

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР И УГЛОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОНИКАЮЩИЙ КОМПОНЕНТЫ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА УРОВНЕ ГОР

А.Д.Ерлыкин, А.К.Куличенко, С.И.Николюцкий

Характеристики проникающей компоненты на глубине 20 м.э.в. исследовались с помощью установки, состоящей из ионизационного калориметра и годоскопа из газоразрядных счетчиков. Установка расположена на высоте 3340 м над уровнем моря на тьяньшаньской высокогорной научной станции ФИАН.

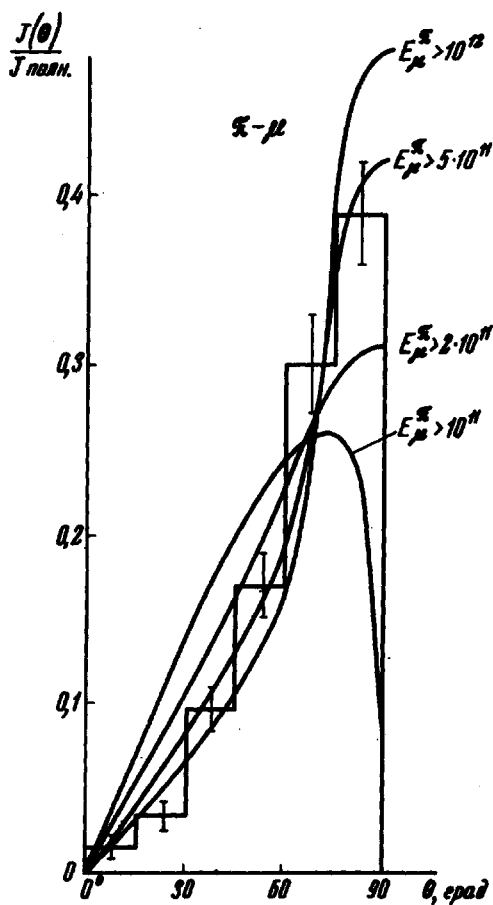


Рис.1. Угловое распределение каскадов с $E \geq 3 \cdot 10^{11}$ эв в сравнении с расчетами работы [2] для мюонов, возникающих при π - μ -распаде

Ионизационный калориметр состоит из 15 рядов ионизационных камер, между которыми помещен свинцовый поглотитель. Его толщина над верхними 7 рядами — 2,5 см, над остальными — 5 см. Камеры в соседних рядах расположены во взаимно перпендикулярных направлениях, образуя чувствительную площадь ~ 9 м². Число камер в ряду 24. Каждая камера соединена со своим каналом регистрации, позволяющим измерять амплитуды импульсов в диапазоне 50 + 500 тыс.ред.част. Калориметр покрыт сверху "ковром" из 288 счетчиков площадью по 330 см² каждый. К годоскопической ячейке подключаются параллельно два соседних счетчика. Информация об амплитудах импульсов в камерах и

о срабатывании газоразрядных счетчиков получалась путем фотографирования регистрирующего устройства, а также записывалась на магнитную ленту с последующей обработкой ее на ЭЦВМ М20.

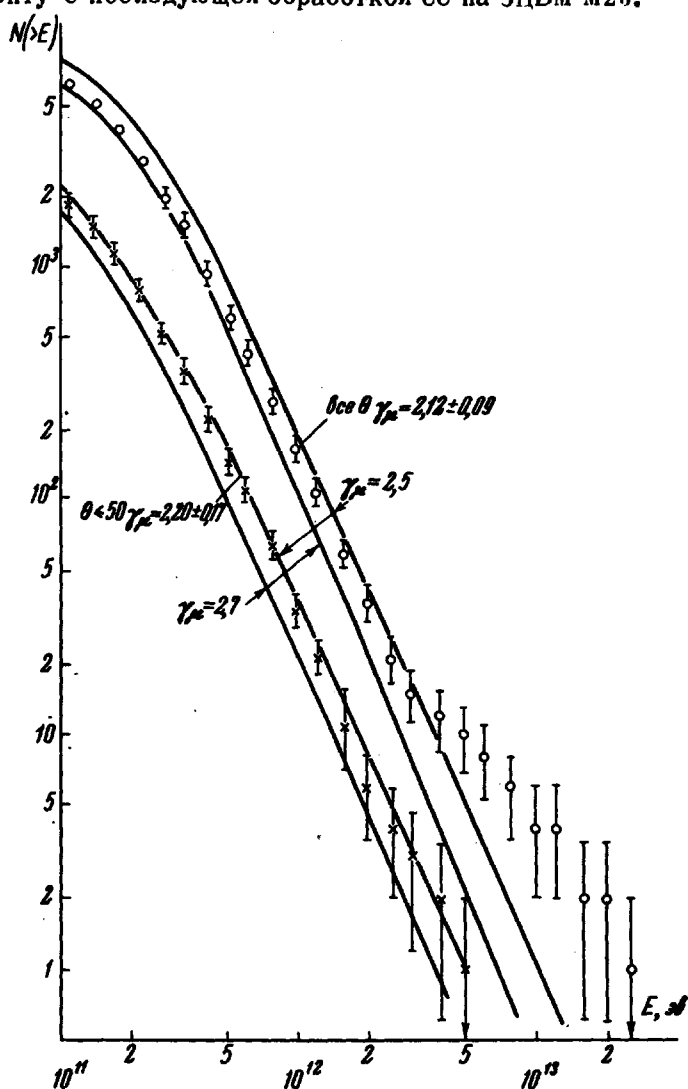


Рис.2. Энергетические спектры всех зарегистрированных каскадов и каскадов с $\theta \leq 50^\circ$.

