

АДРОННЫЕ СЕЧЕНИЯ РОЖДЕНИЯ ЧАСТИЦ
НА ЯДРАХ ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ

В. Н. Суворов

УДК 539.171

В эйкональном приближении рассчитаны $\sigma_{\text{prod}}^{\text{had}}$ для ядер группы C, N, O вплоть до энергий 10^{16} эВ. Вычисления согласуются с экспериментальными результатами, полученными в космических лучах при энергиях до 10^{14} эВ, если полные адронные сечения растут как $\ln^2 s$.

Экспериментальные данные об адрон-ядерных (hA) взаимодействиях при очень высоких энергиях, полученные в космических лучах /1/, могут помочь в выявлении закона энергетического поведения сечений адрон-адронных (hh) взаимодействий в этой области энергий, если применять корректную процедуру пересчета от hA - к hh -сечениям. И, наоборот, используя простейшие экстраполяции hh -сечений, можно пытаться вывести закон поведения hA -сечений. В экспериментах с космическими лучами /1/ обычно измеряется часть неупругого сечения, связанная с рождением новых частиц налетающим адроном, $\sigma_{hA}^{\text{prod}} = \sigma_{hA}^{\text{tot}} - \sigma_{hA}^{\text{el}} - \sigma_{hA}^{\text{q-el}}$, где σ_{hA}^{tot} , σ_{hA}^{el} и $\sigma_{hA}^{\text{q-el}}$ - соответственно полное, упругое и квазиупругое сечение.

В настоящей работе вычислены сечения взаимодействия протонов, пионов и каонов с ядрами ^{14}N и ^{16}O при энергиях вплоть до 10^{16} эВ и проведено усреднение этих сечений по составу атмосферы. Кроме того, для сравнения с ускорительными данными /2,3/, вычислялись сечения на углероде.

Переход от полных сечений адрон-адронных соударений к $\sigma_{hA}^{\text{prod}}$ производился в глауберовском приближении с гауссовой плотностью ядер, причем действительной частью амплитуды адронного рассея-

ния пренебрегалось, так как ее вклад в сечения σ_{hA}^{prod} порядка $(Ref/Inf)^2$.

Расчетная формула была получена в /4/:

$$\sigma_{hA}^{prod} = \pi \int_0^{\infty} db^2 \left\{ 1 - \left[1 - \frac{\sigma_{hN}^{tot}(p)}{\pi(R_0^2 + 2B(p))} \times \right. \right. \quad (I)$$

$$\left. \left. \times \exp \left(-\frac{b^2}{R_0^2 + 2B(p)} \right) + \frac{(\sigma_{hN}^{tot}(p))^2}{16\pi^2 B(p)(R_0^2 + B(p))} \exp \left(-\frac{b^2}{R_0^2 + B(p)} \right) \right]^A \right\}.$$

Вклад неупругой экранировки в σ_{hA}^{prod} не учитывался, так как он мал (не более двух-трех миллибарн при 1 ТэВ) и убывает с энергией (при растущих полных адронных сечениях), как $\ln s / (\sigma_{hN}^{tot})^2 / 5$.

При расчете полные сечения пионов и каонов считались пропорциональными протон-протонным сечениям /6,9/

$$\sigma_{\pi p}^{tot} = 0,62 \sigma_{pp}^{tot}, \quad \sigma_{Kp}^{tot} = 0,53 \sigma_{pp}^{tot},$$

и использовались две зависимости σ_{pp}^{tot} от инварианта s

$$\sigma_{pp}^{tot}(s) = 27,1 + 1,78 \ln s + 45,2 s^{-0,59} \text{ мбн } /6/ \quad (2a)$$

$$\sigma_{pp}^{tot}(s) = 38,4 + 0,5 \ln^2(s/137) \text{ мбн } /7/, \quad (2б)$$

где s имеет размерность ГэВ².

