

С. А. АЗИМОВ, В. Ф. ВИШНЕВСКИЙ и Н. И. ХИЛЬКО

## О РАСПАДЕ ЧАСТИЦ, ГЕНЕРИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОННО-ЯДЕРНЫЕ ЛИВНИ

(Представлено академиком Д. В. Скобельцыным 13 III 1951)

Для решения вопроса о природе частиц, генерирующих электронно-ядерные ливни, был проведен ряд компенсационных опытов<sup>(1-3)</sup>. Сущность их сводилась к сравнению числа регистрируемых ливней на двух высотах, причем на большей высоте над установкой помещался компенсирующий слой плотного вещества, вес которого равен весу столба воздуха между рассматриваемыми высотами. В указанных работах было получено, что число ливней на большей высоте под компенсирующим слоем превосходит число ливней на меньшей высоте.

Однако из указанных опытов еще нельзя сделать однозначного вывода о нестабильности частиц генерирующей компоненты ввиду возможного осложняющего влияния так называемого переходного эффекта плотности, отмеченного еще в<sup>(1, 2)</sup> и подробно рассмотренного в<sup>(3-4)</sup>.

М. И. Подгорецким было показано, что в опытах по поглощению влияние переходного эффекта плотности уменьшается по мере увеличения толщины поглотителя.

Поэтому для получения данных, свободных от влияния переходного эффекта плотности, необходимо измерять поглощение генерирующих частиц под толстыми слоями плотного вещества. Ввиду того что в предыдущих работах указанное условие не выполнялось, нами были проведены специальные измерения коэффициента поглощения в воде и воздухе частиц, генерирующих электронно-ядерные ливни. Работа проводилась летом 1951 г. на оз. Шор-куль (высота 3900 м над уровнем моря) и в г. Ош (900 м).

Использование слоя воды большей площади обеспечивает идеальные геометрические условия опыта. Вместе с тем вода по своему молекулярному весу близка к воздуху, что позволяет сравнивать измеренный коэффициент поглощения в воде с коэффициентом поглощения в воздухе, не вводя дополнительных поправок.

Схема установки приведена на рис. 1. Установка была расположена внутри железной бочки со стенками толщиной 5 мм. Измерялось число четырехкратных (1, 2, 3, 4 —  $C_4$ ) и пятикратных (1, 2, 3, 4, 5 —  $C_5$ ) совпадений. Для регистрации электронно-ядерных ливней, сопровождаемых широкими атмосферными ливнями, измерялось также число пятикратных (1, 2, 3, 4, 6 —  $C_6$ ) совпадений, причем коробка со счетчиками группы 6 располагалась во всех опытах над поверхностью воды, на расстоянии 2,3 м от троса, на котором была подвешена установка. Площадь каждого из счетчиков, входящих в группу

1, 2, 6, равнялась  $160 \text{ см}^2$ , счетчики групп 3 и 4 имели по  $100 \text{ см}^2$ , группы 5— $30 \text{ см}^2$ . Группа 6 состояла из 15 счетчиков.

Для проверки того, что установка регистрирует в основном электронно-ядерные ливни, генерированные в блоке свинца, было проведено сравнение числа четырехкратных совпадений при двух разных конфигурациях. В первой из них счетчики группы 3 и 4 занимали нормальное положение (см. рис. 1), во второй они были выдвинуты из свинцового блока на 50—60 см. Число четырехкратных совпадений упало при этом от 40 в час до 3 в час, причем последнюю величину можно объяснить за счет электронно-ядерных ливней, генерированных в свинце ядерно-активными частицами, входящими в состав широких атмосферных ливней.

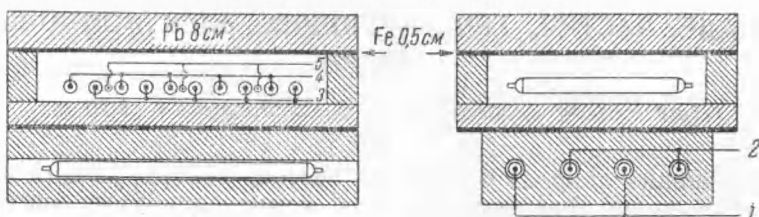


Рис. 1

Для устранения влияния  $\delta$ -ливней управляющая группа была осуществлена так, что для срабатывания установки требовалось присутствие в ливне, по крайней мере, двух проникающих частиц. Проведенные контрольные опыты, а также полученные с помощью этой установки данные по высотному ходу числа совпадений показывают, что  $\delta$ -ливни действительно не сказывались на полученных результатах.

