

СТРАТОСФЕРНОЕ СУПЕРСЕМЕЙСТВО С  $\Sigma E_{\gamma} \sim 2 \cdot 10^{15}$  эВ

А. В. Апанасенко, Л. А. Гончарова, А. А. Горятых, В. В. Гусева,  
Н. А. Добротин, К. А. Котельников, О. И. Пискунова, Г. Б. Янусов,  
Р. Гавлик, Э. Влодарчик, К. Малюшинская, Д. Крулик

УДК 539.171.017

В рентгеномульсионной камере, экспонированной в стратосфере на высоте  $\sim 15$  г/см<sup>2</sup>, найдено большое семейство  $\gamma$ -квантов и адронов с энергией, выделенной в камере  $\sim 2 \cdot 10^{15}$  ТаВ и общей множественностью 107 частиц. Приведены энергии и координаты в нормальной плоскости. Сделана попытка определения высоты генерации.

Было проведено экспонирование на высотах  $(15 \pm 5)$  г/см<sup>2</sup> рентгеномульсионных камер, состоящих из мишенных слоев и  $\gamma$ -блока для регистрации  $\gamma$ -квантов. В одной из камер было зарегистрировано суперсемейство с числом пятен почернения на рентгеновских пленках  $\gamma$ -блока равным 107 и суммарной энергией  $\Sigma E_{\gamma} \sim 2 \cdot 10^{15}$  эВ. Приблизительно третья часть пятен была образована в результате взаимодействий адронов семейства в мишенных слоях камеры.

В работе приводятся предварительные результаты анализа данного события.

При обработке рентгеновской пленки  $\gamma$ -блока одной из камер было обнаружено воздушное семейство, которое упало на установку таким образом, что приблизительно 70% всех частиц семейства прошло через камеру, а центральная часть семейства оказалась зарегистрированной во всех слоях ядерной эмульсии и рентгеновской пленки. Первичная частица, результатом взаимодействия которой является наблюдаемое семейство, имела зенитный угол 30°; при этом эффективная глубина атмосферы, на которой произошла регистрация данного события, была  $(18 \pm 2)$  г/см<sup>2</sup>.

При обработке рентгеновской пленки  $\gamma$ -блока данной камеры было обнаружено 107 пятен почернений от каскадов, которые были отнесены к данному семейству. Просмотр этих каскадов в ядерных

эмульсиях, находящихся в верхних рядах  $\gamma$ -блока, позволил по виду каскадов разделить последние на структурные, образование в результате ядерных взаимодействий адронов в мишенях и пространственных слоях установки, и неструктурные от электронно-фотонных каскадов от  $\gamma$ -квантов семейства. К структурным при этом относились такие каскады, у которых наряду с центральной лавиной наблюдались дополнительные лавины, отстоящие от центральной на расстоянии больше 10 мкм. Используя данный критерий разделения каскадов, было выделено 31 структурных случаев.

Фотометрирование пятен почернения семейства, введение поправок на проявку рентгеновских пленок, на зенитный угол каскадов и т.д. проводилось по методике, применяемой в эксперименте "Памир" /1,2/. Поскольку  $\gamma$ -блок камеры имел девять слоев рентгеновской пленки, определение энергии каскадов проводилось аппроксимацией расчетными каскадными кривыми результатов измерений почернений на различных глубинах камеры /3/. Суммарная энергия всех наблюдаемых каскадов семейства  $\Sigma E_{\gamma}$  оказалась равной  $2 \cdot 10^{15}$  эВ, причем значительную долю этой энергии, а именно 270 ТаВ, имеет один центральный каскад. Этот каскад - структурный по применяемому в данной работе критерию. Кроме этого, при просмотре ядерной эмульсии мишенной части камеры в одном из слоев Р-2Т-50 было обнаружено внутри кута следов частиц этого каскада расщепление ядра атома эмульсии.

В таблицах № 1 и № 2 приведены координаты каскадов семейства в плоскости, нормальной падению первичной частицы, а также величины энергий соответственно для электронно-фотонных и структурных каскадов.

Таблица № 1

№	X	Y	E	№	X	Y	E
1	- 213,53	97,26	5,45	6	- 66,12	- 38,35	2,50
2	- 178,36	48,70	9,60	7	- 88,05	- 2,03	2,90
3	- 131,56	27,99	10,90	8	- 6,49	93,97	5,35
4	- 121,95	19,39	7,50	9	48,51	91,95	17,00
5	- 130,13	- 31,69	2,85	10	50,02	83,53	2,30

