

О НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ЧАСТИЦ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ С ЛЕГКИМИ АТОМНЫМИ ЯДРАМИ

Х. П. БАБАЯН, Н. А. ГРИГОРОВ, Э. А. МАМИДЖАНЫ, В. Я. ШЕСТОПЕРОВ

В данной работе приводятся результаты исследования ядерно-активной компоненты молодых атмосферных ливней на ионизационном калориметре. С вероятностью $\sim 15\%$ при взаимодействиях ядерно-активных частиц с энергией $> 1,4 \cdot 10^{12}$ с ядрами атомов воздуха реализуются события со средним коэффициентом неупругости $k > 0,85$.

Последние 5—6 лет на высотной станции г. Арагац на высоте 3250 м над уровнем моря ведется интенсивное исследование характеристик ядерных взаимодействий частиц с энергией 10^{12} — 10^{14} эв.

В настоящей заметке излагаются некоторые результаты изучения молодых атмосферных ливней (м.а.л.). В предыдущих работах [1—3] м.а.л. изучались на установке, позволявшей достаточно точно измерить энергию электронно-фотонной компоненты ливней. Однако установка не являлась калориметрической и мы могли лишь оценить энергию ядерно-активной компоненты $E_{я.а.}$. Ввиду этого определение такой фундаментальной характеристики как коэффициент неупругости взаимодействия, в котором генерируется молодой ливень, страдало некоторой неопределенностью, хотя и полученные нами данные не противоречили результатам других работ [4—5]. Настоящие измерения проводились на ионизационном калориметре, что позволило корректно измерить энергию обеих компонент молодых ливней и тем самым — коэффициент неупругости.

Описание ионизационного калориметра приведено в работе [6]. Поэтому мы остановимся на нем весьма кратко. Установка состояла из 12 рядов ионизационных камер длиной 330 см и диаметром 10 см каждая, расположенных под фильтрами из свинца, графита и железа (рис. 1). В каждом ряду находились по 32 камеры. Верхние два ряда (XI и XII) ионизационных камер, расположенные под 3 и 4 см свинца, регистрировали электронно-фотонную компоненту м.а.л. Следующие два ряда камер (I и II) в одной серии измерений находились под комбинированным фильтром из графита (60 г/см^2) и свинца (3 см и 5 см). Во втором варианте I и II ряды находились лишь под свинцовыми фильтрами (соответственно, 4 см и 6 см). Ниже находился ионизационный калориметр из 8 слоев железа, толщиной 10 см каждый, и 8 рядов ионизационных камер. Полная толщина железа в установке $\sim 630 \text{ г/см}^2$, что составляет $\sim 4,5$ ядерных пробегов. При помощи этой части установки можно определить суммарную энергию ядерно-активных частиц $E_{я.а.}$, входящих в состав м.а.л. Таким образом, в каждом индивидуальном случае мы могли определить полную энергию молодого ливня $E_0 = E_{э.ф.} + E_{я.а.}$ и долю энергии K_{π^0} , переданной в атмосфере родившимся во взаимодействии π^0 -мезонам:

$$K_{\pi^0} = \frac{E_{э.ф.}}{E_{э.ф.} + E_{я.а.}} \quad (1)$$

Каждая камера была соединена со своим усилителем, позволяющим измерять ионизацию от ~ 30 релятивистских частиц, прошедших через камеру, до 20—30 тысяч частиц. Регистрация амплитуд импульсов в камерах производилась каждый раз, когда в обоих верхних рядах, регистрирующих электронно-фотонную компоненту, ионизация превосходила заданную величину.