Описанная установка может, вообще говоря, регистрировать как ливни, образованные в блоке свинца, так и ливни из воды. Однако регистрация электронно-ядерных ливней из воды приводит к искажению кривой поглощения и затрудняет истолкование результатов опыта.

Для проверки предположения, что роль электронно-ядерных ливней, образованных в воде, была мала, нами проводились специальные контрольные опыты. При этом мы исходили из того факта, что мягкая часть электронно-ядерных ливней, образованных в воде, поглощается в блоке свинца и что, следовательно, плотность ливня в полости будет меньше, чем плотность электронно-ядерных ливней, образованных в блоке свинца.

Исходя из этого, в одном опыте установка была сделана селективно чувствительной к ливням из свинца, для чего регистрировались пятикратные совпадения. В другом случае установка была изменена в направлении повышения чувствительности к ливням из воды, для чего счетчики 3-й, 4-й и 5-й групп соединялись параллельно и измерялось число трехкратных совпадений ( $C_3$ ) счетчиков этой группы со счетчиками 1-й и 2-й групп (см. табл. 1).

Результаты измерений показывают, что глубинный ход  $C_5$  и  $C_3$  совпадает с глубинным ходом  $C_4$ . Это означает, что регистрируемые электронно-ядерные ливни генерировались в основном внутри блока свинца.

Следует еще отметить, что измеренное в специальных опытах число случайных совпадений оказалось во всех случаях пренебрежимо малым, ввиду чего приведенные ниже данные не содержат поправок на случайные совпадения.

Данные измерений поглощения в воде частиц, генерирующих электронно-ядерные ливни

	Глубина в метрах							
	0	0,5				4	5	5,8
$C_4$	$40 \pm 1,0$		$38,5 \pm 2,0$	$21,6 \pm 0,7$	$12,5 \pm 0,8$	$6,9 \pm 0,3$	$3,9 \pm 0,2$	$2,3 \pm 0,2$
$C_5$	$24,7 \pm 1,2$	$23,2 \pm 1,49$	$22,5 \pm 1,9$	$13,2 \pm 0,84$	$7,2 \pm 0,68$	$4,4 \pm 0,22$	$2,6 \pm 0,2$	$1,49 \pm 0,1$
$C_3$	$70,8 \pm 3,3$		$61,6 \pm 3,2$	$39,2 \pm 2,5$	$21,8 \pm 1,4$	$14,3 \pm 1,0$	$6,9 \pm 0,6$	$5,9 \pm 0,5$
$C_3/C_4$	$1,8 \pm 0,1$		$1,6 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,2$	$1,7 \pm 0,2$	$2,0 \pm 0,2$	$1,7 \pm 0,2$	$2,6 \pm 0,3$
$C_6$	$2,6 \pm 0,4$	$1,8 \pm 0,4$	$1,8 \pm 0,5$	$1,5 \pm 0,4$	$1,5 \pm 0,5$	$1,0 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,05$

\* Из таблицы видно, что доля электронно-ядерных ливней, связанных с широкими атмосферными ливнями, мала.

Результаты измерений приведены в табл. 1 и на рис. 2.

Из кривой рис. 2 видно, что до глубины 1,5—2 м имеет место переходный эффект плотности, после чего величина коэффициента поглощения не изменяется вплоть до максимальной глубины (около 6 м). Численно величина поглощения оказывается такой, что

$$\frac{1}{\mu_{\text{вод}}} = 170 \pm 10 \text{ г/см}^2. \quad (1)$$

Для сравнения с поглощением в воздухе было измерено число четырехкратных совпадений, регистрируемых той же самой установкой на высоте 900 м над уровнем моря. В результате измерений было получено  $C_4 = 4,33 \pm 0,17$  в час (соответствующая точка нанесена на рис. 2). В соответствии с этим, вычисление коэффициента поглощения в воздухе по данным, относящимся к высотам 900 и 3900 м, дает:

$$\frac{1}{\mu_{\text{возд}}} = 123 \pm 6 \text{ г/см}^2, \quad (2)$$

что согласуется с результатами многочисленных работ по высотному ходу электронно-ядерных ливней\*.

