

ԵՐԵՎԱՆԻ ԳՐԱԳՐԱԿԱՆԱԿԱՆ ԻՆՏԵՐՆԱԿԱՆ
ԵՐԵՎԱՆՍԿԻ ՓԻՅԻԿԵՍԿԻ ԻՆՏԻՏՄԿՄ

ՏՄԿՅՈՎԿԿ

ԵՓԻ-254(47)-77

Գ.Ա.ԱՏԱՐԿԱՆ, Խ.Ս.ԲԱԲԱԿԱՆ

ԵՆԵՐԵՏԻԿԵՍԿԻ ՏԵՓԿՄ ԿԱՏԿԱԴՆԻ
ԵԼԵԿՏՐՈՆՈՎ Բ ՏՐԱՏՈՏՓԵՐԵ ՆԱ ՏԻՐՈՏԵ 34,5°Ս.Մ



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-254(47)-77

Г.А.АСАТРЯН, Х.П.БАБАЯН

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР КАСКАДНЫХ
ЭЛЕКТРОНОВ В СТРАТОСФЕРЕ НА ШИРОТЕ $34,5^{\circ}$ С.Ш

Ереван 1977

© **Ереванский физический институт, 1977**

При расчете полной интенсивности электронно-фотонной компоненты космического излучения в стратосфере существенную роль играют каскадные процессы, происходящие в атмосфере. Для этого можно использовать энергетические спектры первоначально родившихся фотонов и электронов в стратосфере, высотную зависимость генерирующей компоненты и на основе электромагнитной каскадной теории рассчитать интенсивность электронов данных энергий на различных глубинах атмосферы.

Здесь приводятся расчетные кривые интенсивности каскадных электронов от γ - квантов π^0 - мезонов и электронов μ - распада в зависимости от атмосферного давления на широте $34,5^\circ$ с.ш.

Сперва рассмотрим число каскадных электронов, возникающих за счет γ - квантов π^0 - мезонов.

Если $n_e^\phi(E, E', x - x_0)$ есть число каскадных электронов с энергиями больше E' на глубине x от фотона с энергией E зародившегося на глубине x_0 , то полное число электронов с такими энергиями на глубине x , т.е. $f_e^{\pi^0}(E', x)$ можно выразить следующим образом:

$$f_e^{\pi^0}(E', x) = \int_{E'}^{\infty} dE \int_0^{x_0} \alpha(x_0) \frac{dN_\phi}{dE} n_e^\phi(E, E', x - x_0) dx_0, \quad (1)$$

где $d(X_0)$ высотная зависимость генерирующей компоненты, а $\frac{dN\phi}{dE}$ энергетический спектр первоначально родившихся фотонов на данной широте. Вышеуказанные расчетные кривые приведены в нашей работе [1]. Из этих спектров γ - квантов можно было сделать заключение, что существенный вклад в интенсивность электронов вносят фотоны с энергиями, близкими к критической энергии в воздухе (~ 72 Мэв). Как указано в работе [2], в этой области энергии обычные аналитические формулы каскадных кривых [3] неверны. Поэтому в своих расчетах для этой области энергии мы пользовались графическими каскадными кривыми И.П.Иваненко [4]. Для фотонов с более высокими энергиями каскадные кривые рассчитывались по Беленькому [3]. Расчеты функции $f_e^{\pi^0}(E, x)$ проводились численным интегрированием.

Каскадные кривые были рассчитаны для шести значений E (0; 1,9; 6,2; 12,5; 25 и 63 Мэв) и двадцати значений E , перекрывающих интервал энергий от $4 \cdot 10^8$ до $4 \cdot 10^{11}$ эв.

Результаты численных расчетов функции $f_e^{\pi^0}(E, x)$ для широты $34,5^\circ$ приведены на рис.1.

Следует отметить, что как указано в работе [2] хорошее согласие между экспериментальными и расчетными данными по абсолютной интенсивности электронной компоненты в стратосфере получается при предположении, что отношение энергии, несомой π^0 - мезонами, к энергии, несомой π^\pm - мезонами, $K = 0,4$. Поэтому наши расчетные данные получены для $K=0,4$.

Схема расчетов для каскадных электронов, возникающих за счет распада μ^\pm - мезонов, в основном та же, что и для каскадных электронов от γ - квантов π^0 - мезонов [5].

На рис.2 приведены результаты расчетов интенсивности каскадных электронов от распада μ - мезонов (f_e^μ) в зависимости от атмосферного давления для

той же широты. Здесь для $E > 3 \cdot 10^8$ эв число каскадных электронов рассчитывалось по формулам Беленького, а для случаев с $E < 3 \cdot 10^8$ эв, по каскадным кривым Иваненко [4]

На этих же рисунках приведены расчетные данные каскадных электронов от распада соответствующих мезонов, возникающих за счет протонов с энергией 1,5 - 7,6 Гэв (критическая энергия данной широты).