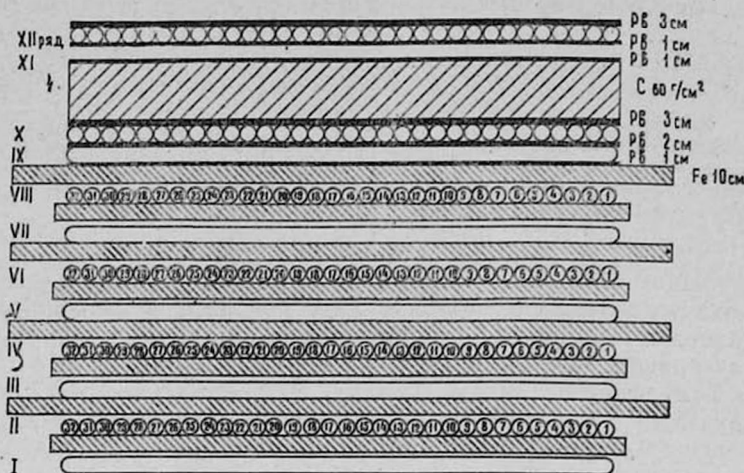


Рис. 1. Схематическое изображение установки.

Из всех зарегистрированных событий мы отобрали только случаи, когда в XI ряду в шести или менее камерах ионизация составляла 60 или более процентов от суммарной ионизации ряда. Так, согласно ранее принятой терминологии (см. нап. [1]), мы определяли молодой ливень. При этом требовалось, чтобы и в XI и в XII рядах ионизация превосходила $1,0 \cdot 10^4$ релятивистских частиц, а ось м.а.л. отстояла от краев установки более, чем на 5 камер.

Как и в работах [1—3], энергия $E_{э.ф.}$ определялась по формуле $E_{э.ф.} = 1,4 \cdot 10^8 I_{11,12}$, где $I_{11,12}$ — максимальный ионизационный толчок в одном из верхних рядов. I и II ряды камер измеряли (при наличии графитового фильтра) энергию π^0 -мезонов, генерированных ядерно-активными частицами м.а.л. в графитовом фильтре.

$E_{я.а.}^I = 1,4 \cdot 10^8 I_{1,2}$. Остальную часть энергии ядерно-активной компоненты ливней измеряли восемь рядов калориметра:

$$E_{я.а.}^{II} = 1,2 \cdot 10^8 \sum_{i=3}^{10} I_i.$$

Таким образом, для каждого ливня:

$$K_{\pi^0} = \frac{1,4 \cdot 10^8 I_{11,12}}{1,4 \cdot 10^8 I_{11,12} + 1,4 \cdot 10^8 I_{1,2} + 1,2 \cdot 10^8 \sum_{i=3}^{10} I_i} \quad (I')$$

при первом варианте,

$$K_{\pi^0} = \frac{1,4 \cdot 10^8 I_{11, 12}}{1,4 \cdot 10 I_{11, 12} + 1,2 \cdot \sum_{i=3}^{10} I_i} \quad (II')$$

при втором варианте.

Нами использовался материал, набранный за ~ 1700 часов работы установки. Всего было зарегистрировано и обработано 222 молодых атмосферных ливня с $E_{э. ф.} \geq 1,7 \cdot 10^{12}$ эв, из коих 114—при работе с I вариантом. Примеры отобранных случаев показаны на рис. 2—4, где приведено распределение ионизации по камерам всех рядов. В случае, показанном на рис. 2, 60% всей ионизации XI ряда сосредоточено в одной камере, на рис. 3—в двух и на рис. 4—в шести камерах.