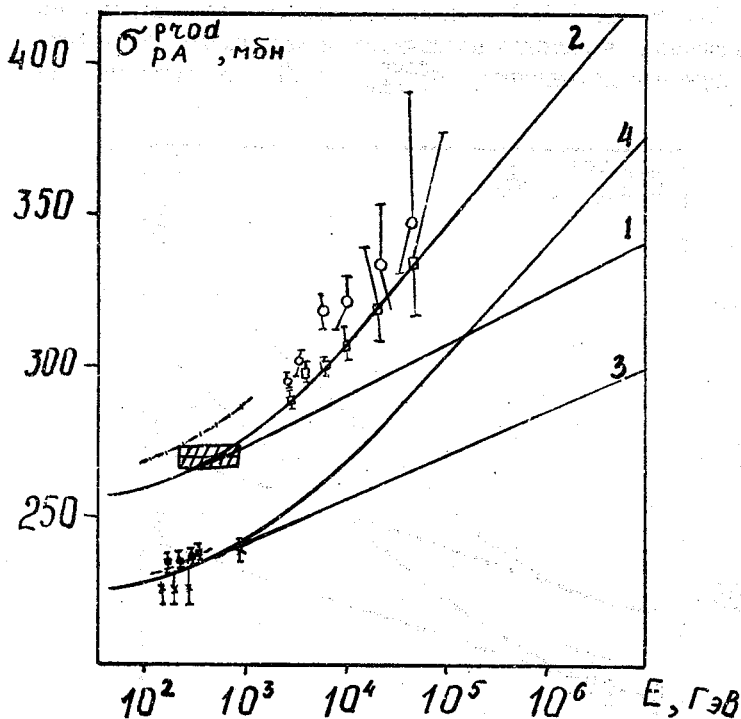
Аппроксимации наклонов дифракционных конусов $B(s)$ вместе с экспериментальными данными /10/ рассматривались в /9/

$$B_p(s) = 8,32 + 0,57 \ln s \cdot (\text{ГэВ}/c)^{-2},$$

$$B_{\pi}(s) = 8,60 + 0,30 \ln(s/200) (\text{ГэВ}/c)^{-2},$$

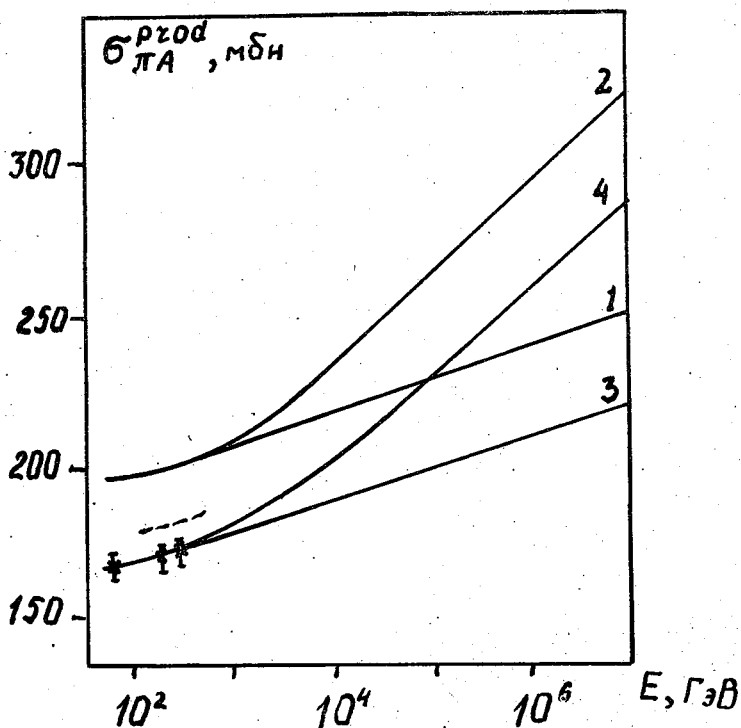
$$B_K(s) = 7,50 + 0,38 \ln(s/200) (\text{ГэВ}/c)^{-2}.$$

Параметр R_0^2 , входящий в (I) и характеризующий ширину распределения центров нуклонов в ядре, определялся с использованием низкоэнергетических данных по среднеквадратичным размерам ядер /II/ по формуле $R_0^2 = \frac{2}{3} (\langle r^2 \rangle_A - \langle r^2 \rangle_N)$, где $\langle r^2 \rangle_N = 6,6$ мбн - среднеквадратичный радиус нуклона. Подобная проце-

