

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ**СВОЙСТВА ЯДЕРНО-AКТИВНЫХ ЧАСТИЦ
АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ**

В 1948 г. советскими исследователями было обнаружено¹ присутствие в широких атмосферных ливнях частиц, обладающих сильным ядерным взаимодействием (так называемых ядерно-активных частиц). Было указано, что эти частицы весьма многочисленны и сосредоточены в значительном количестве вблизи стволов ливней. Ядерно-активные частицы составляли от четверти до половины числа всех проникающих частиц и около 0,5% от числа всех ливневых частиц.

В дальнейшем появление ядерно-активных частиц в ливнях нашло своё объяснение в результате открытия² ядерно-каскадного процесса, играющего существенную роль в образовании и развитии атмосферных ливней³.

роды и пространственного распределения ядерно-активных частиц в ливнях.

Реферируемые ниже работы^{4,5} были посвящены исследованию при-
В работе⁴, относящейся к высоте 3260 м над уровнем моря, детектором ядерно-активных частиц служила группа борных пропорциональных счётчиков, замурованных в блоке из парафина. Этот блок располагался на различных расстояниях от другой установки — так называемого «детектора стволов ливней». В предыдущих работах авторов было показано, что при взаимодействии ядерно-активных частиц со свинцом, размещённым внутри такого блока, генерируются электронно-ядерные ливни, содержащие большое число (около 60) нейтронов с энергией в несколько Мэв. Эти нейтроны замедляются в парафине и регистрируются борными счётчиками (подробно см., например, обзор, помещённый ранее в нашем журнале⁶).

«Детектором стволов ливней» служила система гейгеровских счётчиков, включённых на совпадение и помещённых в полости свинцового блока с толщиной верхнего перекрытия, равной 9 см. Такая система селективна к различным участкам ливней и отбирает преимущественно^{7,5} центральные области ливней, содержащие электроны высокой энергии и достаточно плотные потоки ядерно-активных частиц. Над парафиновым блоком помещались три группы гейгеровских счётчиков различной площади, позволявшие оценить плотность ливней в воздухе в месте падения ядерно-активных частиц.

По оценке авторов при малых расстояниях (~ 10 м) между обоими детекторами ядерно-активные частицы составляли около 1% от числа всех ионизирующих частиц в ливнях, причём доля их очень слабо уменьшается при раздвижении детекторов на большие расстояния (вплоть до 96 м). Таким образом, пространственное распределение ядерно-активных частиц в широких атмосферных ливнях, повидимому, мало отличается от распределения электронов.

К аналогичному выводу приходят авторы второй работы⁵, относящейся к высоте 4260 м.

В этой работе детектор ядерно-активных частиц представлял собой свинцовый блок с размещёнными внутри него несколькими группами быстродействующих гейгеровских счётчиков.

Регистрировались ливни, содержащие, по крайней мере, две проникающие частицы.

Включение счётчиков в годоскопическую систему в большинстве случаев позволяло отделить совпадения, вызванные электронно-ядерными ливнями из свинца, от случаев падения на установку двух проникающих частиц из воздуха. Кроме того, появлялась возможность оценить соотношение между числом заряженных и нейтральных частиц, генерирующих электронно-ядерные ливни.

На расстояниях 7 и 26 м от этого детектора помещались другие годоскопические счётчики, позволявшие оценить плотность ливней на указанных расстояниях от места падения ядерно-активной частицы.

Анализ годоскопических снимков показал, что оси ливней в большинстве случаев проходили вблизи детектора ядерно-активных частиц (на расстоянии $\sim 5-10$ м от него); однако последние появляются часто и на значительном расстоянии от ствола ливня. Это соответствует достаточно широкому пространственному распределению ядерно-активных частиц, мало отличающемуся от распределения электронов. Приблизённо можно считать, что при удалении от оси ливней плотность потока ядерно-активных

частиц падает как $\frac{1}{r}$. Наблюдается также следующая закономерность: при увеличении плотности проникающего ливня в детекторе растёт и плотность возмущённого сопровождения. Это означает, что ядерно-активные частицы большей энергии расположены в областях, близких к осям ливней, или же входят в состав более мощных ливней. Авторы оценивают несколькими способами соотношение между проникающими ядерно-активными (A) и ядерно-пассивными (P) частицами. Более точный способ заключался в оценке случаев появления в свинцовом блоке вторичных частиц при регистрации детектором проникающей частицы, сопровождаемой разрядом в, по крайней мере, двух удалённых годоскопических счётчиков. После внесения поправок на δ -электроны и случайные совпадения было получено отношение $\frac{A}{P} = 0,6$ в согласии с более грубой оценкой, произведённой иным способом, и с приведёнными выше данными советских авторов.