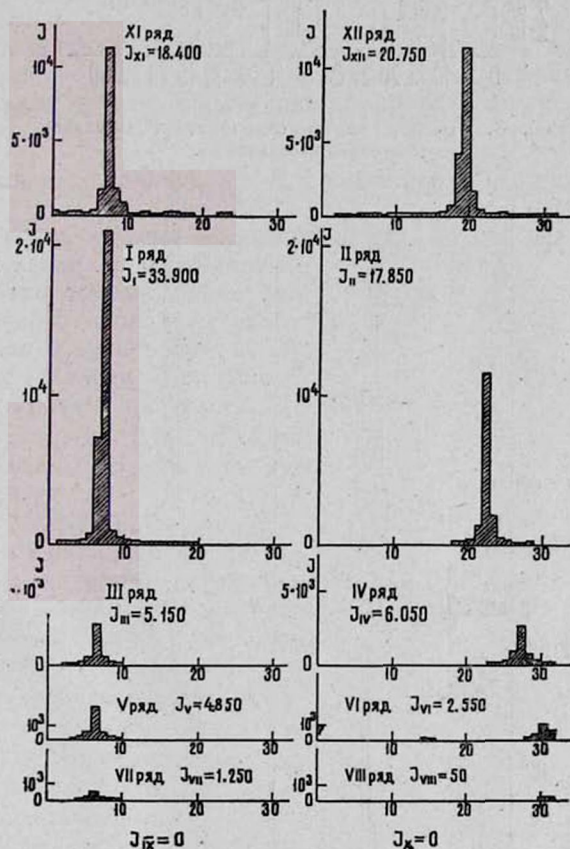


Рис. 2. Пример зарегистрированных молодых атмосферных ливней.

В таблице 1 приведено распределение 222 ливней по величине энергии $E_{э. ф.}$.

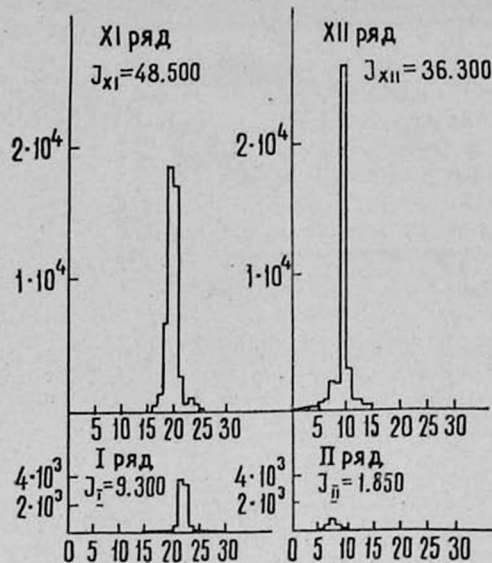


Рис. 3. Пример зарегистрированных молодых атмосферных ливней.

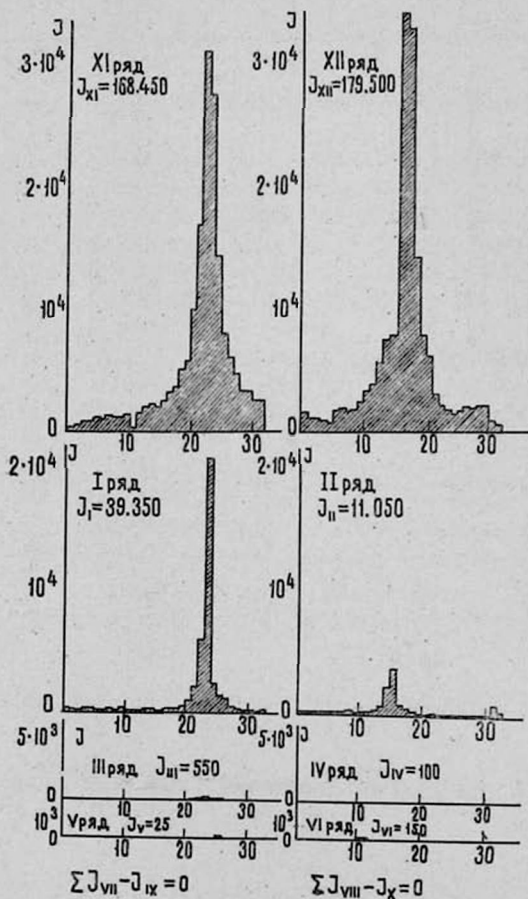


Рис. 4. Пример зарегистрированных молодых атмосферных ливней.