Продолжение таблицы I

И	X	Y	Б	И	X	Y	Б
И1	- 57,72	- 60,06	6,05	37	- 18,42	- 1,90	13,00
И2	- 50,90	- 75,15	3,10	38	- 33,42	- 7,14	32,00
И3	104,34	139,50	2,80	39	- 23,27	- 46,97	5,90
И4	5,30	14,44	15,50	40	- 42,71	- 45,05	5,05
И5	23,70	33,67	10,00	41	- 50,99	- 33,94	1,50
И6	10,29	60,06	9,25	42	- 50,63	- 24,86	3,05
И7	- 0,43	50,66	12,00	43	- 52,11	- 28,62	2,50
И8	- 2,62	44,97	16,50	44	14,27	5,89	9,25
И9	- 43,35	46,30	3,80	45	7,90	0,78	41,00
И20	21,27	- 4,64	1,90	46	7,21	0,25	24,50
И21	20,16	1,66	16,50	47	5,43	- 1,46	18,00
И22	19,89	6,74	12,50	48	5,07	- 1,54	50,00
И23	6,50	14,95	8,20	49	3,99	- 2,61	68,50
И24	- 3,12	9,75	37,50	50	2,31	- 1,03	13,00
И25	- 13,80	4,41	4,85	51	0,74	2,27	19,50
И26	- 21,29	5,96	2,75	52	- 1,38	1,38	4,65
И27	- 18,20	14,77	4,65	53	- 7,02	1,11	63,50
И28	- 23,77	12,66	2,00	54	- 5,53	- 1,01	20,00
И29	- 33,22	14,88	7,50	55	- 6,56	- 1,58	58,00
И30	- 47,90	15,29	8,15	56	- 4,51	- 5,56	22,50
И31	- 59,60	23,92	13,00	57	- 0,11	- 2,27	68,00
И32	- 5,16	- 49,59	7,10	58	0,82	- 2,18	23,00
И33	- 3,13	- 33,47	1,75	59	2,92	- 12,91	3,15
И34	- 2,35	- 20,56	53,00	60	- 13,60	9,09	2,55
И35	- 9,82	- 9,40	25,50	61	- 13,23	5,92	3,55
И36	- 15,89	- 1,40	2,70	62	- 52,12	- 45,08	4,25

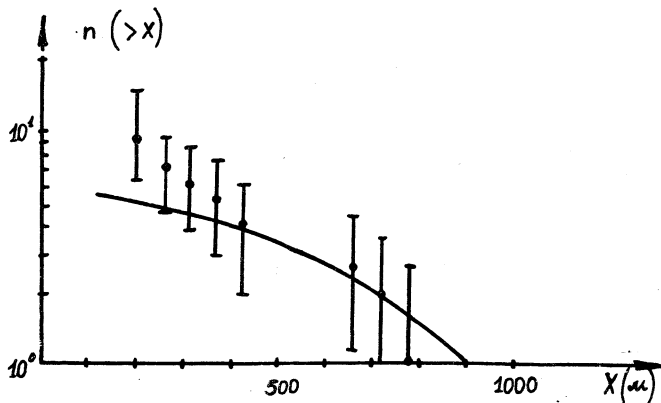
Продолжение таблицы I

N	X	Y	Б	N	X	Y	Б
63	36,50	57,55	1,65	70	- 1,75	- 1,78	2,85
64	13,72	41,45	3,05	71	- 3,55	- 2,86	2,55
65	15,76	32,42	3,50	72	1,71	- 1,98	1,50
66	8,07	59,15	2,65	73	- 7,80	- 5,35	16,50
67	2,98	45,16	8,50	74	- 7,08	- 6,60	2,35
68	- 3,82	23,87	2,20	75	4,57	0,76	5,50
69	- 13,63	13,53	12,00	76	- 96,78	97,55	8,00

Таблица № 2

N	X	Y	R	N	X	Y	Б
I	- 166,69	112,44	25,00	17	- 45,09	- 40,35	2,45
2	- 180,17	15,48	5,25	18	7,19	- 3,87	30,00
3	- 126,84	54,73	2,35	19	1,51	- 1,53	270,00
4	- 112,94	15,70	5,85	20	0,82	- 1,52	65,50
5	- 99,33	- 49,92	5,50	21	0,0	0,0	23,00
6	- 75,84	- 48,57	3,30	22	- 2,40	1,47	30,50
7	- 85,12	- 30,67	3,30	23	- 5,79	1,10	16,00
8	22,47	153,85	5,95	24	- 5,46	- 1,88	41,00
9	54,84	132,47	2,85	25	1,68	- 3,14	7,40
10	6,54	60,15	3,30	26	1,83	- 4,00	15,00
11	8,41	25,93	19,50	27	- 4,53	- 6,22	2,10
12	9,53	13,12	3,20	28	1,37	- 1,30	50,00
13	- 33,40	23,03	28,50	29	1,09	- 1,67	50,00
14	- 3,51	- 36,24	21,00	30	- 2,37	1,42	5,50
15	- 4,87	- 19,71	37,00	31	- 56,24	- 55,30	2,00
16	- 22,21	- 6,84	13,00				

Ошибки измерения координат, приведенных в таблицах, не превышают 0,1 мм, измерения энергий  $\sim 20\%$  /1/. Возможно, что ошибка в измерениях  $E$  каскадов в области сотен ТэВ выше указанной и достигает  $\sim 30\%$ .



