

О ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПОТОКА ЭЛЕКТРОНОВ
В ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЯХ

Л. Г. Деденко, С. И. Никольский, И. Н. Стаменов

УДК 537.591.15

Анализ данных Тянь-Шаньской комплексной установки, проделанный в рамках обычных модельных расчетов ШАЛ, показывает, что пространственное распределение электронов от первичного γ -кванта, возможно, более крутое, чем это обычно принято считать согласно теории Нишимуры-Каматы.

Пространственное расхождение электронов в ливнях является в основном следствием кулоновского рассеяния электронов в воздухе /1/, а пространственное расхождение адронов и магнитное поле Земли играют при этом второстепенную роль /2/. Экспериментальное изучение функции пространственного распределения электронов $\rho_e(r)$ направлено с одной стороны на более корректную оценку величины ливня N_e , а с другой - дает возможность прямой проверки теории электронно-фотонных ливней и в случае ее достоверности становится индикатором вероятных экзотических процессов в элементарных актах взаимодействия.

Характеристики детекторов электронов, геометрия их расположения, критерий отбора ливней и особенности алгоритмов статистической обработки экспериментального материала могут существенным образом исказить наблюдаемое пространственное распределение электронно-фотонной компоненты ШАЛ. С другой стороны, решение пространственной проблемы в теории электронно-фотонных ливней дается обычно в приближении малых углов /3/, в модельных расчетах ШАЛ вкладом пространственного расхождения адронов и влиянием магнитного поля Земли на функцию $\rho_e(r)$ обычно пренебрегают, вследствие чего каскадная теория и расчеты ШАЛ заведомо дают предельно узкое пространственное распределение потока электронов. Таким образом, искажения пространственного распределения потока электронов ШАЛ возможны как со стороны эксперимента, так и за счет

некоторых особенностей в модельных расчетах.

Эти замечания учтены в работе /4/, где методом полной симуляции более чем 10^5 ливней исследовано влияние управляющей системы, геометрии расположения детекторов Тянь-Шаньской установки и применяемого алгоритма обработки данных на характеристики электронно-фотонной компоненты в ШАЛ с числом частиц в интервале $10^5 < N_e < 10^7$. При этом установлено, что управляющая система отбирает с практически стопроцентной эффективностью ливни с осями в круге радиусом $R \leq 10$ м, средним возрастным параметром $0,6 \leq \bar{\alpha} \leq 1,3$ и величиной $N_e \geq 1,8 \cdot 10^5$. Далее там же показано, что регистрируемое пространственное распределение потока электронов не искажается алгоритмом обработки данных и управляющей системой в ливнях величиной $N_e \geq 1,8 \cdot 10^5$, так как максимальная деформация $\Delta r_e / r_e$ в интервале расстояний $10 < r < 100$ м не более 10%.

В другой работе /5/, выполненной на Тянь-Шаньской установке на базе обработки $\sim 10^5$ ливней с $N_e \geq 10^5$ и с осями в круге радиуса $R \leq 10$ м и при зенитных углах $\theta \leq 30^\circ$, получено, что пространственное распределение потока электронов в ШАЛ описывается наилучшим образом функцией НКГ /3/ с "поперечным" возрастным параметром $\bar{\alpha} = 0,87 \pm 0,01$ в области $10 < r < 200$ м и $10^5 < N_e < 5 \cdot 10^6$. Исходя из этих данных следовало бы предполагать, что ливни в указанном диапазоне величин не должны достигать максимума своего продольного развития на высоте Тянь-Шаньской установки. Однако анализ зенитного углового распределения этих же ливней приводит к аппроксимации вида $w(\theta) d\theta \sim \cos^6 \theta d\theta$, а их "высотный ход" — к соотношению

$$\left[F(> N_e, \theta < 30^\circ) / F(> N_e, \theta > 30^\circ) \right] \approx 2,0. \quad (1)$$

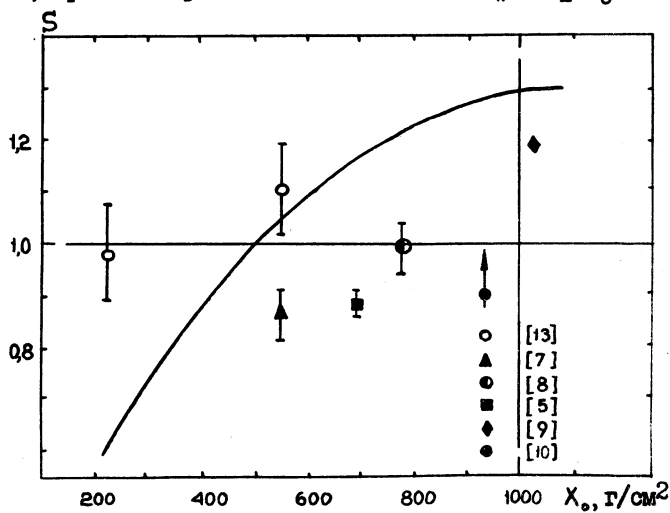
Следовательно, анализируемые ливни бесспорно находятся за максимумом своего продольного развития, т.е. их $S_{||}$ должно удовлетворять неравенству $S_{||} > 1$.