Таблица 1

$E_{\gamma, \text{ ф.}}$	$1,4 \cdot 10^{12}_{\text{эВ}} < E_{\gamma, \text{ ф.}} < 4,2 \cdot 10^{12}_{\text{эВ}}$	$4,2 \cdot 10^{12}_{\text{эВ}} < E_{\gamma, \text{ ф.}} < 8,4 \cdot 10^{12}_{\text{эВ}}$	$8,4 \cdot 10^{12}_{\text{эВ}} < E_{\gamma, \text{ ф.}} < 1,4 \cdot 10^{13}_{\text{эВ}}$	$E_{\gamma, \text{ ф.}} \geq 1,4 \cdot 10^{13}_{\text{эВ}}$
Число отобранных ливней	146	48	15	13

Показатель интегрального энергетического спектра отобранных электронно-фотонных ливней равен $\gamma = 1,65 \pm 0,11$, что в пределах ошибок совпадает с предыдущими измерениями [2].

Для 114 ливней I варианта средняя величина K_{π^0} , определенная как $\bar{K}_{\pi^0} = \frac{\sum_{i=1}^{114} K_{\pi^0}}{114}$, равна $0,81 \pm 0,02$.

При определении энергии ядерно-активных частиц молодых ливней по величине ионизации, зарегистрированной нижними рядами камер, необходимо ввести следующие поправки в экспериментальные данные:

1. Поправка к величине $\sum_{i=1}^{10} I_i$, связанная с возможным выходом я.-а. частиц через боковые поверхности установки. Для оценки этой поправки мы ввели более жесткий критерий отбора, требуя, чтобы оси молодых ливней отстояли от краев XI и XII рядов дальше, чем на 10 камер. Таких случаев (при обоих вариантах установки) оказалось 71. Для них $\bar{K}_{\pi^0} = 0,83 \pm 0,04$. Следовательно, указанный эффект не играет заметной роли.

2. Поправка к величине $I_{1,2}$, связанная с проникновением из атмосферы через фильтры установки электронно-фотонной компоненты м.а.л. С учетом этой поправки $\bar{K}_{\pi^0} = 0,83 \pm 0,03$.

Для 108 ливней варианта установки без графитового фильтра $\bar{K}_{\pi^0} = 0,85 \pm 0,02$. Распределение коэффициентов неупругости для этих ливней приведено на рис. 5.

Полученные для обоих вариантов $\bar{K}_{\pi^0}$ можно сравнить с аналогичной величиной в работе [3], где $\bar{K}_{\pi^0} \geq 0,67 \pm 0,06$.

Представляет особый случай молодые ливни с $E_{\gamma, \text{ ф.}} \geq 1,4 \cdot 10^{13}$ эВ. Для зарегистрированных нами 13 случаев $\bar{K}_{\pi^0} = 0,83 \pm 0,06$, т. е. $\bar{K}_{\pi^0}$ очень слабо зависит от энергии „первичной“ ядерно-активной частицы, генерирующей м.а.л.

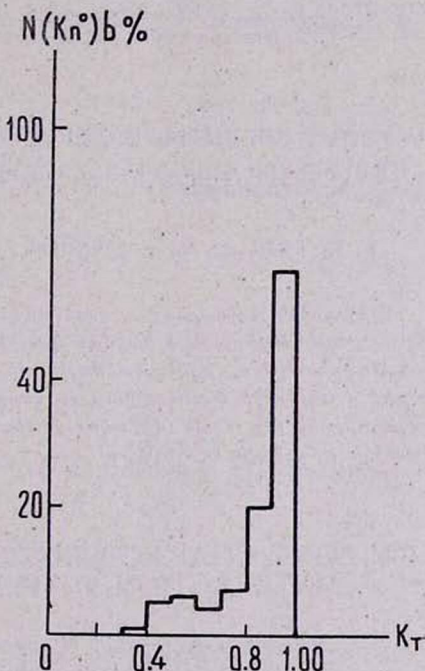


Рис. 5. Распределение величины K_{π^0} для м.а.л., зарегистрированных при работе со вторым вариантом установки.

