового блока. На многих снимках ясно видны пути одиночных проникающих частиц (реже пар), которые выходят из свинцового блока, пройдя 14 см свинца. Наблюдались случаи горизонтального вылета таких частиц. Возможно, что они могут вылететь и вверх, но в этом случае их невозможно отличить от частиц, падающих на установку снаружи. Однако распределение частиц вне свинца, коррелированных с „особыми“ ливнями, не является изотропным. При удалении наружных счетчиков от свинцового блока число зарегистрированных частиц, естественно, быстро падает.

Было также поставлено опытов для выяснения вопроса, генерируются ли „особые“ ливни ионизирующей или нейтральной компонентой. Проведение этого опыта связано с существенной трудностью, заключающейся в том, что разряд окружающих установку счетчиков вызывается не только ионизирующими генерирующими частицами, но и ливневыми частицами, выходящими из свинца наружу. Полученные нами результаты показывают наличие в генерирующей компоненте наряду с ионизирующими также и нейтральных частиц. Однако для получения количественных данных об относительной роли неионизирующего излучения нужны дальнейшие опыты.

Вышеприведенные данные в совокупности с результатами цитированных выше других работ по изучению „особых“ ливней делают весьма вероятной следующую картину „особого“ ливня. Генерирующую компоненту наиболее естественно считать состоящей из протонов

и нейтронов больших энергий (в том числе и первичных протонов). Этому соответствует, в частности, высотный ход ливней, свидетельствующий о поглощении генерирующих частиц по ядерному сечению.

Сам ливень по составу не является однородным. Проникающие частицы являются, по видимому, мезонами (в том числе, возможно, и быстро распадающимися). Частицы, образующие мягкую часть ливня, не могут быть отождествлены на основании наших опытов. Однако снимки в управляемой камере Вильсона, полученные Н. Г. Биргером (4), показывают, что по всей вероятности это — электроны. Образование этих электронов под свинцом не может быть объяснено  $\delta$ -процессами от мезонов и требует предположения о наличии некоторого особого механизма рождения электронов (или фотонов). Наиболее вероятным в настоящее время является предположение, что этот процесс происходит через посредство короткоживущих мезонов, рожденных в результате взаимодействия протонов и нейтронов большой энергии с веществом. Такая точка зрения, наиболее приемлемая теоретически, подтверждается наличием большого числа процессов размножения в проникающей части ливней.

Совокупность имеющихся у нас данных позволяет считать, что так называемые „локальные проникающие ливни“, изучавшиеся с помощью счетчиков рядом авторов, в особенности Джаносси с сотрудниками, являются проникающей частью более сложных по своей природе „особых“ ливней. Но опыты этих авторов ставились таким образом, что весьма существенные, принципиальные черты явления исключались из наблюдения. В силу тех же причин локальные проникающие ливни описывались как явление относительно редкое, тогда как более широкий класс „особых“ ливней представляет собой уже на средних высотах основной процесс образования ливней в толстых слоях свинца.

В настоящее время опубликованы работы с управляемыми камерами Вильсона Фретера (5) и Бриджа, Хазена и Росси (6), производившиеся одновременно с нашей. В обеих этих работах установлено одновременное образование в толстых слоях свинца проникающих частиц и электронов. Авторы дают этим наблюдениям интерпретацию, аналогичную той, к которой мы пришли на основании широкого круга работ Памирских экспедиций Физического института.

Сопоставление данных об „особых“ ливнях с исследованиями С. Н. Вернова и его сотрудников (7) по образованию мягкой и жесткой компонент космического излучения в верхних слоях атмосферы указывает, по видимому, на тождество этих двух явлений. В таком случае „особые“ ливни следует считать фундаментальным процессом в космических лучах, объединяющим целый ряд казавшихся ранее независимыми разнородных фактов.

В заключение авторы приносят благодарность Н. А. Добротину за ценные указания и дискуссию результатов.

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

Поступило  
9 VI 1948

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Г. Б. Жданов и А. Л. Любимов, ДАН, 55, 119 (1947). <sup>2</sup> В. И. Векслер, Л. В. Курносова и А. Л. Любимов, ЖЭТФ, 17, 1026 (1947). <sup>3</sup> Л. В. Курносова и Б. А. Шуляк, ДАН, 61, № 6 (1948). <sup>4</sup> Н. Г. Биргер ДАН, 60, № 9 (1948). <sup>5</sup> W. B. Fretter, Phys. Rev., 73, 41 (1948). <sup>6</sup> N. Bridge, W. Hazen and B. Rossi, Phys. Rev., 78, 179 (1948). <sup>7</sup> С. И. Бриккер, С. Н. Вернов, Н. Л. Григоров, И. М. Евреина и Т. Н. Чарахчян, ДАН, 61, № 4 (1948).