

Л. Н. КОРАБЛЕВ, А. Л. ЛЮБИМОВ и А. Т. НЕВРАЕВ

### ИЗУЧЕНИЕ «ОСОБЫХ ЛИВНЕЙ» КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ С ПОМОЩЬЮ ГОДОСКОПА

(Представлено академиком Д. В. Скобелцыным 15 VII 1949)

Осенью 1948 г. нами было поставлено несколько опытов по дальнейшему изучению «особых ливней», открытых и исследовавшихся в работах Памирских экспедиций Физического института АН СССР (1-4). Целью этих опытов было наблюдение образования «особых ливней» в тонких слоях вещества с помощью годоскопа с большим числом ячеек.

Осуществленный нами годоскоп состоял из 176 счетчиков, каждый из которых через специальное радиотехническое устройство соединялся с неоновой лампочкой, причем расположение этих неоновых лампочек на специальной панели было подобно расположению соответствующих счетчиков в установке. Особенностью радиотехнической схемы ячеек годоскопа, разработанной одним из авторов (5), является отсутствие в

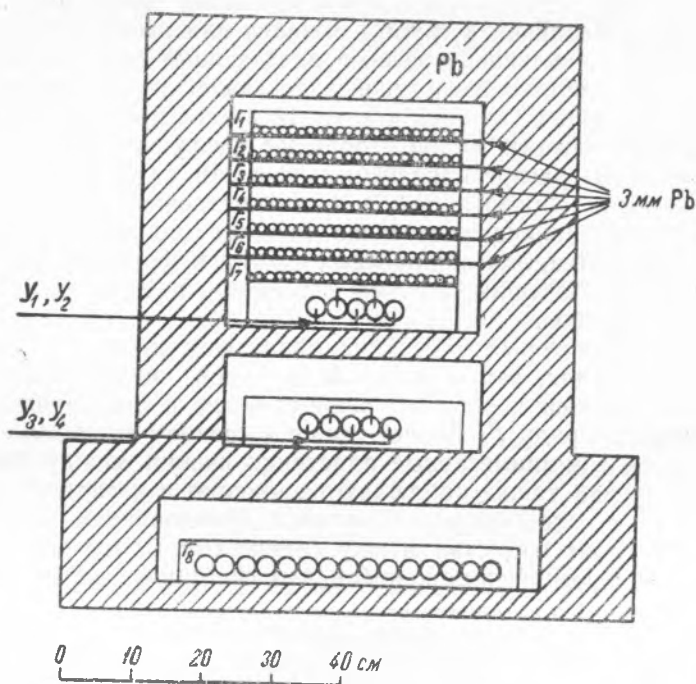


Рис. 1

них электронных ламп, функции которых выполняются неоновыми лампами.

К шести годоскопическим ячейкам, обладавшим повышенной разрешающей способностью, было подключено 26 счетчиков размером 33 × 500 мм, соединенных в 6 групп. Эти счетчики, отнесенные на расстояние 2 м от установки, регистрировали прохождение широких атмосферных

ливней. При совпадении разрядов в счетчиках, составляющих управляющую группу, вспыхивали неоновые лампы, соединенные со счетчиками, сработавшими одновременно с управляющей группой. Эти вспышки, снятые на киноплёнку, давали некоторую двумерную картину изучаемого процесса. Работа проводилась на высоте 3860 м (атм. давление около 480 мм рт. ст.), в фанерном доме.

Схема одного из опытов изображена на рис. 1. Внутри массивного свинцового блока были расположены 7 рядов счетчиков размером  $12 \times 300$  мм, по 22 счетчика в каждом ряду. Между рядами счетчиков помещались пластины свинца толщиной 3 мм. Управление производилось 4-кратными совпадениями счетчиков  $У_1, У_2, У_3$  и  $У_4$ , которые располагались в два ряда, разделенных 4 см свинца. Счетчики  $Г_8$  позволяли оценивать число проникающих частиц. Опыт ставился в нескольких вариантах: убирались 3-миллиметровые свинцовые пластинки, группы годоскопических счетчиков ставились крест накрест, что позволяло в известной степени наблюдать пространственную картину, изменялась управляющая группа, изменялось расстояние между рядами годоскопических счетчиков.

Годоскопические снимки, полученные в разных вариантах этого опыта, можно подразделить на несколько групп:

1. Снимки «особых ливней», образованных в верхнем слое или боковых стенках свинцового блока. Эти ливни часто обладают большой плотностью.

2. Снимки, где вспышки счетчиков  $Г_1 — Г_7$  обозначают след одиночной частицы (изредка помимо этого следа видно еще несколько вспышек). Это случаи образования проникающими частицами  $\delta$ -частиц (срабатывание управляющей группы вызвано или двойным  $\delta$ -процессом, или наклонной проникающей частицей, задевающей два соседних счетчика, или, наконец, наклонной частицей, задевающей два счетчика в одном из рядов управляющей группы и дающей  $\delta$ -электрон в другом ряду).