Таким образом, полученные нами выводы не противоречат, а уточняют результаты предыдущих экспериментов и сводятся в основном к следующему:

Можно считать окончательно установленным существование взаимодействий с почти полной неупругостью и передачей в одном акте π^0 -мезонам 80—85% энергии первичной частицы. Вероятность таких взаимодействий $0,1 \leq W < 0,25$.

Физический институт ГКАЭ
Институт ядерной физики Московского
государственного университета
Ереванский Государственный университет

Поступило 15 VII—65

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Х. П. Бабалян, Н. Г. Бояджян, Н. Л. Григоров, Э. А. Мамиджян, Ч. А. Третьякова, В. Я. Шестоперов. ЖЭТФ, 46, 110, (1964).
2. Х. П. Бабалян, Н. Г. Бояджян, Н. Л. Григоров, Э. А. Мамиджян, Ч. А. Третьякова, В. Я. Шестоперов. ЖЭТФ, 46, 1525, (1964).
3. Kh. P. Babayan, N. L. Grigoren, E. A. Mamidjanyan, Ch. A. Tretyakova, X. Ya. Shestoperov. Proceedings of Jaipur International conference on cosmic Rays, 5, 248, (1963).
4. Kh. P. Babayan, S. I. Briker, N. L. Grigoren, A. I. Savelyeva, V. Ya. Shestoperov. Proceedings of Jaipur International conference on cosmic Rays, 5, 51, (1963).
5. M. Akasi, F. Shimizu, Z. Watanabe, I. Nichimura at set. Research Institute for Fundamental Physics, Kyoto University, Kyoto, Japan, 1962.
6. Х. П. Бабалян, Н. Л. Григоров, В. А. Собиляков, В. Я. Шестоперов. Изв. АН СССР, серия физическая, (в печати).

ԹԵԹԵՎ ԱՏՈՄԱՅԻՆ ՄԻՋՈՒԿՆԵՐԻ ՀԵՏ ԲԱՐՁՐ ԷՆԵՐԳԻԱՅՈՎ ՕԺՏՎԱԾ
ՄԱՍՆԻԿՆԵՐԻ ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՄԻ ՔԱՆԻ ԲՆՈՒԹԱԴԵՐՈՐԻ ՄԱՍԻՆ

Խ. Պ. ԲԱԲԱՅԱՆ, Ն. Լ. ԳՐԻԳՈՐՈՎ, Է. Ա. ՄԱՄԻԺՅԱՆ, Վ. ՅԱ. ՇԵՍՏՈՊԵՐՈՎ

Աշխատանքը կատարված է ծովի մակերևույթից 3250 մ. բարձրության վրա՝ 10 մ² աշխատանքային մակերեսով իոնացման կալորիմետրի վրա: Ցույց է տրված, որ, $0,1 < W < 0,25$ հավանականությամբ, թիվն ատոմային միջուկների հետ $\geq 1,4 \cdot 10^{12}$ է. վ. էներգիայով միջուկաակտիվ մասնիկների փոխազդեցության դեպքում տեղի ունի գրեթե լրիվ ոչ առաձգական փոխազդեցություն, ընդ որում մի ակտում միջուկին փոխանցվում է, միջին հաշվով, սկզբնական մասնիկի էներգիայի 80—85% -ը:

ON SOME CHARACTERISTICS OF HIGH ENERGY PARTICLE INTERACTION WITH NUCLEI OF LIGHT ATOMS

by Kh. P. BABAYAN, N. L. GRIGOROV, E. A. MAMJANIAN,
V. YA. SHESTOPEROV

The results of the investigation of the nuclear-active component of „young“ air showers by means of an ionization calorimeter are set forth in the present work.

Events with an average coefficient of inelasticity $K > 0,85$ are realised with a probability of $\sim 15\%$, while interactions of the nuclear-active particles are at work with an energy $> 1,4 \cdot 10^{12}$ ev with the nuclei of air atoms.