

А. И. Алиханян, действ. чл. АН Арм. ССР, Т. Л. Асатрян  
 и Г. Н. Мусхелишвили

**Исследования воздушных ливней. II. Результаты исследований воздушных ливней**

(Представлено 4 XI 1946)

*Ливни Оже.* Метод определения плотности частиц с помощью неоновых лампочек был нами использован прежде всего для ливней Оже. Ливни Оже регистрировались счетчиками В, С, D\*, причем расстояние между В и D было около 3,5 м, а счетчик С помещался посередине между ними. Под счетчиком помещалось 11 малых счетчиков N, связанных неоновыми лампочками. Вся установка была размещена в деревянном доме Высотной станции на горе Арагац (3250 м над уровнем моря). Количество дерева над установкой не превышало 3г/см<sup>2</sup>. В таблице 1 приведены результаты наблюдений. В первой колонке этой таблицы приводится кратность вспышек, а во второй колонке — число ливней, вызывавших вспышки соответствующего количества неоновых ламп.

На рис. 1 показана интегральная кривая распределения числа вспышек в зависимости от кратности вспышек (кривая 2). Для того, чтобы получить истинное распределение ливней по величине плотности, нужно, конечно, ввести поправку на пропуски.

Полученные на опыте кривые могут быть использованы для исследования спектра первичных частиц, приходящих из мирового пространства. Здесь мы не будем останавливаться на этом анализе. Заметим, между прочим, что из кривой рис. 1 видно, что среди ливней Оже встречается заметное число таких, в которых плотность числа частиц превышает 10<sup>3</sup> част/м<sup>2</sup>. Число ливней с плотностью частиц большей чем 10<sup>3</sup> част/м<sup>2</sup> составляет 2—4% от числа ливней с плотностью большей 10<sup>2</sup> част/м<sup>2</sup>. Этот результат хорошо

Таблица 1

Кратность вспышек	Число ливней
1	34
2	24
3	13
4	11
5	7
6	3
7	2
8	6
9	3
10	0
11	0

\* См. рис. 1 в первой части сообщения „Исследования воздушных ливней“.

согласуется с ранее опубликованными данными о плотности частиц в ливнях Оже.

Мы произвели также серию съемок с телескопическим устройством, описанным в предыдущем сообщении, при расстоянии между В, С и D равным 3 м. Из рис. 1 видно, что кривые распределения в этих двух случаях очень близки. Это и следовало ожидать, так как и в том и в другом случае регистрировались ливни Оже.

