

ИССЛЕДОВАНИЕ АДРОННОЙ КОМПОНЕНТЫ ШАЛ  
С ЭНЕРГИЕЙ БОЛЬШЕ  $10^{13}$  ЭВ

С. К. Мачавариани, Н. М. Нестерова, С. И. Никольский,  
В. А. Ромахи, Е. И. Тухиш

УДК 539.171

Анализируются данные, полученные на Тянь-Шаньской комплексной установке относительно зависимости величины  $\langle ER \rangle$  от числа частиц в ливнях с  $N_e = 10^4 - 10^6$ . Полученные результаты свидетельствуют о возможности роста перпендикулярного импульса во взаимодействиях частиц, начиная с энергией  $10^{14}$  эВ.

В целом ряде работ [1 - 9] пространственно-энергетические характеристики адронной компоненты ШАЛ обсуждаются при рассмотрении величины  $ER$ , где  $E$  - энергия адрона,  $R$  - расстояние от адрона до оси ливня. Величина  $ER$  более чувствительна к изменению перпендикулярного импульса вторичных частиц  $P_{\perp}$ , чем к изменению других характеристик взаимодействующих адронов и химического состава первичного космического излучения.

На Тянь-Шаньской установке [10] исследовалась зависимость  $\langle ER \rangle$  от числа частиц в ливне  $N_e$  для адронов с энергией более 1 ТэВ при  $N_e$  более  $2 \cdot 10^5 / 6, 8$ . Было получено, что величина  $\langle ER \rangle$  растет с увеличением полного числа частиц в ливне  $N_e$ , в то время как расчетное значение  $\langle ER \rangle$  уменьшается с ростом  $N_e$ . Методическими погрешностями объяснить такую разницу в поведении  $\langle ER \rangle$  не удалось. Полученный результат интерпретировался как рост среднего поперечного импульса  $P_{\perp}$ , более быстрый, чем следует из экстраполяции ускорительных данных в эту область энергий.

Целью данной работы было проследить изменение величины  $\langle ER \rangle$  для адронов с энергией более 1 ТэВ в области меньших  $N_e$ , а именно, при  $N_e = 10^4 - 10^5$ . Такие ливни на уровне гор генерируются

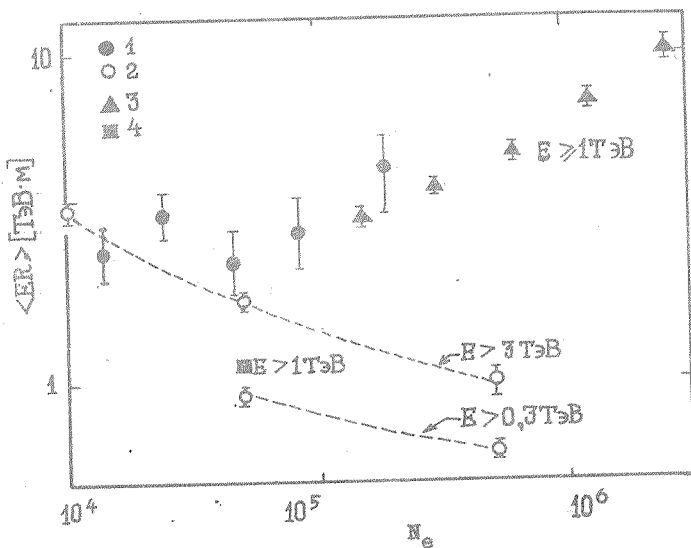
первичными космическими частицами с энергией  $10^{13} - 10^{14}$  эВ. Эта область энергий близка к ускорительной, где характеристики взаимодействий адронов более или менее хорошо известны.

Исследование адронной компоненты ШАЛ с числом частиц  $N_0$  более  $10^4$ , как и в работах /6,8/, осуществлялось с помощью ионизационного калориметра Тянь-Шаньской установки. Отбирались ливни, оси которых попадают в ковер сцинтилляционных счетчиков. Кроме того, требовалось, чтобы ось ливня проходила через поверхность ионизационного калориметра площадью  $36 \text{ м}^2$ , расположенного под ковром сцинтилляционных счетчиков. Координаты оси ливня X, Y определялись по распределению плотности потока частиц в сцинтилляционных счетчиках, а затем уточнялись по калориметру. В последнем случае за координаты оси ливня принимались центры тяжести ионизации, зарегистрированной ионизационными камерами в I и 2 рядах калориметра. Толщина свинца под первым рядом - 2,5 см под вторым - 7,5 см. Оси камер в этих рядах расположены во взаимно перпендикулярных направлениях. Одновременно с ливнем, имеющим среднюю плотность потока частиц в сцинтилляционном ковре  $\bar{\rho}_k > 5 \text{ м}^{-2}$ , требовалось зарегистрировать энерговыделение в ионизационном калориметре (общей толщиной поглотителя 4,7 пробегов взаимодействия для нуклона) больше 1 ТэВ. Методом, описанном в работах /6,8/, в калориметре выделялись адронные струи, определялись координаты струи, энергия каждой струи E и расстояние от струи до оси ливня R. В ливнях с числом частиц  $N_0 = 10^4 - 10^5$  ошибка в определении энергии адронной струи составляет не больше 20%, ошибка в определении расстояния  $\Delta R$  за счет неопределенности положения оси ливня не более 1 м. Аналогичным методом положение оси ливня определялось и для ливней с  $N_0 > 10^5$ , для них  $\Delta R = 0,6 \text{ м}$ .

