

Г. Я. АРТЮХОВ, Г. Т. ЗАЦЕПИН, Л. И. САРЫЧЕВА и Л. Х. ЭЙДУС

О ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОННО-ФОТОННОЙ КОМПОНЕНТЫ ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИИ

(Представлено академиком Д. В. Скобелцыным 22 VII 1949)

Летом 1948 г. на высоте 3860 м над уровнем моря с помощью годоскопической установки детально исследовались явления, сопровождающие появление в космическом излучении электронов и фотонов высокой энергии ($\sim 2 \div 3 \cdot 10^9$ эв).

Появление на средних высотах электронов высокой энергии в основном объясняется⁽¹⁾ генерацией их в глубине атмосферы ядерно-активными частицами, в том числе идущими в составе широких воздушных ливней („особые“ ливни в воздухе). Настоящая работа подтверждает это заключение.

Схематический разрез годоскопической установки* приведен на рис. 1. Управляющим импульсом служило одновременное срабатывание 6 счетчиков малой площади, расположенных в виде „звездочки“ под слоем свинца толщиной 2,9 см. Каждая годоскопическая коробка ($\Gamma_1 - \Gamma_9$) содержала 12 счетчиков диаметром в 33 мм и длиной в 300 мм. Счетчики Γ_5 и Γ_6 позволяли судить о поведении проникающей части регистрируемых ливней.

Фотоны, падающие на установку, могли конвертироваться в пластине Π и регистрироваться счетчиками ниже расположенных коробок. Тонкая пластинка Π не могла вызвать существенного размножения конвертируемого в ней фотона. В то же время 20% совпадений, вызванных нейтральными частицами (когда в Γ_1 не было разряда ни в одном счетчике), сопровождалось разрядом в трех и более счетчиках в Γ_2 . Это могло быть вызвано одновременной конверсией в пластине Π нескольких фотонов, что подтверждается и другими данными. Заряженные частицы, образованные конверсией в Π фотона высокой энергии, не могут к тому же разойтись на заметные углы и практически должны попасть лишь в один счетчик. Между тем, при совпадении в „звездочке“, вызванном нейтральной частицей, в среднем срабатывает в Γ_2 1,3 счетчика. В случаях же разрядов в большем числе счетчиков не всегда срабатывают рядом расположенные. Получен также ряд снимков, на которых видны параллельные потоки частиц, образованных одновременной конверсией в пластине Π нескольких фотонов. Все это позволяет сделать заключение о существовании фотонных ливней, содержащих фотоны высокой энергии.

В одной серии опытов с помощью счетчиков Γ_7 и Γ_8 оценивалась плотность потоков частиц воздушного сопровождения. В 10% случаев малому числу счетчиков, сработавших в Γ_7 и Γ_8 ($0 \div 2$ счетчика из 24),

* Схема годоскопа на неоновых лампочках была разработана Л. Кораблевым⁽²⁾.

сопутствовала большая плотность потока над самой „звездочкой“ (6 — 10 счетчиков из 12 в Γ_1).

В ряде случаев заряженные частицы, вызывавшие срабатывание „звездочки“, появлялись в виде узких групп, захватывающих лишь часть годоскопических счетчиков $\Gamma_1 - \Gamma_4$.

Как известно из многочисленных опытов (3), при обычных методах выделения широких ливней не наблюдается какой-либо структурности их, и закон Пуассона для пространственного распределения числа

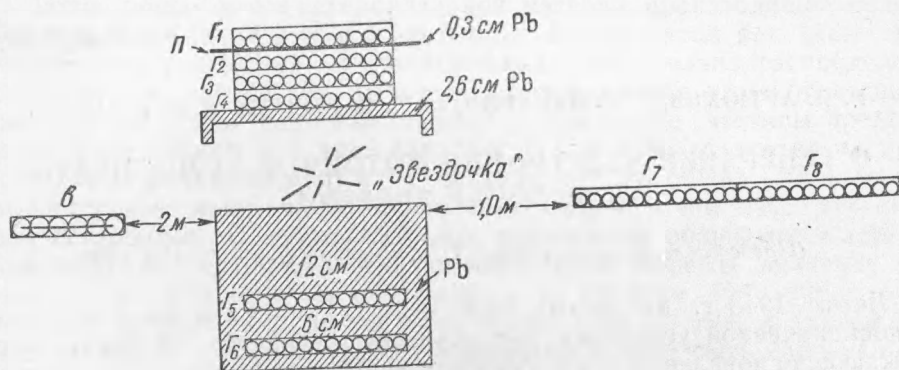


Рис. 1

частиц хорошо выполняется, что согласуется с теоретическими представлениями о каскадном механизме размножения электронно-фотонной компоненты. Узкая же структура ливней, наблюдаемая при выделении электронов и фотонов высокой энергии, может быть объяснена образованием в воздухе „особых“ ливней, содержащих электроны и фотоны высокой энергии.

Таким образом, указанные эксперименты подтверждают факт возникновения электронно-фотонной компоненты в глубине атмосферы. Существование фотонных ливней свидетельствует о генерации в „особых“ ливнях фотонов, конвергируемых в электроны уже при дальнейшем проникновении через атмосферу.

По ранее произведенным оценкам (1) большая часть регистрируемых электронов и фотонов высокой энергии рождается на расстояниях, меньших 4,5 t -единиц над установкой. Случаи регистрации фотонных ливней естественно трактовать как возникновение „особых“ ливней в воздухе не вдалеке от установки.