Регистрировавшиеся установкой электронно-ядерные ливни вызывались в основном заряженными частицами. Число ионизирующих ядерно-активных частиц в $1,5 \pm 0,3$ раза превышает число нейтральных частиц. Это соотношение было получено с учётом поправки, внесённой на случай возможного вылета вверх ионизирующих частиц ливней, образованных в свинце нейтральными частицами. В заключение авторы приводят свои соображения о возможности объяснения полученного закона пространственного распределения ядерно-активных частиц в ливнях на базе ядерно-каскадного процесса, приводящего к выбрасыванию из ствола ливней активных частиц относительно малой энергии. При этом ядерно-активные частицы, наблюдаемые на расстоянии ~ 10 м от оси ливня, будут собираться с высоты всего нескольких сот метров от установки.

Л. Эйдуc

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Т. Зацепин и Л. И. Сарычева, ДАН **69**, 635 (1949); С. Азимов, Н. Биргер и А. Горбунов, ДАН **65**, 625 (1949); Г. Я. Артюхов, Г. Т. Зацепин, Л. И. Сарычева, Л. Х. Эйдуc, ДАН **69**, 153 (1949).

2. Н. Г. Биргер, В. И. Векслер, Н. А. Добротин, Г. Т. Зацепин, Л. В. Курносова, А. Л. Любимов, И. Л. Розенталь, Л. Х. Эйбус, ЖЭТФ 19, 826 (1949).
3. Г. Т. Зацепин, ДАН 67, 993 (1949).
4. G. Cocconi a. V. Cocconi-Tongiorgi, Phys. Rev. 79 730 (1950).
5. K. Greisen, W. Walker, S. R. Walker, Phys. Rev. 80, 535 (1950).
6. УФН 41, 211 (1950).
7. G. Cocconi, V. Tongiorgi a. K. Greisen, Phys. Rev. 76, 1020 (1949).

«ЗВЕЗДА», ОБРАЗОВАННАЯ ПРОТОНОМ С ЭНЕРГИЕЙ $3 \cdot 10^{18}$ ЭЛЕКТРОН-ВОЛЬТ

Недавно в литературе описан¹ случай множественного образования мезонов при столкновении двух нуклеонов. Опыт производился на фотопластинках типа Илфорд G-5 с эмульсией толщиной в 200 микрон, которые поднимались на высоту свыше 30 км и экспонировались там 16 час. На одной из них получилась звезда, показанная на рис. 1. След частицы *A* — первичного протона — длиной более 10 000 микрон. Частица *B*, пройдя некоторое расстояние в эмульсии, попала в стекло. Этот след отождествить не удалось; по своему характеру он походит, однако, на след протона с энергией в 10 Мэв. *C* — протон с энергией 200 Мэв.

Пути остальных 15 частиц (все они характеризуются минимальной, релятивистской ионизацией) лежат в узком конусе с осью в направлении движения первичного протона. Пять из них отстоят сравнительно далеко от оси, десять следов проходят настолько тесно, что вблизи

Данные измерений (по рис. 1)

№ слева (справа налево)	Длина следа в эмульсии первой пластинки в микронах	$p\beta$ в $\frac{1000}{c}$ $\frac{\text{Мэв} \cdot \text{сек}^*)}{\text{см}}$	№ слева (справа налево)	Длина следа в эмульсии первой пластинки в микронах	$p\beta$ в $\frac{1000}{c}$ $\frac{\text{Мэв} \cdot \text{сек}^*)}{\text{см}}$
A	11 000	30 000	6	10 000	> 250 86
B	176	0,01	7	9 500	
C	2 700	0,36	Боковые следы		605 1 300 10 600 3 040
Электрон 1	3 450	3,6			
Электрон 2	4 200	3,0			
Центральные следы					
1	6 990	$\begin{matrix} \searrow 50 \\ \searrow 250 \\ \searrow 250 \\ \searrow 250 \\ \searrow 250 \end{matrix}$	5	9 630	3,91 2,6
2	9 400		6	2 310	
3	10 250		7	2 360	
4	11 700		8	2 620	
5	11 700				

*) c — скорость света, $\beta = \frac{v}{c}$; $\beta \cong 1 \cdot E \cong pc$.

*) c — скорость света, $\beta = \frac{v}{c}$; $\beta \cong 1 \cdot E \cong p c$.