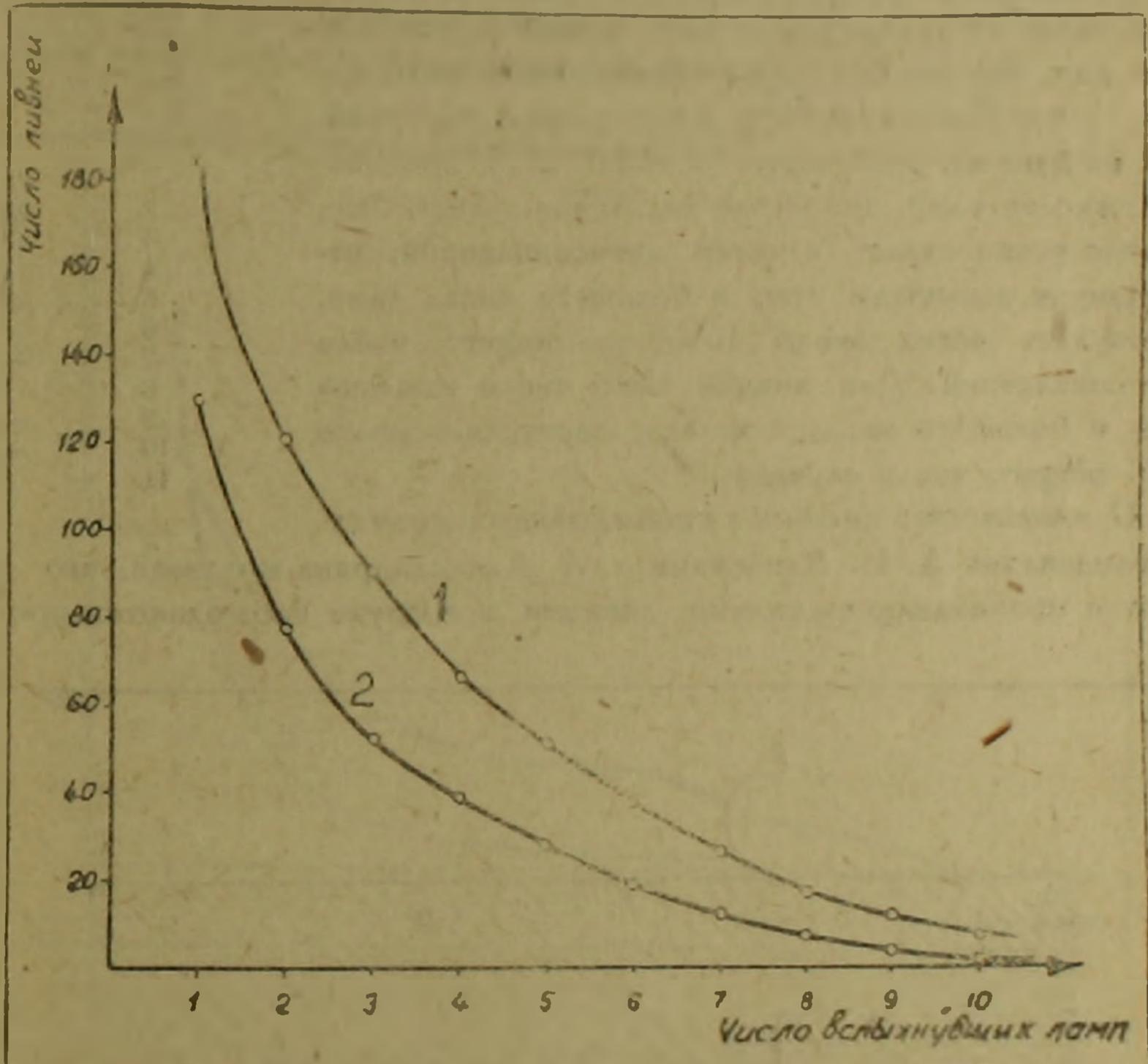


Рис. 1

*Плотность частиц в узких ливнях.* Для того, чтобы получить представление о плотности частиц в узких ливнях, мы воспользовались уже описанной аппаратурой. Кроме того, мы применяли метод, предложенный А. Алиханяном, позволяющий выключать в значительной мере ливни Оже. Это производилось с помощью отдельной группы счетчиков А, оставленных на расстоянии 1 м от основной системы и соединенных по схеме антисовпадений. При площади, покрываемой счетчиками А, равной  $360 \text{ см}^2$ , эффект, вызываемый ливнями Оже, уменьшался в три раза. Таким образом, в положении показанном на рис. 1 предыдущего сообщения антисовпадения В, С, D.—А на 70% вызываются узкими ливнями, а остальные — другими ливнями (ливни Оже).

Можно сказать, что антисовпадения В, С, D,—А вызывались узкими ливнями и в некоторой мере такими протяженными ливнями, плотность частиц которых была невелика. К счетчику D приставлялась группа счетчиков N, соединенных с неоновыми лампочками. В табл. 2 приведены результаты.

В первой колонке приводится кратность вспышек, а во второй—общее число наблюдаемых ливней, вызвавшее соответствующее число вспышек. Как видно из таблицы, число ливней вызвавших вспышки больше чем у двух ламп, очень мало. На рис. 1 приводится интегральная кривая, построенная из данных, собранных в табл. 2. В противоположность тому, что имело место для ливней Оже, кривая резко падает и число антисовпадений, отвечающих вспышкам трех и большего числа ламп, составляет всего около 10% от общего числа антисовпадений. Для ливней Оже число вспышек трех и большего числа лампочек составляет около 50% общего числа случаев.

Таблица 2

Кратность вспышек	Число ливней
1	49
2	11
3	3
4	1
5	2
6	—
7	—
8	1
9	—
10	—
11	—

*О плотности частиц в проникающих ливнях.*

Исследования А. И. Алиханяна и А. Александрияна показали, что наряду с проникающими узкими ливнями в воздухе наблюдаются про-