Таким образом, Тянь-Шаньский эксперимент показывает, что имеет место равенство:

$$S_{||} = S_{\perp} + \Delta S; \quad \text{где} \quad \Delta S \geq 0,15. \quad (2)$$

Проведенные расчеты, в которых использовалась функция НКГ /6/ для описания пространственного распределения потока электро-

нов от первичного γ -кванта, показывают, что, по-видимому, для любой модели с ограниченной множественностью и любого уровня наблюдения $X_0 > 200 \text{ Г/см}^2$ выполняется равенство $S_{||} = S_{\perp}$. С другой стороны, сравнение расчетной зависимости $S_{||} = S_{\perp}(X_0)$ с экспери-



Р и с.1. Зависимость величины S_{\perp} от уровня наблюдения X_0 . Сплошная кривая - расчет по модели СКР; точки - эксперименты /5,7 + 10, 13/

ментальными данными Чакалтая /7/, Норикюра /8/ и МГУ /9/ и ИЯЭ /10/ (рис.1) подтверждает соотношение (2), полученное из анализа данных /5/ Тянь-Шаня:

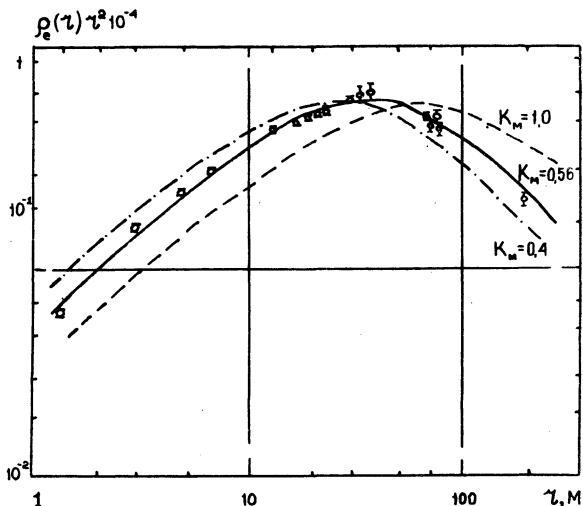
$$S_{||} = S_{\perp} + \Delta S; \Delta S \geq 0,15 + 0,20. \quad (3)$$

Таким образом, необходимо констатировать, что эксперименты /5,7 + 10/ указывают на значительно более "крутую" функцию пространственного распределения электронов, чем модельный расчет, хотя последний должен был бы давать оценку предельной крутизны.

Если результаты всех экспериментов верны, то можно предположить, что пространственное распределение электронов от первичного γ -кванта уже, чем описываемое функцией НКГ.

В качестве предварительной оценки проведены расчеты пространственного распределения электронов с использованием модифицированной формулы НКГ, в которой введен безразмерный параметр K_M :

$$\rho_e(r) = C(s) \left[\frac{r}{K_M r_M} \right]^{S-2} \left[\frac{r}{K_M r_M} + 1 \right]^{S-4,5}$$



Р и с.2. Сравнение данных Тянь-Шаня и результатов расчета по модели СКР с модифицированной функцией НКГ. Экспериментальные данные о ливнях с числом электронов $(6-10) \cdot 10^5$ нормированы к 10^5

Здесь $C(S)$ - нормирующий коэффициент, r_M - мольеровский радиус для глубины наблюдения 695 г/см^2 .

Сравнение результатов расчета пространственного распределения электронов с данными Тянь-Шаньского эксперимента (рис.2) приводит к величине $K_M = 0,56$, если в соответствии с моделью СКР принять, что $S_{||} = S_{\perp} = 1,14$, т.е. ливни в действительности находятся за максимумом своего продольного развития, и их S_{\perp} и $S_{||}$ совпадают, как это и должно быть по смыслу понятия "возраст ливня".

Исходя из этого, кажется необходимым провести дополнительные теоретические расчеты по проверке функции НКГ, тем более,

что некоторые работы /II,12/ уже давали указания на более узкое пространственное распределение электронов. В случае достоверности функции НКГ и экспериментальных данных /5,7 + 10/, для объяснения отмеченных противоречий необходимо предполагать новые процессы в образовании широких атмосферных ливней, которые приводят к неприменимости функций НКГ для расчета пространственного распределения электронов в центральной области ливней.

В заключение авторы считают своей приятной обязанностью поблагодарить проф. Г. Т. Зацепина и проф. А. Е. Чудакова за обсуждение затронутых вопросов.

Поступила в редакцию
26 сентября 1975 г.

Л и т е р а т у р а

1. G. B. Christiansen. Nuovo Cimento, Suppl., v. 8, Suppl., 2, 598, (1958).
2. С. И. Никольский, И. Е. Сацевич. ЖЭТФ, 31, 714 (1956).
3. I. Nishimura, Handbuch d. Phys., Bd. XLVI, 2, Berlin, (1967).
4. Н. М. Никольская, И. Н. Стаменов. Препринт ФИАН, № 125, 1975 г.
5. V. S. Aseikin, V. P. Bobova, A. G. Dubovij et al. RICCR, Munich, v. 8, 2807, 1975.
6. K. Greisen. Ann. Rev. of Nucl. Sc., 10, 63 (1960).
7. I. Escobar, V. Domingo, K. Murakami et al. PICCR, Jaipur, v. 4, 168.
8. S. Mijake, K. Hinotani, N. Ito et al. Canadian Journ. Phys., 46, 16 (1968).
9. С. Н. Вернов, Г. Б. Христиансен, Г. Б. Абросимов и др. Известия АН СССР, сер. физ., 32, № 3, 458 (1968).
10. E. N. Alexeyev, P. Ya. Glezova, A. S. Lidvansky et al. PICCR, Munich, v. 8, 2996, 1975.
11. A. Adachi et al. Suppl. Progr. Theor. Phys., 32, 154 (1964).
12. H. R. Allan, C. I. Cranel, I. H. Hough et al. PICCR, Munich, v. 8, 3071, 1975.
13. R. A. Antonov et al. PICCR, Hobart, 6, 2194 (1971).