Р и с. I. Распределение высот образования пар

Было произведено определение высоты генерации семейства над установкой в стратосфере. Из анализа пространственного распределения неструктурных пятен было выделено 9 близко расположенных пар каскадов. В предположении, что эти каскады образованы электрон-позитронными парами, можно рассчитать высоту образования семейства по формуле /4/

$$H = \frac{9}{7} t_0 \ln \frac{N_0}{N}, \quad (I)$$

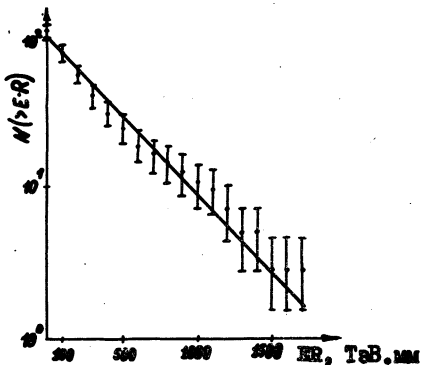
где  $N_0$  - начальное число квантов,  $N$  - число квантов за вычетом конвергировавших,  $t_0$  - каскадная единица в стратосфере, равная 9 км на наших высотах. Из (I) высота  $H$  оказалась равной

$$H = 1,6 \pm 0,5 \text{ км.}$$

Значение  $H$  можно также получить из анализа распределения высот конверсии  $\gamma$ -квантов, которое для выделенных пар показано на рис. I. На этом же рисунке приведена кривая вида

$$n(>x) = N_0 \left( 1 - \exp \left( -\frac{H-x}{(977) \frac{x}{E_0}} \right) \right), \quad (2)$$

где  $x$  - расстояние от установки до точки конверсии; кривая приведена для  $N_0$  и  $H$ , равных 70 и 1,1 соответственно. Полученная таким методом высота оказалась равной  $H = 1,1 \pm 0,2$  км.



Р и с. 2. Распределение произведения  $NR$

Используя полученное значение  $H$ , оказалось возможным определить среднее значение поперечного импульса  $\gamma$ -квантов семейства. На рис. 2 показано распределение произведений  $NR$  ( $R$  - расстояние  $\gamma$ -кванта от центра тяжести семейства) для  $\gamma$ -квантов семейства с введенной поправкой на число  $\gamma$ -квантов, не попавших на установку. Полученное распределение аппроксимируется экспонентой

$$N(>P_t) \sim e^{-P_t/P_0}, \quad (3)$$

где  $P_0 = (0,43 \pm 0,10)$  Гэв/с,  $P_t$  - поперечный импульс.

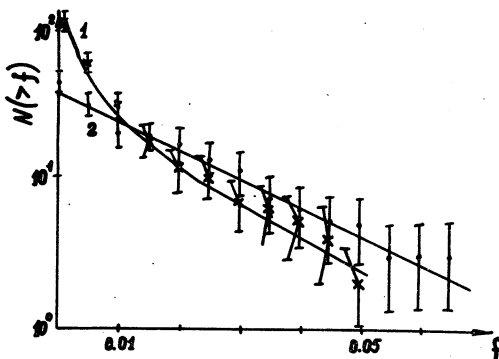
На рис. 3 приведены распределения величин  $f = E_\gamma/\Sigma E_\gamma$  отдельно для неструктурных (1) и структурных событий (2). Как видно из рисунка, распределение  $f$  структурных событий удовлетворительно аппроксимируется функцией

$$N(>f) \sim e^{-f/f_0}, \quad (4)$$

где  $f_0 = 0,024 \pm 0,002$ .

Распределение неструктурных событий в свою очередь описывается кривой вида  $E_1(-f/f_0)$  с величиной  $f_0 = 0,025 \pm 0,002$ .

Анализ распределения по величине  $f$  позволяет определить природу первичной частицы, создавшей данное семейство. В предположении



Р и с. 3. Распределение величин  $f = E_{\chi}/\Sigma E_{\chi}$  для неструктурных событий (1) и для структурных событий (2)

сохранения скейлинга было определено число провзаимодействовавших нуклонов первичной частицы, которое оказалось приблизительно равным 5. В настоящее время продолжается анализ материала в этом направлении.

Поступила в редакцию  
23 июня 1977 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. Д. Т. Барадзей, Е. А. Каневская, В. А. Смородин, Препринт ФИАН № 65, Москва, 1971 г.
2. Проект эксперимента "Памир", Препринт ФИАН № 172, Москва, 1972 г.
3. Т. П. Аминева, А. Я. Варковичкая и др., Препринт ФИАН № 179, Москва, 1973 г.
4. С. З. Беленький, "Лавинные процессы в космических лучах", Гостехиздат, 1948 г.