



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

3665 / 2-80

4/8-80

P1-80-332

А.И.Аношин, В.Б.Любимов, М.К.Сулейманов,  
Д.Тувдендорж

СТРУКТУРА  
УГЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПРОТОНОВ,  
ИСПУЩЕННЫХ ИЗ СОБЫТИЙ  
С ПОЛНЫМ РАЗВАЛОМ ЯДРА УГЛЕРОДА  
 $\pi^-$ -МЕЗОНАМИ С  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с

Направлено в ЯФ

1980

## 1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время имеется ряд экспериментальных работ<sup>/1-5/</sup>, посвященных изучению явления полного развала ядра-мишени /ПРЯ/ в адрон-ядерных взаимодействиях. Обнаружено, что вероятность ПРЯ не зависит от первичной энергии налетающего адрона, атомного номера ядра-мишени и составляет весьма заметную величину: 3-7% от всех взаимодействий адрона с ядром.

По-видимому, наиболее подходящий механизм объяснения явления ПРЯ связан с рассмотрением условий возникновения и развития в ядре ударных волн, образующихся в результате адрон-нуклонного взаимодействия внутри ядра<sup>/6/</sup>. На основе этих представлений удалось объяснить наиболее характерные особенности этого процесса, такие, как вероятность ПРЯ, уширение среднего угла вылета быстрых частиц.

В этой связи естественно поставить вопрос о поиске в событиях ПРЯ эффектов, непосредственно связанных с возникновением ударных волн. Общепринятый путь - это анализ угловых распределений нуклонов, возникающих в результате взаимодействия<sup>/7-11/</sup>. В настоящей работе этот анализ сделан для протонов, образующихся при полном развале ядра углерода  $\pi^-$ -мезонами с импульсом 40 ГэВ/с. Основные результаты изучения свойств таких взаимодействий опубликованы в нашей работе<sup>/5/</sup>.

## 2. КРИТЕРИИ ОТБОРА, РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ УГЛОВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

В работе проанализировано  $\approx 18$  тыс.  $\pi^-$ - $^{12}\text{C}$ -взаимодействий, отобранных по стандартным критериям<sup>/12/</sup> на снимках с 2-метровой пропановой камеры. Камера была облучена пучком  $\pi^-$ -мезонов с  $P_{\pi^-} = 40,0 \pm 0,23$  ГэВ/с. Среди этих взаимодействий события с ПРЯ углерода отбирались по критерию "суммарного заряда"<sup>/5/</sup>:

$$\Sigma Q = N_p + (n_{\pi^+} - n_{\pi^-} + 1) \geq 4, \quad /K1/$$

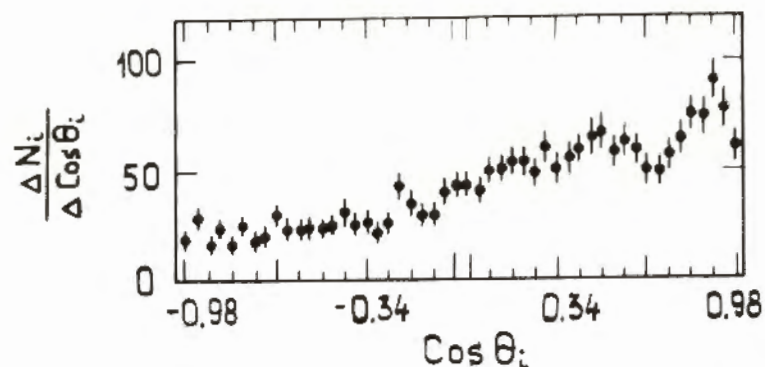


Рис.1. Угловое распределение протонов из событий, отобранных по критериям /K1/, /K2/, /K3/ /см. текст/.

причем дополнительно требовалось, чтобы число идентифицированных в событии протонов\*

$$N_p \geq 3, \quad /K2/$$

а число испущенных из взаимодействия  $\pi^+(\pi^-)$ -мезонов

$$n_{\pi^+(\pi^-)} > \bar{n}_{\pi^+(\pi^-)}, \quad /K3/$$

где  $\bar{n}_{\pi^+(\pi^-)} \approx 3$  - среднее число  $\pi^+$  ( $\pi^-$ )-мезонов, образующихся в  $\pi^-^{12}\text{C}$ -взаимодействиях. Для постановки задачи поиска эффектов, связанных с ударными волнами, введение дополнительных условий K2 и K3 вполне естественно. Действительно, в этих взаимодействиях должно образовываться большое число как  $\pi^\pm$ -мезонов, так и нуклонов за счет ожидаемого распространения в ядре больших возбуждений.

