

МНОГОЗАРЯДНЫЕ ЧАСТИЦЫ ПЕРВИЧНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ С ЭНЕРГИЕЙ ≥ 2 ТэВ

*И.П.Иваненко, Н.Л.Григоров, В.Я.Шестоперов,
Ю.В.Басина, П.В.Вакулов, Ю.Я.Васильев, Р.М.Гольнская,
Л.Б.Григорьева, Д.А.Журавлев, В.И.Зацепин, А.Е.Казакова,
В.Д.Козлов, И.П.Кумпан, Ю.А.Лапутин, Л.Г.Мищенко,
В.М.Никаноров, Л.П.Папина, В.В.Платонов, Д.М.Подорожный,
И.Д.Рапопорт, Г.А.Самсонов, Л.Г.Смоленский, В.А.Собиняков,
В.К.Соколов, Г.Е.Тамбовцев, Ч.А.Третьякова, Ю.В.Тригубов,
И.М.Фатеева, Л.А.Хейн, Л.О.Чикова, В.Я.Ширяева,
Б.М.Яковлев, И.В.Яшин*

Приводятся результаты измерений энергетических спектров и зарядового состава первичных ядер космических лучей с $z \geq 2$ в области энергий > 2 ТэВ. Эксперимент проведен с аппаратурой "Сокол" на ИСЗ "Космос -1543".

В 1984 г. на ИСЗ "Космос-1543" прибором "Сокол" проведены измерения энергетических спектров и зарядового состава частиц первичных космических лучей в области энергий ≥ 2 ТэВ. Энергия частиц измерялась секционированным ионизационным калориметром (ИК) с толщиной поглотителя около 5,5 пробегов для взаимодействия протонов (λ_{B3}^P). Заряд частицы измерялся расположенными над ИК черенковскими детекторами двух типов. Верхний (ДЗ-2) состоял из четырех счетчиков из плексигласа толщиной 1 см и служил для измерения зарядов с $5 \lesssim z \lesssim 50$. Под ним были расположены 11 счетчиков направленного действия (ДЗ-1) из плексигласа толщиной 5 см, предназначенные для измерений в области $1 \leq z \leq 5$. Подробное описание прибора приведено в ¹.

Во время эксперимента продольная ось прибора была ориентирована по вертикали. Регистрировались события, удовлетворяющие следующим условиям: а) хотя бы в одном из счетчи-

ков ДЗ-1 амплитуда импульса превосходила 0,3 вероятной амплитуды, создаваемой однозарядной релятивистской частицей; б) полное энерговыделение в калориметре превышало 1 ТэВ; в) на любых 8 из 10 контролируемых уровней в ИК энерговыделение в прилегающем слое поглотителя превышало 35 ГэВ. При одновременном выполнении этих трех требований проводилось измерение амплитуд импульсов во всех 95 датчиках прибора. В таком режиме чистое время работы составило 257 часов. Геометрический фактор был равен $325 \text{ см}^2 \cdot \text{стер}$. Было зарегистрировано более 10000 срабатываний аппаратуры. Около 2000 из них вызвано частицами, проходящими в пределах телесного угла прибора, и было использовано для дальнейшего анализа.

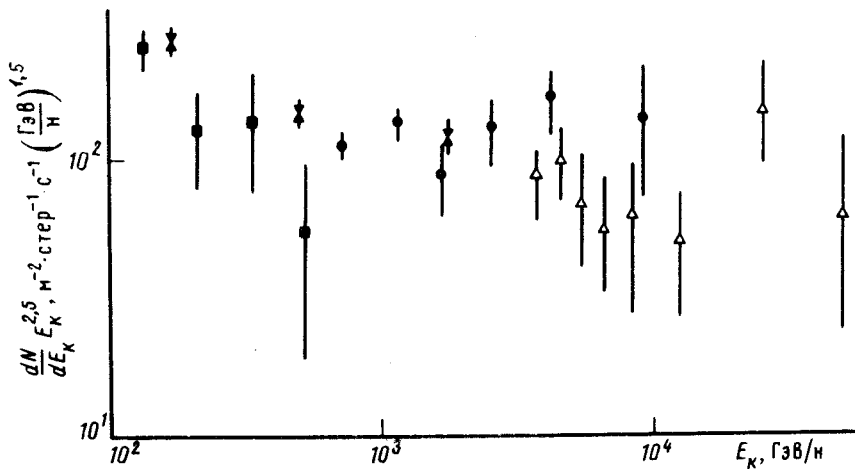


Рис. 1. Дифференциальный энергетический спектр α -частиц: \times — 3, Δ — 4, \blacksquare — 8, \bullet — настоящая работа