Сплошные линии – результат расчета со спектром мюонов типа (1) при $\gamma_\mu = 2,5$ и $2,7$ и константами A и $E_{кр}$, характерными для пионного механизма генерации. Угловое распределение принималось согласно экспериментально полученному в настоящей работе

Условием срабатывания установки было появление в камерах калориметра ионизации, соответствующей прохождению через них $600 + 700$ рэ частиц и более. За 602 часа работы установки было зарегистрировано около 6 тыс. событий, когда каскад в калориметре создавал ионизацию выше пороговой. Для каждого каскада определялись его энергия и

зенитный угол [1]. Все свойства зарегистрированных каскадов могут быть объяснены в предположении, что они создаются в результате взаимодействия мюонов с атомами поглотителя [1]. Дальнейший анализ событий был проведен на основе вывода о том, что проникающая компонента высокой энергии на небольших глубинах под землей состоит из мюонов.

Были проанализированы угловые распределения каскадов с $E \geq 10^{11}$, $\geq 3 \cdot 10^{11}$ и $> 10^{12}$ эв, возникших в верхних 7 рядах calorimetра. Точность определения зенитного угла θ для этих каскадов составляет $6 + 8^\circ$ в интервале $\theta = 30 + 75^\circ$. Из-за круто падающего энергетического спектра каскадов число событий, по которым строилось угловое распределение каскадов со следующим, более высоким энергетическим порогом, всегда составляло малую долю от предыдущего, поэтому построенные распределения практически независимы друг от друга.

Сравнение каждого из этих трех полученных распределений с ожидаемым согласно расчетам [2], проведенным в предположении о чисто "пионном" или "каонном" происхождении мюонов различных энергий, приводит к одному и тому же выводу: угловое распределение мюонов более изотропно, нежели рассчитанное для чисто пионного источника. На рис.1, в качестве примера, показано угловое распределение каскадов

с $E \geq 3 \cdot 10^{11}$ эв в сравнении с теоретически ожидаемым для мюонов разных энергий, рождающихся при π - μ -распаде. Вывод о большей изотропии следует, если принять во внимание, что каскады с $E \geq 3 \cdot 10^{11}$, имеющие степенной энергетический спектр с показателем $\gamma \approx 2,1$, должны, по нашим оценкам, создаваться мюонами со средней энергией $\bar{E}_\mu = (1,2 + 1,5) \cdot 10^{12}$ эв. Сравнение угловых распределений каскадов с $E \geq 3 \cdot 10^{11}$ и $\geq 10^{12}$ эв показывает, что угловые распределения мюонов с $E_\mu \geq 10^{12}$ эв практически перестают зависеть от энергии.

Большую изотропию этих распределений можно было бы пытаться объяснить значительным вкладом K - μ -распада в генерацию мюонов, дающего угловое распределение, значительно лучше согласующееся с экспериментом. Однако анализ энергетических спектров всех зарегистрированных каскадов и каскадов с $\theta \leq 50^\circ$ показывает, что по абсолютной интенсивности полученные спектры противоречат предположению о заметной роли K - μ -распада в образовании мюонов. В интервале $E = 10^{11} + 6 \cdot 10^{11}$ эв эти спектры согласуются с дифференциальным спектром мюонов вертикального потока

$$\frac{\sigma F}{\partial E_\mu} = A \frac{(E_\mu / 10^{11})^{-\gamma_\mu}}{E_\mu + E_{кр}}, \quad (1)$$

где $A = 5,4 \cdot 10^{-5}$ см⁻².сек⁻¹ .стер⁻¹, $E_{кр} = 116$ Гэв и $\gamma_\mu = 2,6 \pm 0,1$, который характерен для пионного механизма генерации мюонов (рис.2). Сравнение энергетических спектров всех зарегистрированных каскадов и каскадов с $\theta \leq 50^\circ$ подтверждает вывод о практической независимости угловых распределений мюонов с $E_\mu \geq 10^{12}$ эв от их энергии. Большую изотропию этих угловых распределений можно согласовать с предположением о пионном происхождении мюонов, если теоретические рас-

четы вести при более крутом спектре генерации и бóльшей величине энергетических потерь мюонов, по сравнению с теми, которые были приняты в работе [2]. Эти уточнения представляются вполне оправданными в свете результатов, полученных в последние годы [3,4].

При энергиях $E \gtrsim 6 \cdot 10^{12}$ эв наблюдается избыток каскадов по сравнению с ожидаемым, исходя из спектра (1) и обычных сечений для процессов их взаимодействия с веществом. Этот избыток можно связывать с изменением энергетического спектра мюонов или с увеличением эффективного сечения для передачи мюоном большой доли энергии в электронно-фотонную компоненту при энергии мюонов $E_{\mu} \gtrsim 2 \cdot 10^{13}$ эв.

Физический институт
им. П.Н. Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
1 апреля 1968 г.

Литература

- [1] А.Д.Ерлыкин, А.К.Куличенко. Изв. АН СССР, сер. физ., **32**, 444, 1968.
- [2] Г.Т.Зацепин, В.А.Кузьмин. ЖЭТФ, **39**, 1677, 1960.
- [3] J.L.Osborne, A.W.Wolfendale. Proc. Phys. Soc., **84**, 901, 1964.
- [4] Ю.Д.Котов, С.Р.Кельнер. Изв. АН СССР, сер. физ., **32**, 522, 1968.