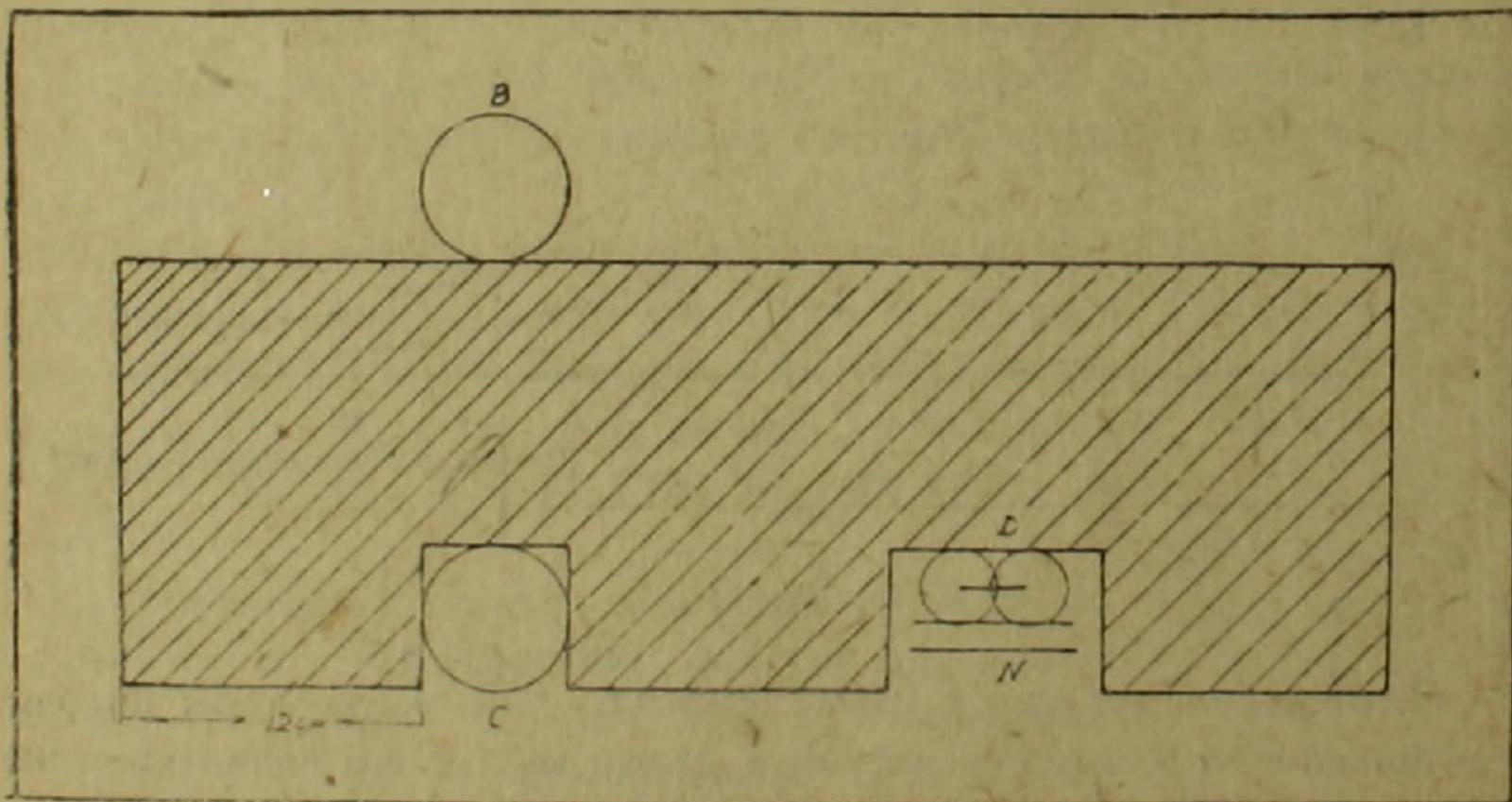


Рис. 2

кающие ливни, радиус которых заметно превышает радиус узких ливней. Поперечные размеры протяженных проникающих ливней до сих пор не установлены. Пользуясь установкой, показанной на рис. 2, мы попытались определить плотность частиц в проникающих ливнях. Здесь опять применялась группа неоновых ламп, соединенных со счетчиками, которые были расположены под счетчиком D. Расстояние между счет-

чиками В, С и D сохранялось неизменным и равнялось 20 см. Счетчики были покрыты свинцовыми блоками, как это показано на рис. 2. Минимальная толщина свинца, которую должны были проходить ливневые частицы, была равна 12 см. Разумеется, что система, показанная на рис. 2, кроме проникающих узких ливней, регистрировала также и проникающие протяженные ливни. Для того, чтобы разделить друг от друга эти ливни и в отдельности для каждого исследовать плотность частиц, следовало произвести наблюдения как при малых расстояниях, так и при больших расстояниях, превышающих поперечные размеры узких ливней. Из-за недостатка времени эти измерения не бы-