3. Снимки, на которых видно небольшое число вспышек в счетчиках  $Г_1 — Г_7$ , причем по распределению вспышек эти случаи наиболее естественно объяснить образованием в 4-сантиметровой пластине свинца между рядами управляющих счетчиков «особого ливня», дающего незначительный обратный поток заряженных частиц и фотонов.

4. Снимки с небольшим числом вспышек, не дающие какой-либо определенной картины.

5. Снимки, на которых в верхних рядах счетчиков  $Г_1 — Г_7$  имеется малое число вспышек, затем в одном из рядов число вспышек существенно увеличивается и остается значительным в последующих рядах. В таких случаях в ряду  $Г_8$  бывает также в среднем несколько вспышек.

Если убрать 3-миллиметровые пластинки свинца между счетчиками, то подобные случаи также наблюдаются, однако в несколько раз реже.

Эти снимки в основном мы объясняем образованием «особых ливней» в тонких слоях вещества между счетчиками (3 мм свинца и стенки счетчиков и алюминиевых коробок для счетчиков, всего около 5 мм стекла и алюминия). Образование ливня в слое вещества, достаточно тонком для того, чтобы каскадное размножение электронов и фотонов не могло играть существенной роли, указывает на взрывной характер образования ливня. При этом в точке образования ливневые частицы расходятся под большими углами, что согласуется с нашими прежними наблюдениями (3).

Значительная часть годоскопических снимков может быть объяснена только с помощью представления о наличии большого числа нейтральных частиц (фотонов), конвертирующихся в заряженные. Это сильно затрудняет интерпретацию отдельных годоскопических фотографий и заставляет при такой интерпретации проявлять осторожность и по возможности пользоваться статистическими методами.

Чем больше общая плотность ливня, оцениваемая по максимальному числу счетчиков, сработавшему в одном из рядов  $\Gamma_1 - \Gamma_7$ , тем больше количество проникающих частиц, регистрируемых счетчиками  $\Gamma_8$ . Так например, в опыте, сходном с изображенным на рис. 1 (но без 3-миллиметровых пластинок свинца между рядами счетчиков), были получены данные, частично приведенные в табл. 1, где показано число кадров, соответствующее различным числам вспышек в ряду  $\Gamma_8$  и в рядах  $\Gamma_1 - \Gamma_7$ .

Таблица 1

Максимальное число вспышек в одном из рядов $\Gamma_1 - \Gamma_7$	3—5	20—22
Число кадров с числом вспышек в ряду $\Gamma_8$ от 0 до 2	143	3
Число кадров с числом вспышек в ряду $\Gamma_8 > 8$	1	10

Поскольку общая плотность особого ливня в свинце определяется в основном электронами, то из этих данных следует, что большей энергии электронно-фотонной компоненты в ливне соответствует в среднем и большее число проникающих частиц.

На некоторых годоскопических снимках образования «особых ливней» небольшой плотности можно обнаружить наличие структуры ливня. Одна из таких фотографий приведена на рис. 2. Отчетливо видны два «ствола», образующие между собой весьма значительный угол. В состав каждого из «стволов» входят проникающие частицы.

На годоскопических фотографиях, полученных с помощью установки, описанной в нашей предыдущей работе (3), мы наблюдали образование «особого ливня» в свинце частицами, идущими в составе широких атмосферных ливней. Одновременно сходные результаты были получены Розентелем, также с помощью годоскопа. В опытах этого года нами получены некоторые новые данные о связи этих двух процессов\*, в частности, в опыте, изображенном на рис. 3, который ставился с целью наблюдения обнаруженного ранее (3) эффекта образования нового ливня проникающими частицами, входящими в состав «особого ливня». В этом опыте годоскоп управлялся трехкратными совпадениями счетчиков  $У_1$ ,  $У_2$  и  $У_3$ , которые выбирали в основном случаи образования ливня в слое свинца толщиной 12 см. Последующие 12 см свинца поглощали мягкую компоненту образовавшегося ливня. При обработке киноплёнки отбирались только кадры, на которых имелось не менее двух вспышек в ряду  $\Gamma_7$  и хотя бы в одном из рядов  $\Gamma_1 - \Gamma_6$ . Это существенно уменьшило роль  $\delta$ -ливней в наблюдаемой картине по сравнению с «особыми ливнями», так как вероятность 3-кратного  $\delta$ -процесса весьма мала, а наличие нескольких проникающих частиц характерно для «особых ливней». Всего было отобрано таким способом 578 кадров. На этих кадрах отмечались случаи «размножения» проникающих частиц, причем за критерий «размножения» принималось увеличение числа вспышек в двух соседних рядах более чем на пять. Всего наблюдалось 54 случая такого «размножения» проникающих частиц. Из них 9 случаев (17%) имели место при прохождении плотных широких атмосферных ливней, тогда как из остальных

