

УДК 523.16

ИССЛЕДОВАНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ ПРИ ПЕРВИЧНЫХ ЭНЕРГИЯХ 0.03-100 ПэВ

Л.С. АРОЯН¹, В.С. ТЕР-АНТОНЯН²¹Ереванский физический институт²Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 20 ноября 1999 г.)

Изучены флуктуации ШАЛ при различных первичных ядрах, уровнях наблюдения и зенитных углах ШАЛ. Исследования проведены программой моделирования ШАЛ CORSIKA с использованием SIBYLL и QGSJET моделей взаимодействия в интервале первичных энергий 0.03-100 ПэВ.

В общем случае дифференциальный спектр Широких Атмосферных Ливней (dI/dN_e) с числом частиц N_e на уровне наблюдения t , образованный при взаимодействии ядер (A) первичного космического излучения с энергетическими спектрами $d\Omega_A/dE_0$, определяется из интегрального выражения

$$\frac{dI(\vartheta, t)}{dN_e} = \sum_A \int_{E_{\min}}^{\infty} \frac{d\Omega_A}{dE_0} \frac{d\Omega(E_0, A, \vartheta, t)}{dN_e} dE_0,$$

где $d\Omega/dN_e$ – дифференциальный спектр ШАЛ для фиксированных E_0 , A , t , зенитного угла первичного ядра ϑ и представляющий собой плотность распределения (флуктуации) числа частиц в ШАЛ (N_e) в зависимости от модели $A-A_{Air}$ взаимодействия.

Целью данной работы является расчет функции $d\Omega/dN_e$ в интервале энергий первичных ядер $E_A = 0.03-100$ ПэВ, где $A = \text{H}(1), \text{He}(4), \text{C}(12), \text{O}(16), \text{Si}(28), \text{Fe}(56)$, зенитных углов $\vartheta = 0^\circ, 26^\circ, 37^\circ$ и уровней наблюдения ШАЛ $t = 0.5, 0.6, 1.0$ кг/см². Многопараметричность задачи предопределила методы расчета – метод Монте-Карло с использованием программы CORSIKA [1] и двух современных моделей $A-A_{Air}$ взаимодействия: QGSJET, основанной на модели кварк-глюонных струн, и SIBYLL – на предсказаниях КХД [1].

На рис.1 приведены результаты расчетов для среднего значения числа частиц в ШАЛ $\langle N_e \rangle / E_A$ в зависимости от энергий первичного

ядра E_A . Символы соответствуют расчетам согласно SIBYLL, а линии – QGSJET моделям. На рис.2 показаны примеры поведения флуктуации $d\Omega(A=1, \cos(\vartheta)=1, E_A, t, x)/dx$, в относительных единицах $x = N_e / \langle N_e \rangle$ при двух энергиях первичного протона $E_p = 0.1, 10$ ПэВ. Там же приведены величины среднего значения числа частиц в ШАЛ $\langle N_e \rangle$ для соответствующих энергий E_A , глубин в атмосфере t , и зенитных углов стволов ШАЛ ϑ . Линии на рис.2. соответствуют логарифмически гауссовым распределениям со средними значениями, равными 1, и среднеквадратичными отклонениями $\sigma(x, E_A, A, t, \vartheta)$.

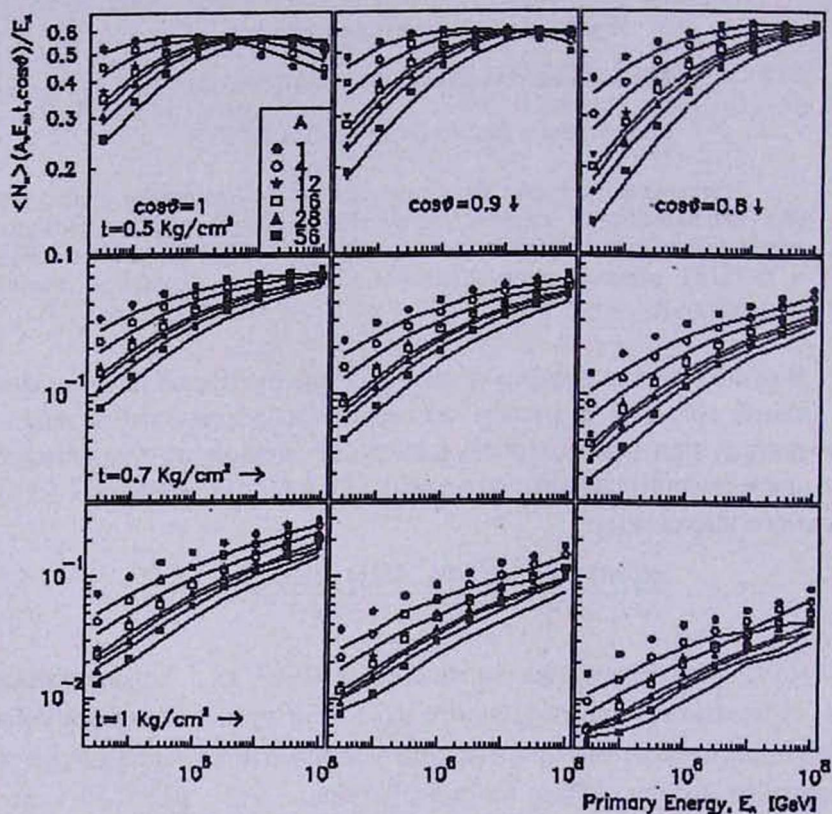


Рис.1. Зависимость среднего числа частиц в ШАЛ ($\langle N_e \rangle / E_e$) от энергии первичного ядра E_A .