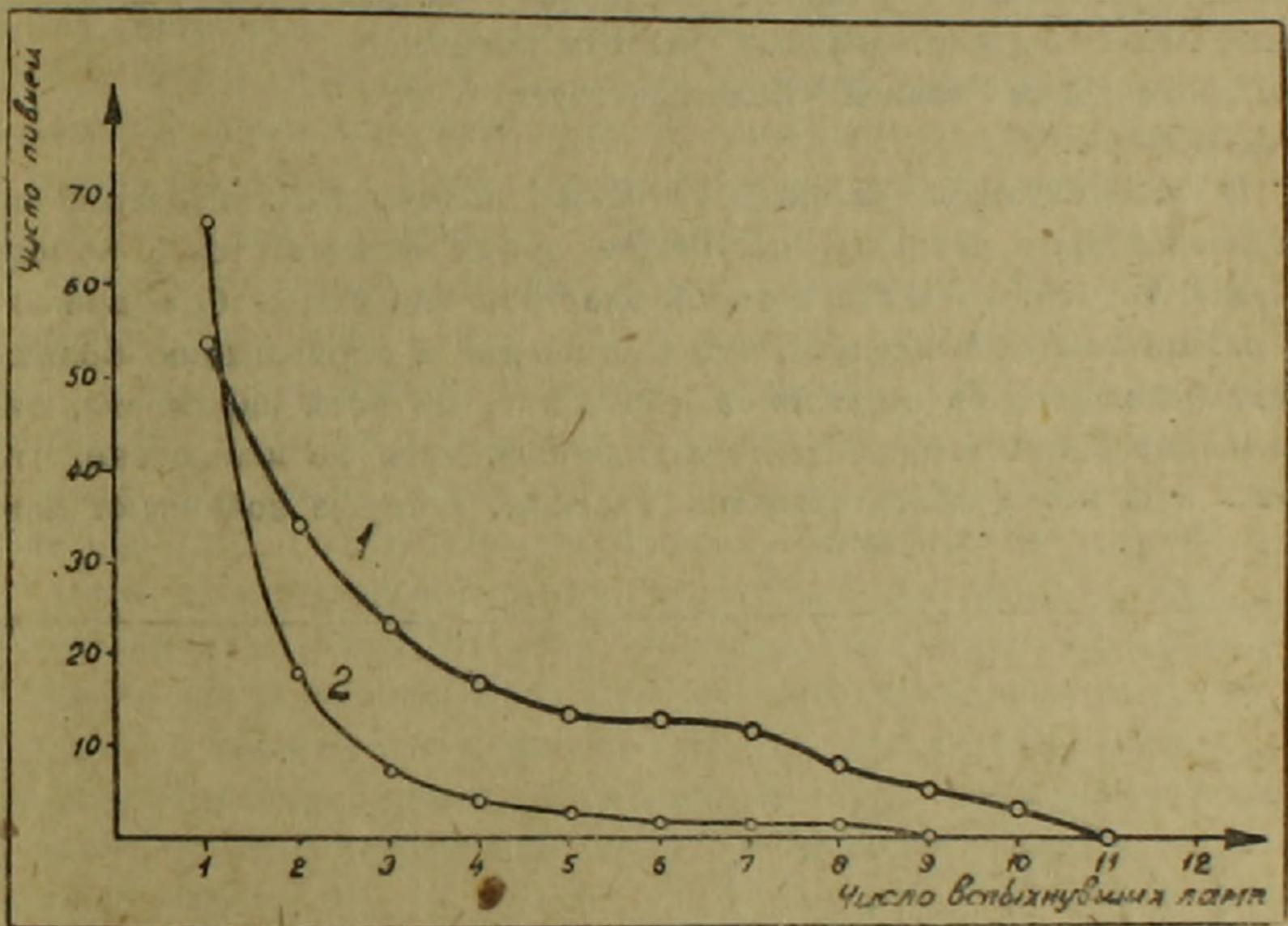


Рис. 3

ли проделаны, и мы надеемся в ближайшее время выполнить их.