Сравнение расчетных кривых $f_e^{\pi^0}$ и f_e^{μ} (рис.1 и рис.2) показывает, что число каскадных электронов, образующихся от π^0 - мезонов, практически на всех высотах в атмосфере превосходит число f_e^{μ} . Высотные ходы этих составляющих электронной компоненты разные. При этом максимум интенсивности каскадных электронов с энергией больше 2 Мэв от распада μ - мезонов приходится при давлении ~ 110 г/см², между тем от распада π^0 - мезонов при $X \approx 180$ г/см². Это связано с тем, что с уменьшением давления возрастает вероятность распада μ - мезонов.

В таблице 1 приведены некоторые расчетные данные f_e^{π} и f_e^{μ} в зависимости от атмосферного давления, выраженного в t - единицах. Данные в последних двух столбцах (таблица 1) характеризуют изменения энергетического спектра электронов с энергиями меньше 25 Мэв в зависимости от давления. Как видно, практически не меняется зависимость от давления. Следует отметить, что сравнение с данными широты 51° с.ш. [2] показывает, что энергетические спектры электронов в области малых энергий (< 25 Мэв) практически одинаковы для этих двух широт.

Спектр каскадных фотонов 0-10 Мэв. По-видимому, нужно полагать, что основным источником фотонов малых энергий (десятки кэв и больше) в космических лучах в стратосфере, является тормозное излучение электронов. Проверку указанного предположения, представляющего интерес, можно сделать путем сопоставления расчетных данных каскадных фотонов с данными эксперимента.

В результате процессов электромагнитного каскадного размножения, энергетически спектр электронов или фотонов на не очень больших высотах в стратосфере является усредненным спектром большого числа наложенных друг на друга каскадов различных поколений. Поэтому вид энергетического спектра фотонов в стратосфере будет близким к равновесному (спектр, проинтегрированный по глубине), получаемому в теории каскадных ливней [3]. Кроме того, энергетический спектр фотонов, энергия которых во много раз меньше энергии электронов или фотонов, порождающих лавины, не будет зависеть от начальной энергии фотонов, электронов и атмосферного давления, на котором производится измерение спектра.

Решение интегрального уравнения Беленького для равновесного спектра дано в работе [5]. В этой же работе приведен расчетный дифференциальный спектр каскадных фотонов, который и можно принять для нашей широты.

Таблица I
 Расчетные значения $f_e^{\text{ш}^\circ}$ и $f_e^{\text{ш}^M}$ (см⁻², мин⁻¹ стерад.⁻¹) в
 зависимости от атмосферного давления и энергии электронов
 для широты 34,5° N

| Энергия элек- тронов E , Мэв | $E > 10$ | | $E > 6$ | | $E > 26$ | | $\frac{f_e^{\text{ш}^\circ}(>0) - f_e^{\text{ш}^\circ}(>26)}{f_e^{\text{ш}^\circ}(>0)}$ | $\frac{f_e^{\text{ш}^M}(>0) - f_e^{\text{ш}^M}(>26)}{f_e^{\text{ш}^M}(>0)}$ |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|---|---|
| | $f_e^{\text{ш}^\circ}$ | | $f_e^{\text{ш}^M}$ | | $f_e^{\text{ш}^\circ}$ | | | |
| | $f_e^{\text{ш}^\circ}$ | $f_e^{\text{ш}^M}$ | $f_e^{\text{ш}^\circ}$ | $f_e^{\text{ш}^M}$ | $f_e^{\text{ш}^\circ}$ | $f_e^{\text{ш}^M}$ | | |
| 1,4 | 3,84 | 3,43 | 2,94 | 2,66 | 2,15 | 1,96 | 0,53 | 0,52 |
| 3,0 | 8,61 | 4,54 | 6,18 | 3,26 | 4,15 | 2,16 | 0,54 | 0,52 |
| 4,6 | 10,48 | 4,14 | 7,48 | 2,97 | 4,75 | 1,86 | 0,52 | 0,51 |
| 6,2 | 10,18 | 3,50 | 7,08 | 2,44 | 4,41 | 1,50 | 0,54 | 0,53 |
| 7,8 | 9,05 | 2,73 | 5,94 | 1,88 | 3,59 | 1,15 | 0,55 | 0,54 |
| 9,8 | 6,59 | 1,95 | 4,39 | 1,33 | 2,61 | 0,83 | 0,55 | 0,55 |
| 12,2 | 4,34 | 1,29 | 2,87 | 0,89 | 1,68 | 0,53 | 0,55 | 0,53 |
| 14,6 | 2,65 | 0,90 | 1,68 | 0,59 | 1,01 | 0,36 | 0,59 | 0,57 |