Основные выводы из результатов работы можно сформулировать следующим образом:

1. Зависимость среднего числа частиц в ШАЛ не подчиняется традиционно принятому приближению $\langle N_e \rangle \approx \alpha(A) E_A^{\beta(A)}$ и в логарифмическом масштабе имеет строго нелинейную форму в интервале первичных энергий 0.03-100 ПэВ для всех глубин наблюдения ШАЛ.

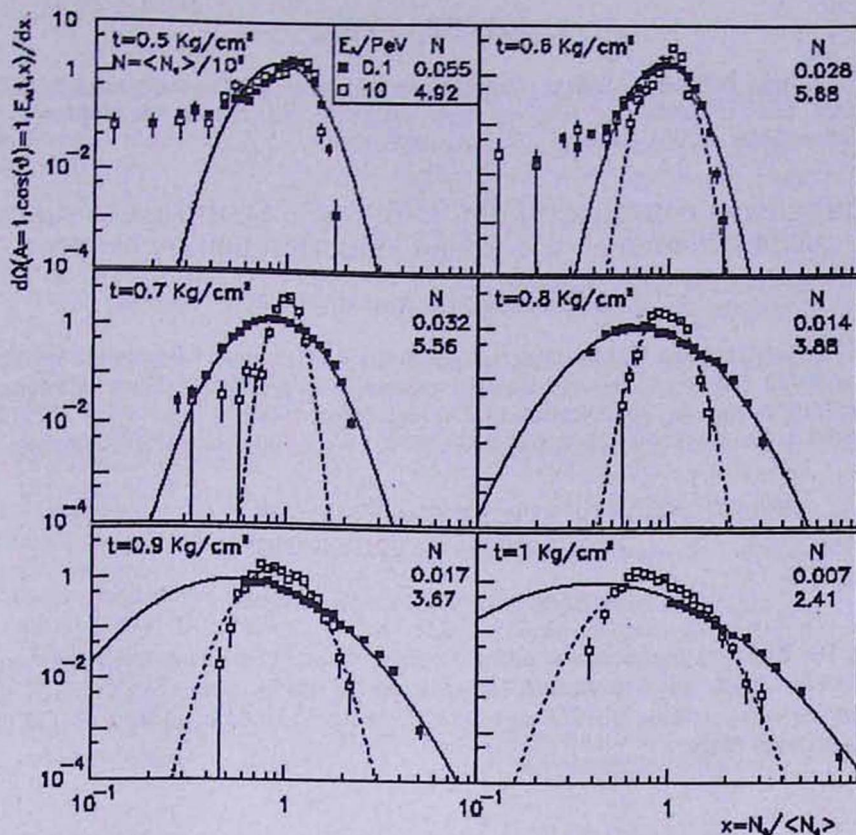


Рис.2. Флуктуации ШАЛ, образованных первичными протонами с энергиями $E_p = 0.1, 10$ ПэВ при различных зенитных углах, глубинах наблюдения ШАЛ (символы) и соответствующие аппроксимации (линии) согласно логарифмически гауссовым распределениям.

2. Флуктуации числа частиц в ШАЛ согласуются с логарифмически гауссовыми распределениями для глубин наблюдения ШАЛ более, чем 700 г/см^2 . Укрупнение левой части спектров для больших глубин наблюдается при всех значениях параметров спектров и связано с выбранным нами порогом регистрации ШАЛ на заданной глубине, равным $N_p(\text{min}) > 10^4$ частиц. Нарушения гауссовости спектров при малых глубинах атмосферы $t < 700 \text{ г/см}^2$ в основном присущи только ШАЛ от первичных протонов и имеют очевидную физическую природу, связанную с молодыми ШАЛ, образованными от флуктуаций первой точки взаимодействия первичного ядра в глубине атмосферы.

В заключение авторы благодарят С.В.Тер-Антоняна за постановку задачи и помощь в работе и членов коллаборации KASCADE за предоставление программы CORSIKA.

ЛИТЕРАТУРА

1. J.Knapp, D.Heck, G.Schatz. Comparison of hadronic interaction models used in Air Shower simulation and of their influence on shower development and observables. FZKA Report 5828, Karlsruhe, 1996.

ԼԱՅՆԱՏԱՐԱԾ ՄԹՆՈԼՈՐՏԱՅԻՆ ՀԵՂԵՂՆԵՐԻ ՖԼՈՒԿՏՈՒԱՅԻՆՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ 0.03-100 ՊԷՎ ԷՆԵՐԳԻԱՆԵՐԻ ՏԻՐՈՒՅԹՈՒՄ

Լ.Ս. ՀԱՐՈՅԱՆ, Վ.Ս. ՏԵՐ-ԱՆՏՈՆՅԱՆ

Ուսումնասիրված են ԼՄՀ-ների ֆլուկտուացիաները՝ տարբեր առաջնային միջուկների, դիտման մակարդակների եւ ԼՄՀ-ների զեմիթային անկյունների համար: Հետազոտությունները կատարվել են CORSIKA ԼՄՀ մոդելավորող ծրագրով, կիրառելով SIBYLL և QGSJET փոխազդեցության մոդելները 0.03-100 ՊԷՎ առաջնային էներգիայի տիրույթում:

INVESTIGATION OF EXTENSIVE AIR SHOWER FLUCTUATIONS IN 0.03-100 PeV ENERGY RANGE

L.S. HAROYAN, V.S. TER-ANTONYAN

The EAS size fluctuations at different primary nuclei, observation levels, and zenith angles of incidence have been studied. The investigations were performed by CORSIKA EAS simulation code, applying SIBYLL and QGSJET interaction models, in the 0.03-100 PeV primary energy range.