С помощью описанной системы мы смогли определить плотность в проникающих ливнях, не разделяя узких ливней от широких. Если бы в воздухе имелись только ливни Оже и узкие ливни, то наши наблюдения при 20 см дали бы нам возможность оценить плотность отдельно в узких проникающих ливнях, поскольку ливни Оже в основном содержат электроны и фотоны, не способные пройти через свинцовый блок толщиной 12 см. На самом деле, опыт показал, что в воздухе помимо узких проникающих ливней, существуют широкие проникающие ливни. В таблице 3 приведены результаты наблюдений, которые мы считаем предварительными, поскольку общее число не велико, и следовательно статистические ошибки значительны.

Из таблицы 3 и рис. 3, где приведена интегральная кривая (1) распределения по кратности вспышек, следует, что среди проникающих ливней встречаются ливни огромной плотности частиц. Так, например, нами зарегистрированы пять ливней, в которых плотность превышает  $800 \text{ част/м}^2$ . Поскольку ранее нами было доказано, что среди узких ливней не встречаются плотные, естественно, что плотные проникающие ливни обладают большой протяженностью, во всяком случае больше, чем узкие ливни. Сейчас нельзя исключить того, что эти проникающие ливни являются составной частью ливней Оже. Однако, большая частота появления этих проникающих ливней свидетельствует о противоположном.

Кратность вспышек	Число ливней
1	20
2	10
3	6
4	4
5	1
6	1
7	3
8	3
9	2
10	3
11	1

О неионизирующих частицах в узких ливнях. Возникновение больших атмосферных ливней в настоящее время описывается с помощью лавинной теории, согласно которой электрон или фотон большой энергии размножаются в воздухе, что и приводит к образованию большого ливня, состоящего из электронов и фотонов. По всей видимости, такое объяснение соответствует действительности, хотя не исключено, что в ливнях Оже могут присутствовать частицы, которые возникают попут-