Найденное различие между (1) и (2), т. е. между поглощением в воде и воздухе, свидетельствует о распаде, по крайней мере некоторых из частиц, генерирующих электронно-ядерные ливни. Нестабильные генерирующие частицы в плотном веществе практически не распадаются и поглощаются по этой причине медленнее, чем в воздухе. Что касается природы частиц, то, в согласии с известными в настоящее время данными, наиболее вероятным является, по нашему мнению, отождествление распадающихся частиц с  $\pi$ -мезонами. Указанная точка зрения согласуется как с известными опытами по искус-

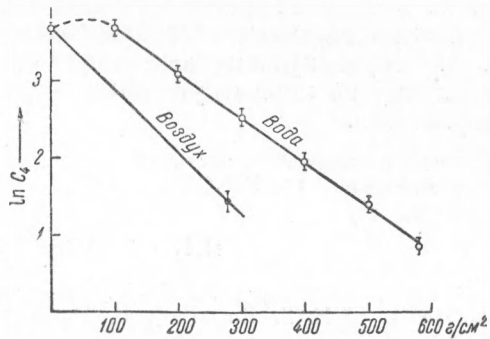


Рис. 2

\* Приведенное значение характеризует пробег ливни, который в силу наличия ядерно-каскадного процесса отличается от пробега отдельной ядерно-активной частицы, равного, как известно, 80—100  $\text{г/см}^2$  (6) (для веществ, близких к воздуху).

ственной генерации  $\pi$ -мезонов (по крайней мере, для мезонов, обладающих энергией в несколько десятков Мэв) на ускорителях и опытами по составу проникающих частиц электронно-ядерных ливней (<sup>6</sup>), так и с полученными в последнее время результатами (<sup>7-9</sup>), свидетельствующими о том, что эффективное сечение взаимодействия  $\pi$ -мезонов с ядрами атомов близко к их геометрическому сечению.

Если это действительно так, то сопоставление (1) и (2) позволяет произвести некоторую оценку среднего числа  $\pi$ -мезонов, образующихся при генерации регистрируемых электронно-ядерных ливней, исходя из соотношения:

$$\mu_{\text{вод}} = \mu_{\text{возд}} (1 - \Delta),$$

где  $\Delta$  — среднее число вторичных ядерно-активных частиц, образованных в одном акте.

Подстановка соответствующих численных значений дает

$$\Delta \approx 0,3.$$

Следует иметь в виду, что полученная оценка относится не ко всем  $\pi$ -мезонам, а только к тем из них, которые обладают наибольшей энергией и способны генерировать вторичные электронно-ядерные ливни.

Авторы выражают благодарность проф. В. И. Векслеру и проф. Н. А. Добротину за ценные советы при проведении работы и М. И. Подгорецкому за ценные указания в постановке задачи и при обработке результатов.

Физико-технический институт  
Академии наук Узб.ССР

Поступило  
8 III 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. И. Векслер, Л. В. Курносова и А. Л. Любимов, ЖЭТФ, 17, 1026 (1947). <sup>2</sup> Н. Г. Биргер, В. И. Векслер, Н. А. Добротин, Г. Т. Зацепин, Л. В. Курносова, А. Л. Любимов, И. Л. Розенталь и Л. Х. Эйдуc, ЖЭТФ, 19, 826 (1949). <sup>3</sup> М. И. Подгорецкий, А. Л. Любимов, М. Н. Щербакова и Л. Х. Эйдуc, ДАН, 75, 15 (1950). <sup>4</sup> М. И. Подгорецкий, А. И. Барчуков и Д. Ф. Ракитин, ДАН, 73, 685 (1950). <sup>5</sup> С. Соссопи, Phys. Rev., 75, 1074 (1949). <sup>6</sup> O. Piccioni, *ibid.*, 77, 1 (1950). <sup>7</sup> K. J. Greisen, *ibid.*, 73, 521 (1948). <sup>8</sup> S. Hayakawa and S. Tomonaga, *ibid.*, 75, 1958 (1949). <sup>9</sup> G. Bernardini, E. Booth, L. Lederman and J. Tinlot, *ibid.*, 80, 924 (1950).