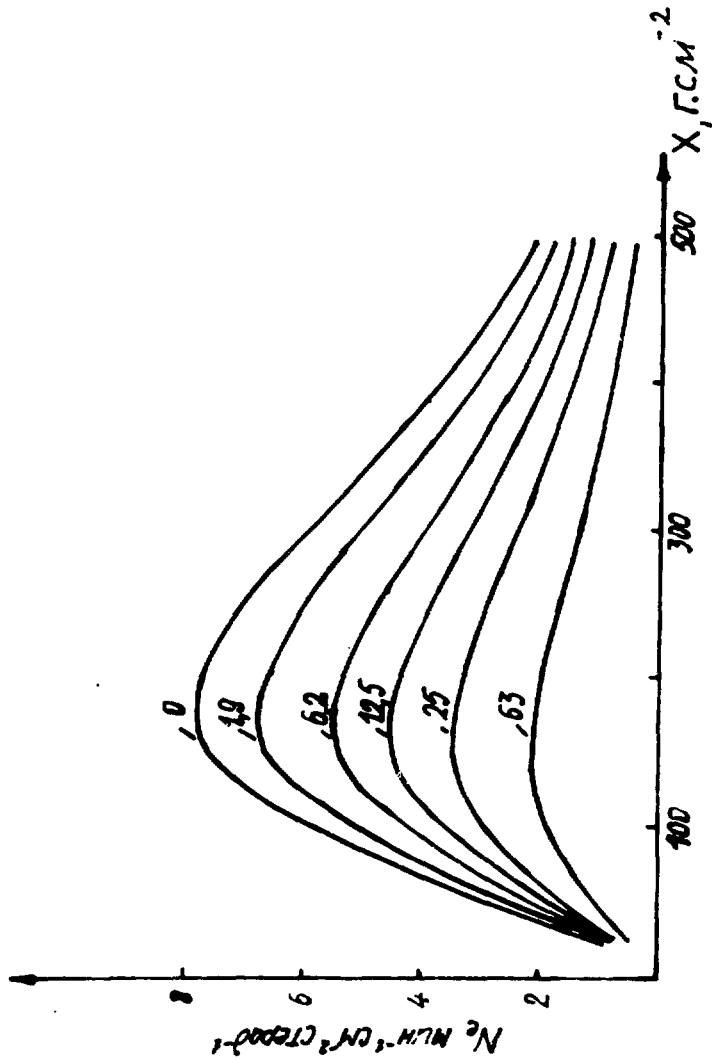
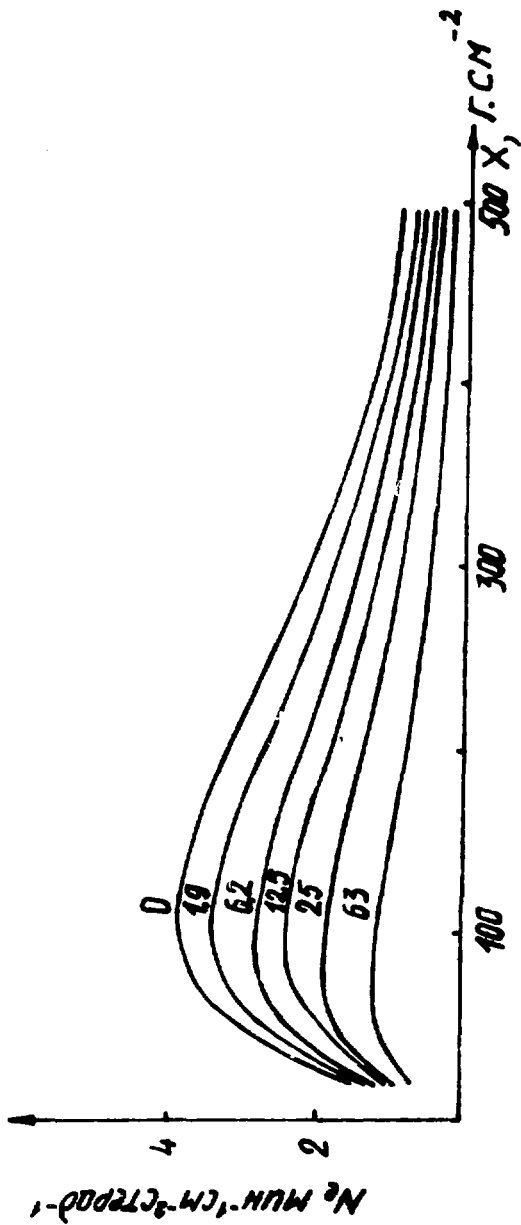


Рис.1



ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Расчетное число каскадных электронов образующихся с энергией выше данной за счет распада π^0 -мезонов в зависимости от атмосферного давления.

Рис.2 Расчетное число каскадных электронов образующихся с энергией выше данной за счет распада μ^+ мезонов в зависимости от атмосферного давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.А.Асатрян, Х.П.Бабаян. ЕФИ-270(63)-77
2. Т.Н.Чарахчян. Докторская диссертация, М.,ФИАН 1970.
3. С.З.Беленький. Лавинные процессы в космических лучах. М.,Госизд.,1948.
4. И.П.Иваненко. ЖЭТФ, 33,135, 1957.
5. А.Н.Чарахчян, Т.Н.Чарахчян.Труды ФИАН, 64,1973.

Рукопись поступила 4-го августа 1977г.



Редактор Л.П.Мукаян

Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 1181

ВФ-03407

Тираж 299

Подписано к печати 15/ХП-77 г. Формат издания 30x40

0,8 уч.изд.л. Ц. 6 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван-36, пер. Мар-
каряна 2

индекс 3624