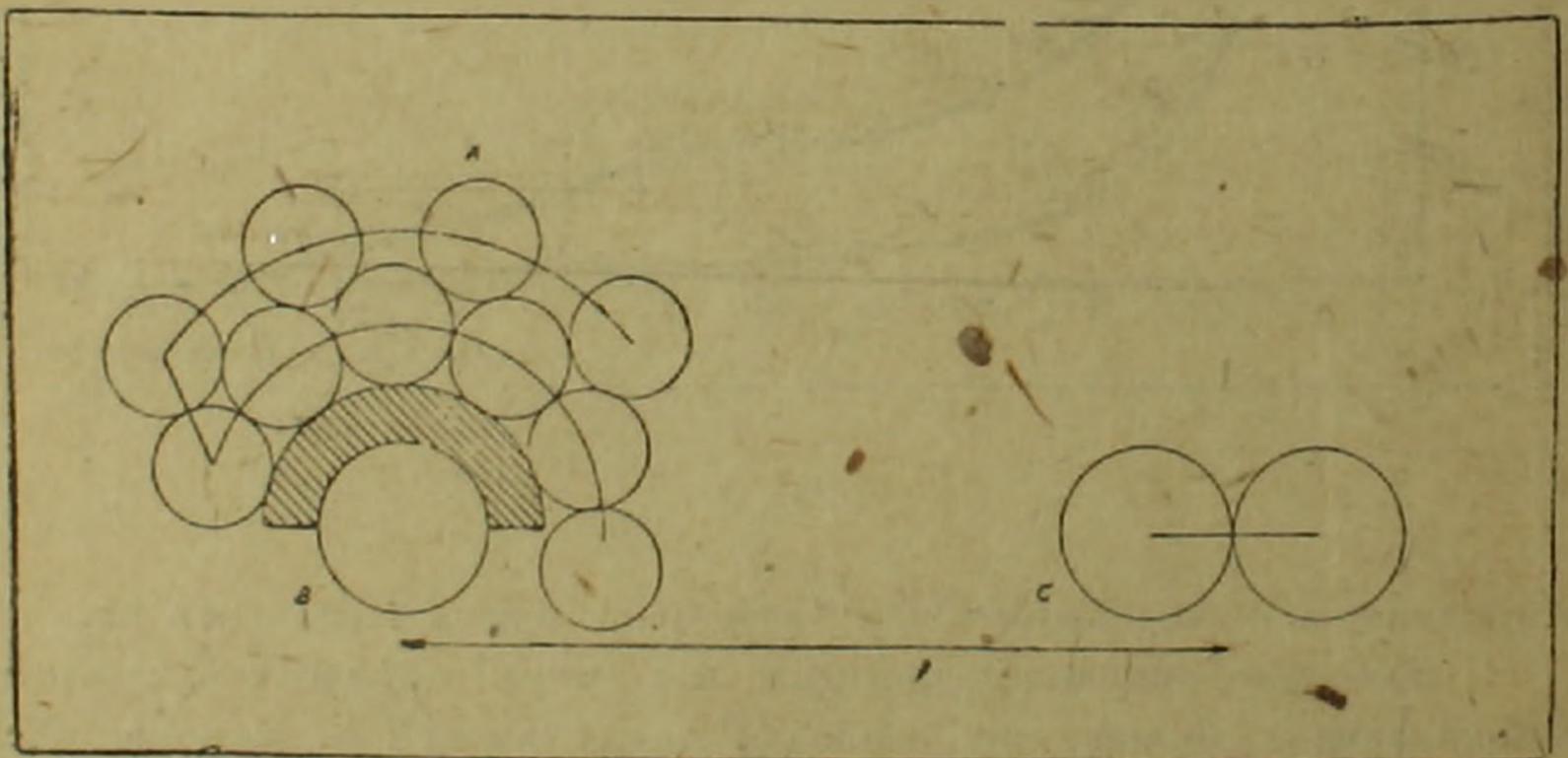


Рис. 4

но, в результате других побочных процессов. Что касается узких ливней, то до сих пор нет ни одного сколько нибудь удовлетворительного объяснения их возникновения. К сожалению, нам неизвестно даже, из каких частиц состоят узкие ливни. Можно только утвердить, что узкие ливни состоят не из электронов и фотонов. Мы поставили себе задачу выяснить, имеются ли в составе узких ливней какие либо нейтральные частицы. Такими частицами могли быть фотоны, нейтроны и

наконец, гипотетические частицы—нейтральные мезоны. Метод, который мы применили, легко понятен из рис. 4. Счетчики В и С включались в схему совпадений, а счетчики А, соединенные параллельно, включались по схеме антисовпадений. Заряженные частицы, одновременно попадающие в счетчики В и С, не могли привести к двойному совпадению, так как счетчики А выключали такие случаи. Только тогда, когда в счетчик С попадала заряженная частица, зарожденная в свинцовом экране какой либо нейтральной частицей, и одновременно в счетчик В попадала заряженная частица, происходило антисовпадение, которое и регистрировалось. Толщина свинцового экрана между счетчиками А и В была равна 10 мм. Группа А состояла из 10 счетчиков, длиной 20 см, диаметром 20 мм, соединенных параллельно. Счетчик В имел длину 20 см и диаметр 3 см. Когда боковой счетчик С находился на расстоянии нескольких метров от В, наша система регистрировала около 6 антисовпадений в час. Очевидно, что эти антисовпадения вызывались попаданием электронов в боковой счетчик и фотона в систему ВА. Другими словами, мы думаем, что они вызывались ливнями Оже. Следовало бы ожидать, что если в воздухе имелись бы только ливни Оже, то при приближении бокового счетчика С к В число антисовпадений должно было бы оставаться постоянным. На самом деле опыт показывает, что число антисовпадений при сближении счетчиков возрастает. На рис. 5 приведены результаты измерений, из которых видно, что число антисовпадений резко возрастает при малых  $l$ . Это возрастание начинается при  $l=1$  м и указывает на то, что оно обусловлено действием узких ливней. Если такое предположение правильно, то следует, что в составе узких ливней имеются нейтральные частицы, которые способны генерировать в свинцовом экране заряженные частицы. Из наших опытов невозможно прямо определить природу этих нейтральных частиц.

*Обсуждение результатов.* Результаты исследований плотности узких ливней показывают, что они в большинстве случаев содержат в себе небольшое число частиц. К сожалению, из наших данных нельзя сделать определенных количественных выводов относительно того, с какой частотой появляются узкие ливни той или иной плотности. Это происходит потому, что сама система обладает различной чувствительностью по отношению к ливням различной плотности. В предельном случае ливень, состоящий из двух частиц, т. е. пара, может заставить сработать нашу систему, и мы регистрируем вспышку одной лампочки. Для того, чтобы получить полное представление о структуре узких ливней, было бы желательно площадку, размерами равную поперечным размерам ливня, покрыть маленькими счетчиками и наблюдать вспышки неоновых ламп. Такой „ковер“ сейчас нами разрабатывается. Полученные данные все же дают представление о плотности частиц в тех узких ливнях, которые приводят в действие нашу мастерную систему. Из рис. 1 и 3 можно видеть, что плотность частиц в узких ливнях значительно меньше, нежели в ливнях Оже. При наблюдении узких лив-