Угловое распределение идентифицированных в этих событиях протонов в лабораторной системе координат /л.с.к./ приведено на рис.1. Распределение анизотропно, причем в области передних углов намечается максимум в районе  $60^\circ$ . Максимум в угловом распределении протонов проявляется более четко, если ввести при отборе событий дополнительные критерии, целесообразные

\* Протоны идентифицировались в области импульсов от 140 до 700 МэВ/с. Положительные частицы с импульсом  $>700$  МэВ/с считались  $\pi^+$ -мезонами.

Рис.2. Угловое распределение протонов из событий, отобранных по критериям /K1/ ÷ /K6/ /см. текст/.

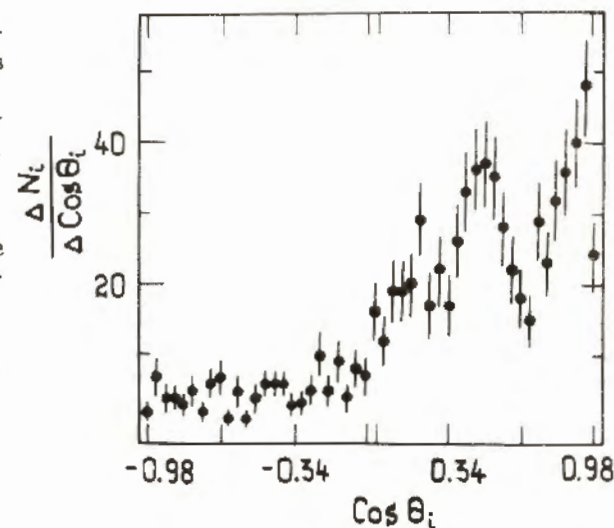
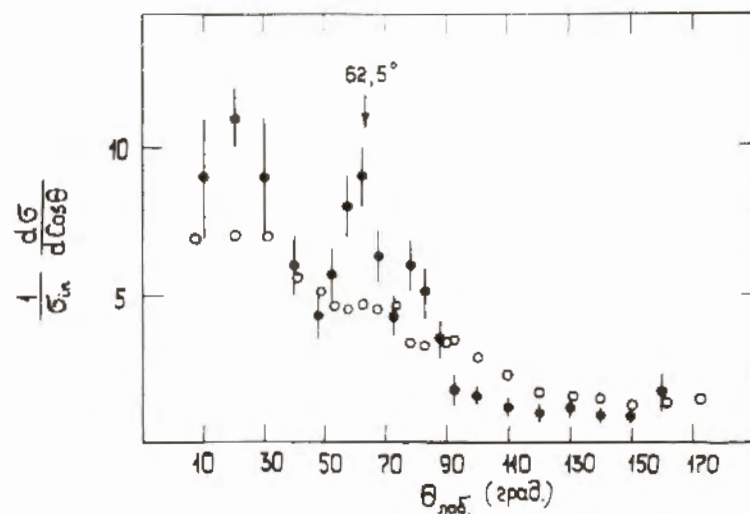


Рис.3. Нормированное угловое распределение протонов из событий типа /6K/  $\times 10^4$  - точки ●, точки ○ - все остальные  $\pi-^{12}\text{C}$ -взаимодействия  $\times 10^3$  /.



с точки зрения задачи поиска эффекта ударных волн - это отбор событий, сопровождающихся преимущественным испусканием протонов вперед в л.с.к. Требовалось, чтобы:

$$N_p(F) > N_p(B), \quad /K4/$$

где  $N_p(F)$ ,  $N_p(B)$  - число протонов, испущенных соответственно вперед и назад в л.с.к. в каждом из отбираемых взаимодействий.