Следует отметить, что большинство электронов (фотонов) высокой энергии появляется в составе широких ливней относительно небольшой плотности*. Поэтому принадлежность их к широкому ливню может быть обнаружена лишь при достаточно большой площади счетчика δ . При меньших же площадях этого счетчика пучки частиц, содержащие электроны высокой энергии, будут зарегистрированы как узкие ливни.

Анализ годоскопических снимков позволяет также получить данные о прохождении ливневых частиц через большие толщи свинца.

Как видно из табл. 1, значительное число управляющих импульсов сопровождается наличием ионизирующих частиц в Γ_5 и Γ_6 .

В Γ_6 срабатывание счетчиков происходит вдвое реже, чем в Γ_5 . Столь резко различие объясняется, вероятно, тем, что в Γ_6 наряду с проникающими частицами регистрируются часто и каскадные электроны, проходящие сквозь 15 см Pb.

* Половина общего числа управляющих импульсов сопровождалась широкими ливнями с плотностью $\rho < 25$ частиц/м².

Таблица 1

Процент сопровождения управляющего импульса разрядом хотя бы в одном счетчике коробок Γ_5 и Γ_6

	Площадь каждого из счетчиков «звездочки» в см ²	Площадь коробок Γ_5 и Γ_6 в см ²		
		120	1920	2740
Γ_5	{ 48 24	47±9 60±2	65±3 66±4	— 81±2
Γ_6	{ 48 24	21±2 32±2	— —	— —

Действительно, как было указано в предыдущем сообщении (1), электроны, регистрируемые установкой, обладают энергией $\sim 2 \div 3 \cdot 10^9$ эв. При этом в значительном числе случаев ($\sim 30\%$) на установку попадает одновременно ≥ 10 частиц.

Каскадные кривые для свинца (4) показывают, что один электрон с энергией $3 \cdot 10^9$ эв дает на глубине 30 t -единиц (Γ_5) в среднем 0,4 электрона. Поэтому большой процент корреляции с Γ_5 может быть в основном объяснен прохождением электронно-фотонных лавин через свинец, учитывая, что в 60% случаев на установку падает одновременно несколько частиц.

Согласно каскадным кривым для свинца, на глубине 42 t -единиц (Γ_6) среднее число электронов, возникших от одной частицы с энергией $3 \cdot 10^9$ эв, равно 0,02. Даже учитывая возможность одновременного падения на установку нескольких частиц, а также наличие электронов более высоких энергий, нельзя ожидать корреляции с Γ_6 от „хвостов“ электронно-фотонных лавин, превышающей 5–7% от общего числа кадров, или 15–20% от случаев корреляции с Γ_5 .

Таким образом, срабатывание счетчиков в Γ_6 в большинстве случаев вызывается проникающими частицами. При появлении проникающих частиц в Γ_6 чаще всего срабатывают 1–2 счетчика, однако примерно в $1/3$ случаев срабатывает большое число их (4 ÷ 11). Анализ соответствующих снимков позволяет трактовать эти случаи как образование в свинце „особого“ ливня ядерно-активной частицей, идущей в составе широкого атмосферного ливня. Действительно, в нашей установке, эффективно выделяющей электроны и фотоны высокой энергии, все случаи появления в Γ_6 большого количества частиц сопровождались разрядом в счетчике b ; при этом на 70% кадров в воздухе наблюдался плотный ливень.

В табл. 2 приведены результаты обработки части кадров, иллюстрирующие акты ливнеобразования ядерно-активными частицами, идущими в составе малоплотных воздушных ливней. В ячейках табл. 2 указывается число срабатывавших счетчиков в соответствующем ряду.

Таблица 2

№ кадра по пор.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Γ_1	1	3	3	0	1	2	1	0	0	1	3	0	1	3	2	0	1	0	1	0	4	1	1
Γ_2	6	8	9	3	3	5	3	0	1	1	2	1	1	2	2	1	2	0	1	0	2	1	2
Γ_5	10	12	10	7	7	8	2	3	6	6	3	12	12	11	12	8	10	11	6	9	4	9	9
Γ_6	5	6	7	7	4	10	7	8	8	8	5	6	8	5	4	4	4	7	6	4	4	5	6

Заметное превышение числа сработавших счетчиков в Γ_2 по сравнению с Γ_1 на кадрах 1—7 могло быть вызвано одновременным падением на установку ядерно-активной частицы, генерировавшей „особый“ ливень, и фотонов высокой энергии, ответственных за срабатывание „звездочки“. Кадры 7 и 8 могут быть объяснены лишь вторичным ливнеобразованием в нижних слоях свинца.

Обнаруженная тесная связь электронно-фотонной компоненты высокой энергии с проникающими и ядерно-активными частицами, идущими в составе атмосферных ливней, находится в согласии с высказанным ранее утверждением⁽¹⁾ о том, что ядерно-активные частицы, ответственные за генерацию этой компоненты на больших глубинах в атмосфере, являются вторичными частицами.

Авторы выражают благодарность акад. Д. В. Скобельцыну и Н. А. Добротину за обсуждение полученных результатов.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР

Поступило
19 VII 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Г. Я. Артюхов, Г. Т. Зацепин, Л. И. Сарычева и Л. Х. Эйдус, ДАН, 68, № 3 (1949). ² Л. Н. Кораблев, ДАН, 62, 215 (1949). ³ P. Auger et J. Daudin, Journ. de Phys. et le Rad., 6, 233 (1945). ⁴ Г. Т. Зацепин, ДАН, 63, 243 (1948).