

Увеличение пробега поглощения наклонных ШАЛ

Е. С. Никифорова¹⁾

Институт космофизических исследований и аэронауки Сибирского отделения РАН, 677891 Якутск, Россия

Поступила в редакцию 17 ноября 2003 г.

Получена зависимость числа широких атмосферных ливней с энергией, большей 10^{18} эВ, от зенитного угла θ в группах с постоянным шагом по телесному углу. Сначала при увеличении зенитного угла число ливней убывает, а затем, после достижения $\sim 50^\circ$, начинается значительный рост. Граница изменения зависимости по θ растет с энергией, смещаясь в направлении, соответствующем смещению глубины максимума каскадной кривой.

PACS: 96.40.Pq, 96.85.Ry

Анализировались ливни с осями, расположенными в пределах периметра установки. Ливни с энергией, большей 10^{18} эВ, были разбиты на группы с постоянным шагом по $\cos \theta$, так как при таком разбиении эти группы соответствуют постоянному телесному углу

$$\Omega = \int_{\theta_1}^{\theta_2} d\theta \int_0^{2\pi} d\phi \sin \theta = 2\pi \int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \theta d\theta = 2\pi(\cos(\theta_1) - \cos(\theta_2)).$$

Шаг для $\cos \theta$ брался равным 0.02. Пробег поглощения заряженных частиц на 600 м от оси ρ_{600} и энергия вычислялись по принятым на Якутской установке ШАЛ формулам [1, 2].

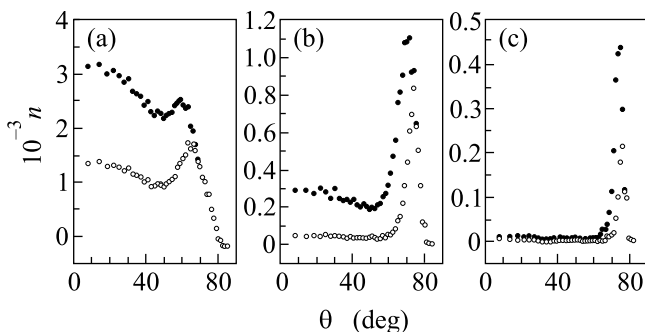


Рис.1. Зависимость n – числа ливней в группах – от зенитного угла θ для разных энергий. (а) \bullet – $\log(E_0) > 17.8$, \circ – $\log(E_0) > 18.0$; (б) \bullet – $\log(E_0) > 18.4$, \circ – $\log(E_0) > 18.8$ (с) \bullet – $\log(E_0) > 19.2$, \circ – $\log(E_0) > 19.6$

На рис.1а приведена зависимость числа ливней в группах от зенитного угла θ . В разные годы на

установке менялся порог обрабатываемых ливней по зенитному углу θ , из-за этого несколько занижено число ливней с $\theta > 73^\circ$. Влияние порога срабатывания детекторов заряженных частиц может привести к уменьшению числа ливней с ростом зенитного угла. Действительно, на рис.1а видно, что при изменении θ от 0 до $\sim 50^\circ$ число ливней незначительно убывает. В интервале по θ от $\sim 50^\circ$ до $\sim 60^\circ$ наблюдается значительный рост числа ливней. Избыток наклонных ливней вызван их слабым поглощением, большим пробегом поглощения. С ростом зенитного угла происходит переход от преобладания электронно-фотонной компоненты ливня с короткой длиной поглощения к преимущественно мюонной компоненте со слабым поглощением.

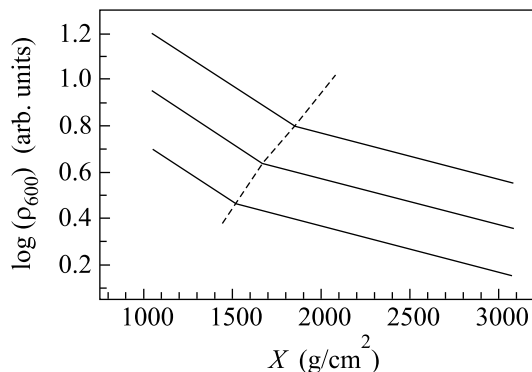


Рис.2. Схематическая зависимость плотности заряженных частиц на расстоянии 600 м от оси ρ_{600} от глубины в атмосфере для разных энергий

Кроме того, на рис.1 приведена зависимость числа ливней от зенитного угла θ для других значений энергии. Для зависимостей, приведенных на рис.1а, граница излома одинакова и при вычитании одной из другой для интервала энергий $17.8 < \lg E_0 < 18.0$ заметного излома не будет. Видно, что при энергиях,

¹⁾e-mail: nikiforova@ikfia.ysn.ru

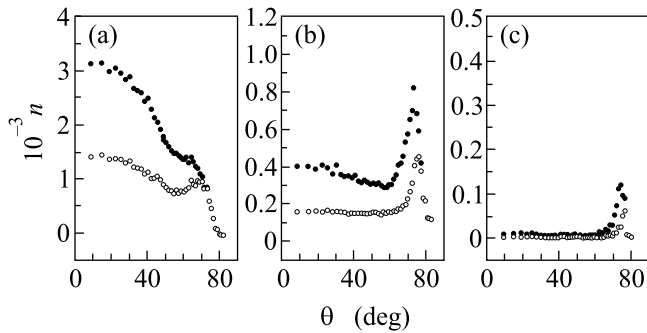


Рис.3. Зависимость n – пересчитанного числа ливней в группах – от зенитного угла θ для разных энергий, соответствующих приведенным на рис.1

больших 10^{18} эВ, граница изменения зависимости по θ не является постоянной, растет в зависимости от энергии.

Для пояснения полученного результата на рис.2 схематично показана зависимость плотности заряженных частиц ρ_{600} от глубины в атмосфере для разных энергий. Верхняя кривая соответствует большей энергии. Пробег поглощения для наглядности сильно меняется на границе двух областей. С ростом энергии граница изменения пробега поглощения смещается в сторону увеличения глубины в атмосфере в соответствии с рис.1. Смещение границы может быть следствием увеличения глубины максимума каскадной кривой заряженных частиц в зависимости от энергии.

Через точки излома проведена штриховая линия. Для ливней, оказавшихся ниже пунктирной линии на рис.2, энергия была пересчитана с пробегом поглощения, равным 800 г/см^2 до пунктирной линии и далее по принятым формулам. Рис.3, аналогичный рис.1, показывает полученные для пересчитанных ливней зависимости. Из графика видно смещение точки излома в сторону больших углов по сравнению с рис.1, то есть для более наклонных ливней следует брать пробег поглощения больший, чем 800 г/см^2 .

В работе [3] методом “кривых” равной интенсивности для ливней с энергиями, большими $5 \cdot 10^{18}$ эВ, было показано наличие двух областей зенитных углов (с границей $\theta \sim 50^\circ$), где пробеги поглощения плотности заряженных частиц ρ_{600} заметно различаются. Рис.1 более наглядно показывает наличие этих двух областей и смещение границы с энергией, соответствующее направлению смещения глубины максимума каскадной кривой с энергией.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки России.

1. А. В. Глушков, И. Т. Макаров, Е. С. Никифорова и др., ЯФ **58**, 1265 (1995).
2. A. V. Glushkov, I. T. Makarov, E. S. Nikiforova et al., Astropart. Phys. **4**, 15 (1995).
3. А. А. Иванов, В. П. Егорова, С. П. Кнуренко и др., Известия АН **65**, 1221 (2001).