Число частиц в ливнях со средней плотностью в ковре  $\bar{\rho}_k = 5 - 178 \text{ м}^{-2}$  находилось методом, описанном в работе /II/. Все ливни разбивались на группы по величине  $\bar{\rho}_k$ : 1)  $5 - 18 \text{ м}^{-2}$ , 2)  $18 - 38 \text{ м}^{-2}$ , 3)  $38 - 82 \text{ м}^{-2}$ , 4)  $82 - 178 \text{ м}^{-2}$ . Зная среднюю плотность потока электронов для группы ливней на расстоянии 6 м и 73 м от оси ливня и используя аппроксимацию Нишимуры-Каматы-Грайзена /I2/, находилось среднее значение числа частиц в группе ливней  $N_0$ . Ошибка в определении  $N_0$  составляет  $\sim 30\%$  для первого интервала  $\bar{\rho}_k$  и  $\sim 20\%$  для последнего. В каждой груп-

пе ливней находилось среднее значение величины  $\langle ER \rangle = \frac{n}{\sum_1^n E_1 R_1 / n}$ ,

где  $n$  - число зарегистрированных адронных струй в данной группе ливней. Полученные значения  $\langle ER \rangle$  приведены на рис. I. На этом же рисунке приведены значения  $\langle ER \rangle$ , полученные в ливнях с  $N_e > 2 \cdot 10^5$  (треугольники), взятые из работ /6,8/. Отличие между данной работой и /6,8/ заключается в том, что в последнем случае за ось ливня принималась струя с максимальной энергией. В ливнях с



Р и с. I. Зависимость  $\langle ER \rangle$  от полного числа частиц в ливне  $N_e$ :  
 I - настоящая работа; 2 - расчет В. А. Ромашкина /8/; 3 - экспериментальные данные /6,8/; 4 - расчет Ю. А. Фомина /13/

$N_e > 10^5$  полученные нами значения  $\langle ER \rangle$  совпадают в пределах ошибок с приведенными ранее в /6,8/. Таким образом, из рисунка видно, что  $\langle ER \rangle$  растет с числом частиц  $N_e$  для ливней  $N_e > 10^5$ .

При меньших ливнях  $\langle ER \rangle$  меняется слабо и значения  $\langle ER \rangle$  близки к расчетным в предположении нормальных поперечных импульсов:

$P_{\perp} = 0,4 \text{ ГэВ/с } /6,8/$ . В малых ливнях ( $N_e < 10^5$ ) мы также попытались определить  $\langle ER \rangle$  только в тех событиях, когда зарегистрированы две адронные струи или более с энергией  $> 1 \text{ ТэВ}$ , причем струя с максимальной энергией считалась осью ливня. Значения  $\langle ER \rangle$  оказались близкими к тем, которые представлены на рисунке в том же интервале  $N_e$ .

Такое поведение  $\langle ER \rangle$  для адронов с энергией  $E > 1 \text{ ТэВ}$  при изменении  $N_e$  от  $10^4$  до  $10^6$  можно интерпретировать как постоянство или слабый рост перпендикулярного импульса  $P_{\perp}$  вторичных частиц до энергий взаимодействующих адронов  $\sim 10^{14}$  эВ и более быстрый рост свыше  $10^{14}$  эВ.

Поступила в редакцию  
5 июня 1980 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. A. M. Bray, C. B. A. McGusker et al., Acta phys. Hung. 29, Suppl. 3, 501 (1970).
2. В. С. Асейкин и др., Изв. АН СССР сер. физ. 37, № 7, 1415 (1973).
3. R. H. Vatcha, B. V. Sreekantan, J. Phys. A: Math. Nucl., Gen. 6, 1050 (1973).
4. E. Bohm, C. Holtrup, Core Structure of the Hadron Component in EAS, Preprint, Lodz, 1974.
5. V. S. Aseikin et al., Proc. 14-th ICCR, Munich, 8, 2807, 1975.
6. В. А. Ромахин, Н. М. Нестерова, Труды ФИАИ, 109, 77 (1979).
7. F. A. Ashton, A. Nasri, J. A. Ward, Proc. 15-th ICCR, Plovdiv 8, 6, 1977.
8. N. M. Nesterova, V. A. Romakhin, Proc. 15-th ICCR, Plovdiv 8, 113, 1977.
9. R. Van Staa, B. Ashenbach, E. Bohm, J. Phys. A: Math., Nucl., and Gen., 7, N1, 135 (1974).

10. A. D. Erlykin et al., Proc. 9-th ICCR, London, 2, 731, 1965.
11. G. K. Machavariani et al., Proc 16-th ICCR, Kioto, 8, 240, 1979.
12. K. Kamata, J. Nishimura, Prog. Theor. Phys. Suppl. 6, 93 (1958).
13. Д. А. Фомин. Автореферат кандидатской диссертации. М., МГУ, 1972 г.