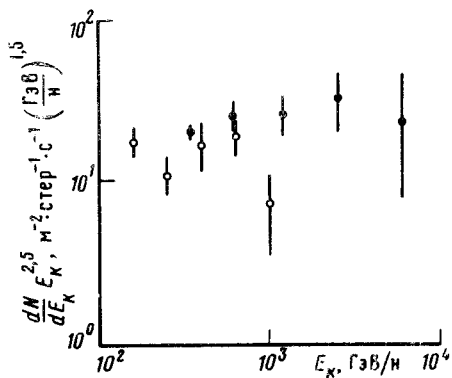


Рис. 2

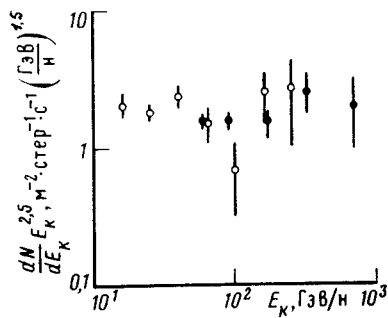


Рис. 3

Рис. 2. Дифференциальный энергетический спектр ядер группы M : \circ — 5, \bullet — настоящая работа

Рис. 3. Дифференциальный энергетический спектр ядер группы VH : \circ — 5, \bullet — настоящая работа

При анализе отбирались те случаи, когда показания счетчиков детекторов ДЗ-1 и ДЗ-2, находящихся на пути первичной частицы, не противоречили друг другу. При определении энергии первичной частицы вносились поправки на энергию, выходящую через нижнее основание ИК ($\sim 15\%$), и энергию, уходящую на ядерные расщепления.

Распределение отобранных событий по значению заряда z первичной частицы, приведенное в 2 , показало, что протоны и α -частицы разделяются достаточно надежно. Доля протонов среди зарегистрированных α -частиц не превышала нескольких процентов. С увеличением заряда надежность выделения ядер с заданным z уменьшается. Так среди ядер атомов углерода и кислорода примесь ядер с близкими z достигает 10–20%. При $z \geq 10$ выделение

ядер с фиксированным z становится неоднозначным. Здесь можно провести надежное разделение ядер по группам (H, MH, VH).

Измеренный дифференциальный энергетический спектр α -частиц показан точками на рис. 1. Там же приведены результаты других работ. Черные значки – результаты работ, в которых энергия измерялась ионизационным калориметром. Светлые значки – результаты косвенных измерений с рентген-эмульсионными камерами толщиной $0,5 \lambda_{B3}^P$. На рис. 2 и на рис. 3 точками показаны измеренные спектры ядер группы M ($5 < z \leq 9$) и VH ($21 \leq z \leq 30$). Светлые значки – результат, полученный с использованием ионизационного калориметра небольшой толщины (до $\sim 2\lambda_{B3}^P$).

Для определения зарядового состава были использованы ядра с энергией свыше 2 ТэВ. Дополнительно к рассмотренным группам ядер (α, M, VH) была выделена группа H ($9 < z < 21$).

Группа ядер	Число ядер	Нормир. число ядер, %	По данным 6	По данным 7
α	196 ± 20	172 ± 26	~ 220	239 ± 5
M	114 ± 11	100	100	100
H	87 ± 9	76 ± 11	77 ± 5	73 ± 1
VH	66 ± 9	58 ± 10	66 ± 7	59 ± 2

Во втором столбце таблицы приведено число ядер, упавших на прибор в пределах телесного угла, полученное с учетом эффективности регистрации и перераспределения событий между зарядовыми группами.

Из таблицы видно, что при переходе к энергиям ≥ 2 ТэВ зарядовый состав первичных ядер с $z \geq 2$ не претерпевает существенных изменений сравнительно с данными, полученными при энергиях $\geq 1 \div 10$ ГэВ на нуклон ^{6, 7}.

Литература

1. Vernov S.N., Ivanenko I.P., Grigorov N.L. et al. Proc. 17 ICRC. Paris, 1981, 8, 49.
2. Иваненко И.П., Григоров Н.Л., Шестоперов В.Я. и др. Ядерная физика, в печати.
3. Григоров Н.Л., Нестеров В.Е., Прохин В.Л. и др. Сб. "Исследования космических лучей". М.: Изд. Наука, 1975, с. 20.
4. Абулова В.Г., Варковицкая А.Я., Замчалова Е.А. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., 1984, 48, 2082.
5. Simon M., Spiegelhauer H., Schmitt V.K.H. et al. Astrophys. J., 1980, 239, 2, part I, 712.
6. Лонгейр М. Астрофизика высоких энергий. М., 1984.
7. Lezniak Y.A., Webber W.R. Astrophys. J., 1978, 223, 2, part I, 676.
8. Ryan M.J., Ormes J.T., Balasubrahmanyam V.K. Phys. Rev. Lett., 1972, 28, 15, 985.