ней, мы в большинстве случаев замечаем вспышки только одной лампочки. При этом надо иметь в виду, что часть (а может быть и все) случаев кратных вспышек может быть обусловлена ливнями Оже, которые обладают недостаточной плотностью, чтобы всегда быть выключены счетчиками А. Если считать, что все случаи, приведенные в таблице 2, относятся к узким ливням, то средняя плотность получается порядка  $100 \text{ част/м}^2$ . Скорее всего это есть верхний предел плотности в узких ливнях. Очень интересно сравнить наши данные с результатами Льюиса (<sup>1</sup>), который наблюдал толчки в двух ионизационных камерах по методу совпадений. Особенно интересны его данные для одной камеры, в которой Льюис наблюдал около 100 толчков в час, что соответствует прохождению через камеру 80 релятивистских частиц. Это

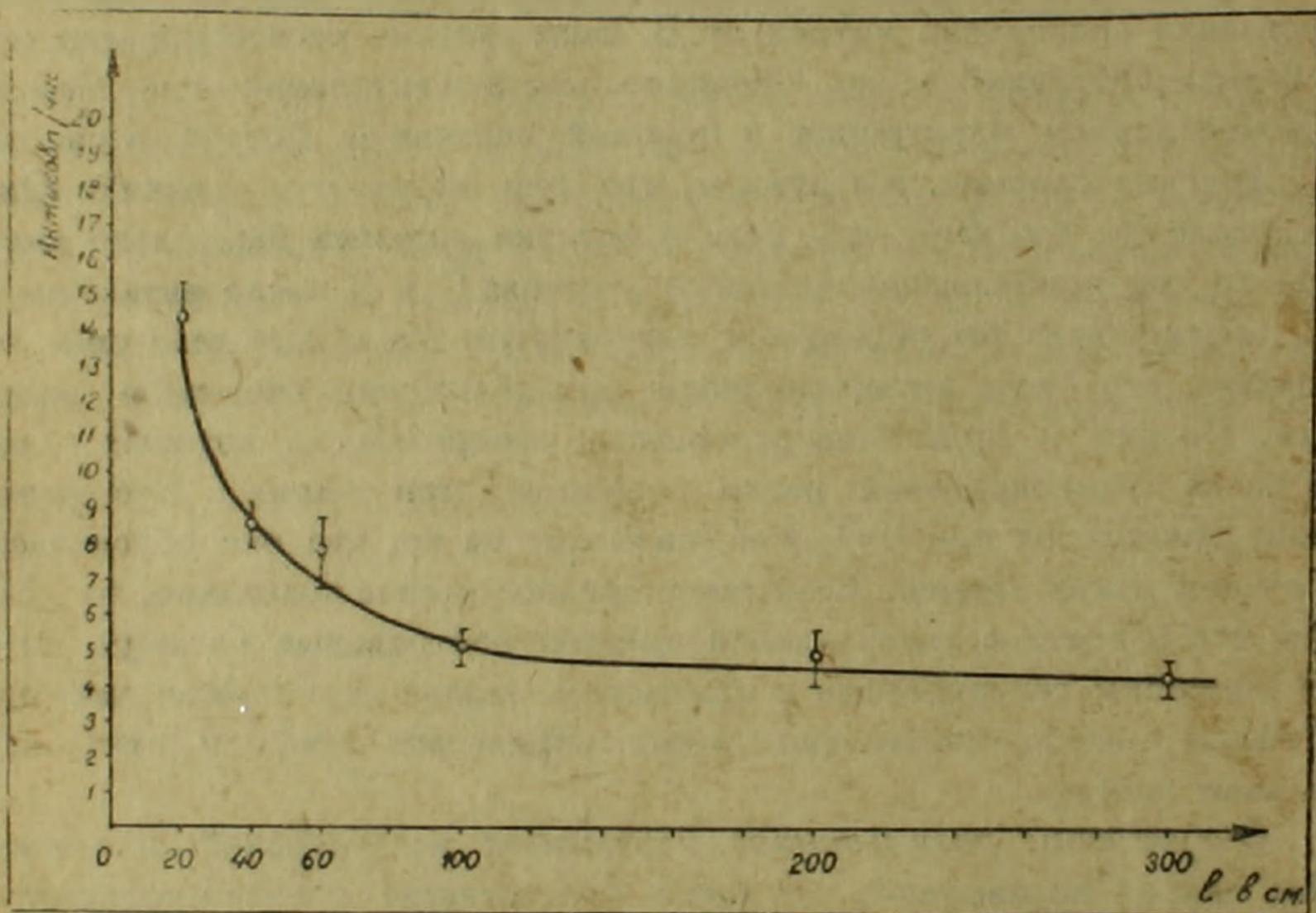


Рис. 5

отвечает плотности порядка  $1000 \text{ част/м}^2$ . Нам кажется, что такая большая плотность частиц исключает возможность объяснения этих толчков узкими ливнями. С другой стороны, число таких толчков падает резко с удалением камер друг от друга, и уже хотя бы поэтому они не могут быть причислены к ливням Оже. Очень вероятно, что эти толчки обусловлены попаданием в камеру нескольких частиц, обладающих большой удельной ионизацией. А. Мигдал (<sup>2</sup>), анализируя данные по ионизационным толчкам на высотах порядка 3—4 км, пришел к заключению, что большое число толчков, наблюденное различными авторами, не может быть обусловлено ни узкими ливнями, ни ливнями Оже. Расчет показывает, что если бы толчки вызывались ливнями из

релятивистских частиц, то в счетчиковой системе это привело бы к числу совпадений в 30—50 раз большему, чем это наблюдается на опыте.

Исследования, описанные выше, показали, что в узких ливнях имеются нейтральные частицы. Что представляет собой нейтральная компонента этих ливней, сказать нам сейчас трудно. Наиболее неправдоподобным было бы предположить, что они являются фотонами. Очень возможно, что нейтральные частицы в узких ливнях суть нейтроны, хотя не исключено, что они являются какими нибудь другими нейтральными частицами, до сих пор неизвестными.