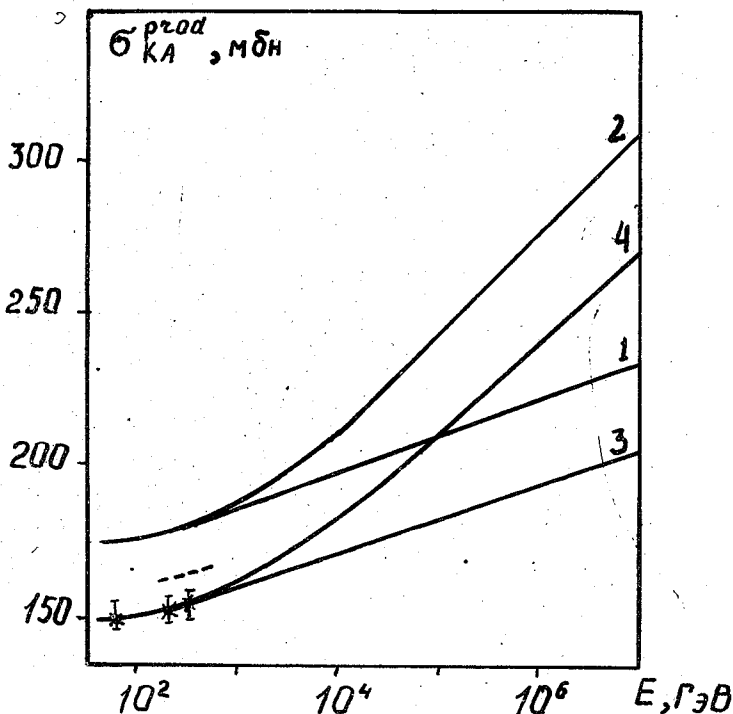


Р и с. I. Зависимость $\sigma_{РА}^{prod}$ от энергии для ядер воздуха (1,2) и ядер углерода (3,4). Кривые 1, 3 вычислялись при аппроксимации (2а), 2, 4 - при аппроксимации (2б); \square - данные /3/; \circ - данные /2/; \blacksquare - сечение p-air, усредненное по энергетическому интервалу /2/; \square , \circ - данные работы /I/, полученные при двух разных спектрах первичного излучения; - - - - - расчет /5/; - - - - - расчет /II/

дура применялась в /4/; она отражает тот факт, что формула (I) получена усреднением по центрам нуклонов в ядре, функция распределения которых уже, чем функция распределения ядерной материи, извлекаемая из ядерных формфакторов. Результаты расчетов показали хорошее согласие как с ускорительными данными по адронному рассеянию на углеродной мишени, так и с данными по рассеянию протонов на ядрах воздуха, полученными в космических лучах /I/ (см. рис. I-3). Если игнорировать существующую неопределенность в спектре первичного космического излучения, заложенную при нахождении σ_{p-air}^{prod} в /I/, то согласно рис. I



Р и с. 2. Зависимость σ_{p-air}^{prod} от энергии. Обозначения те же, что и на рис. I



Р и с. 3. Зависимость σ_{KA}^{prod} от энергии. Обозначения те же, что и на рис. I

можно утверждать, что рост σ_{pp}^{tot} хорошо описывается параметризацией (26) в интервале до 10^3 ТэВ,

Проведенная работа является фактически продолжением расчетов работы /4/ на область более высоких энергий. Полученные здесь значения сечений σ_{KA}^{prod} несколько ниже, чем в работах /5,12/ за счет того, что при глауберовских расчетах, как и следует, учитывалась функция распределения центров нуклонов в ядре, а не более широкое распределение ядерной материи.

Эти результаты могут быть полезными при планировании экспериментов с космическими лучами очень высоких энергий.

В заключение автор выражает благодарность И. М. Дремину, А. Д. Ерлыкину и А. П. Чубенко за внимание к работе и полезные обсуждения.

Поступила в редакцию

18 мая 1982 г.

После переработки

19 ноября 1982 г.

Л и т е р а т у р а

1. Р. А. Нам и др., Труды ФИАН, 109, 153 (1979).
2. A. S. Carroll, Phys. Lett., 80, 319 (1971).
3. T. J. Roberts, Nucl. Phys., B152, 56 (1979).
4. И. В. Андреев, Препринт ФИАН № 85, М., 1975 г.
5. Р. Р. Нам и др., Препринт ФИАН № 33, М., 1977 г.
6. Н. П. Зотов и др., Письма в ЖЭТФ, 18, 460 (1973).
7. H. Cheng, I. K. Walker, T. T. Wu, Phys. Lett., 44B, 97(1973).
8. А. К. Лиходед, Н. В. Шлянников, УФН, 124, 3 (1978).
9. Т. В. Данилова, А. Д. Ерлыкин, Препринт ФИАН № 70, М., 1979 г.
10. V. A. Tsarev, Proc. XIX Int. Conf. High Energy Physics, Tokyo, 1978; L. Vaksay et al., Nucl. Phys., B141, 1 (1978).
11. Л. Элтон, Размерн ядер, ИЛ, М., 1962 г.
12. Ю. М. Шабельский, ЭЧАЯ, 12, 1070 (1981).