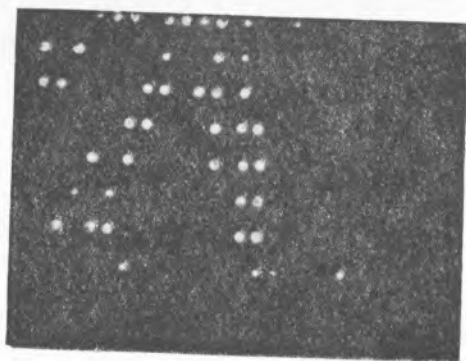


Рис. 2

\* В Памирской экспедиции 1948 г. связь «особых» и широких атмосферных ливней более подробно изучалась Зацепиным и Сарычевой.

524 кадров, на которых не было подобного «размножения», отметки о прохождении плотных широких атмосферных ливней имелись всего на 24 кадрах, т. е. в 4,5% случаев. Эта разница указывает на большую способность к образованию дальнейших ливней у проникающих частиц тех «особых ливней», которые генерированы компонентной, идущей в

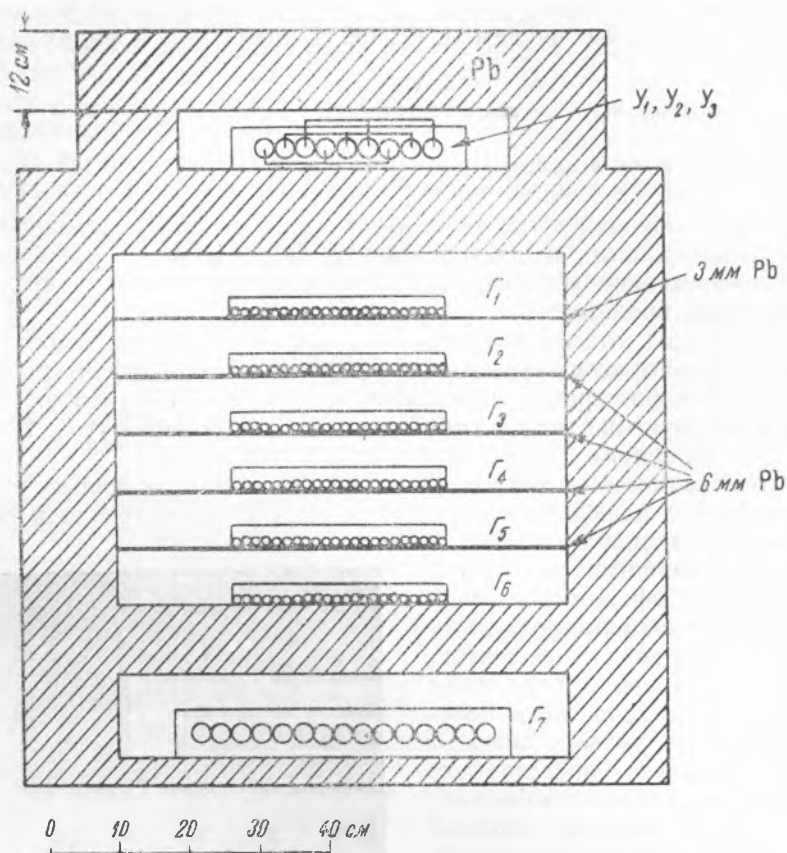


Рис. 3

составе плотных широких атмосферных ливней, по сравнению с «особыми ливнями», образованными частицами одиночными или идущими внутри воздушного ливня малой плотности. В соответствии с представлениями об ядерно-каскадном процессе<sup>(6)</sup> наиболее вероятно, что указанное различие объясняется большей средней энергией генерирующих «особые ливни» частиц, идущих в составе плотных широких атмосферных ливней. Необходимо отметить, что этот результат может весьма существенно зависеть от высоты места наблюдения.

Работа с описываемой установкой по изучению «особых ливней» будет нами продолжена. В соответствии с этим некоторые из изложенных выше результатов следует рассматривать как предварительные.

В заключение авторы выражают свою благодарность чл.-корр. АН СССР В. И. Векслеру и Н. А. Добротину за ценные советы и дискуссионные результаты и И. Р. Геккеру за помощь в наладке годоскопа.

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

Поступило  
24 VI 1949.

#### 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. Н. Кораблев, А. Л. Любимов и А. В. Миллер, ДАН, 61, 633 (1948).  
<sup>4</sup> Н. Г. Биргер, ДАН, 61, 245 (1948). <sup>5</sup> Л. Н. Кораблев, ДАН, 62, 215 (1948).  
<sup>6</sup> Г. Т. Зацепин, ДАН, 67, № 6 (1949).