Переходя к протяженным проникающим ливням, следует обратить особое внимание на огромную плотность частиц в этих ливнях. Большая частота (сравнимая с частотой появления ливней Оже) заставляет нас думать, что эти ливни возникают в процессах, не связанных с ливнями Оже. Метод неоновых ламп оказался очень полезным и позволил убедительно доказать существование таких плотных проникающих ливней. Независимо от наших исследований Велл, Виргер и Векслер сообщают о наблюдении ими проникающих плотных ливней. Метод, примененный ими, совершенно отличен от нашего и основан на применении пропорциональных счетчиков. До настоящего времени те скудные сведения, которые у нас имеются о плотных проникающих ливнях, не позволяют сделать определенных заключений об их свойствах и природе их остается совершенно неизвестной.

В заключение мы приносим благодарность А. И. Алиханову и Л. Д. Ландау за ряд полезных дискуссий о воздушных ливнях.

Физический институт  
Академии Наук Арм. ССР  
Ереван, 1946, август.

Ա. Ի. ԱԼԻՔԱՆՅԱՆ, Թ. Լ. ԱՍՍՏԻԱՆԻ ԵՎ Գ. Ն. ՄՈՒՍԽԵԼԻՇՎԻԼԻ

Օդային հեղեղների հեռագոսուրյունը: II. Օդային հեղեղների  
հեռագոսուրյան արդյունքները

Օտացվել են ավյալներ օդային հեղեղների մասնիկների խառնվածքային մասին: Այդ ավյալներից հետևում է, որ Օժեի հեղեղներում մասնիկների խառնվածքը, ինչպես է ենթադրվում էր առաջ, հավասար է  $10^3$  մաս/մ<sup>3</sup>: Նեղ հեղեղների խառնվածքի վերին սահմանի համար ստացվել է  $10^2$  մաս/մ<sup>3</sup>:

Գարգվեց նաև, որ գոյութուն ունեն մի երրորդ տեսակի հեղեղներ—լայն թափանցող հեղեղներ, որոնք շատ խիտ են:

Նեղ հեղեղներում հայտարարված են չեզոք մասնիկներ:

**Research of Air Showers. II. The Results of Research of Air Showers**

From the results of the research of air showers, data have been received referring to the density of particles of air showers. From those data follows, that in Auger's showers the density of the showers as it has been supposed is about  $10^3 \text{ part/m}^2$ .  $10^3 \text{ part/m}^2$  is received as an upper limit for the density of the so called narrow showers. It became clear that there exists a third kind of showers: extended penetrating showers which are very dense.

Neutral particles have been found in narrow showers.

**Л И Т Е Р А Т У Р А**

1. *Lewis*. Phys. Rev. **67**, 228, 1945.
2. *Migdal*. Journ. of Phys. **9**, 183, 1945.