Кроме этого, требовалось, чтобы величина  $N_{ps} = n_{\pi^+} - n_{\pi^-} + 1$ , которая должна быть пропорциональна числу образовавшихся во взаимодействии быстрых протонов /вне возможной в наших условиях области идентификации/, была заключена в пределах:

$$1 \leq N_{ps} \leq 3. \quad /K5/$$

На величину импульса анализируемых протонов ( $P_p$ ) было введено ограничение:

$$0,23 < P_p < 0,67 \text{ ГэВ/с.} \quad /K6/$$

Угловое распределение протонов в л.с.к. в событиях, отобранных по всем критериям  $K1 \div K6$  /события "6К"/, приведено на рис.2. Для наглядности на рис.3 показано нормированное распределение этих протонов по углу  $\theta$  в л.с.к. вместе с данными для протонов из всех остальных  $\pi^- 12\text{C}$ -взаимодействий. Как видно из рис.2 и 3, в районе  $55^\circ \div 65^\circ$  для событий "6К" наблюдается четкий максимум, которого нет в угловых распределениях протонов для всех остальных  $\pi^- 12\text{C}$ -столкновений.

Средний импульс протонов в области максимума  $P_p = /0,327 \pm 0,008/ \text{ ГэВ/с}$ , в то время как для всех событий типа "6К"  $P_p = /0,366 \pm 0,004/ \text{ ГэВ/с}$ .

В табл.1 приведена статистика событий в соответствии с применяемыми к ним вышеизложенными критериями. В этой же таблице имеются данные по числу протонов ( $N_p$ ), а также средние значения  $\langle \cos\theta \rangle$ , где  $\theta$  - угол испускания протонов в л.с.к., и значения дисперсий (D) в распределении протонов по  $\cos\theta$ . Обращает на себя внимание систематический рост величины  $\langle \cos\theta \rangle$  с увеличением числа критериев, применяемых к событиям.

Таблица 1

Номер примененных критериев	Число взаимодействий	$N_p$	$\langle \cos\theta \rangle$	D
/K1/	2031	4913	$0,227 \pm 0,008$	0,290
/K1/, /K2/	1515	3463	$0,225 \pm 0,009$	0,288
/K1/ ÷ /K3/	646	2148	$0,24 \pm 0,01$	0,290
/K1/ ÷ /K4/	503	1593	$0,23 \pm 0,01$	0,290
/K1/ ÷ /K5/	367	1157	$0,35 \pm 0,01$	0,228
/K1/ ÷ /K6/	352	776	$0,40 \pm 0,02$	0,213

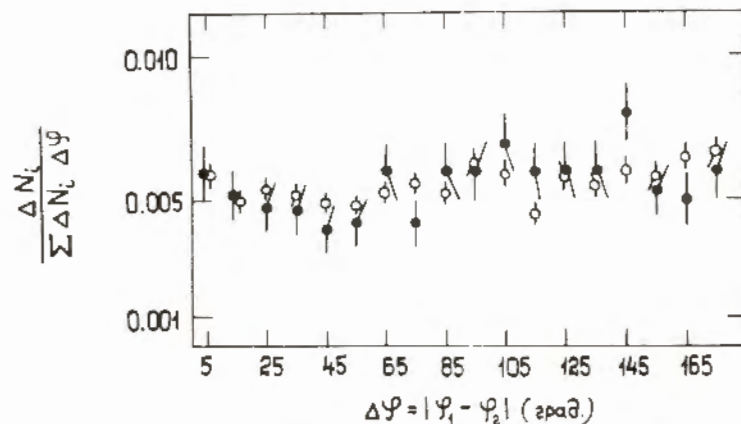


Рис.4. Распределения пар протонов по модулю разности их азимутальных углов / ● - события типа "6К", ○ - все остальные  $\pi^- 12\text{C}$ -взаимодействия/.

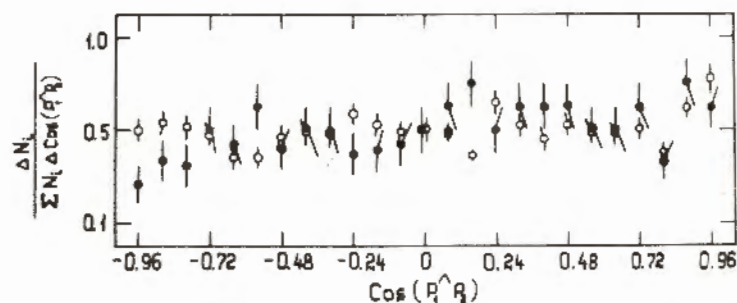


Рис.5. Распределение пар протонов по косинусу угла между векторами их импульсов /обозначения те же, что и на рис.4/.

### 3. СВОЙСТВА ПРОТОНОВ В ОТБОРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

На рис.4 приведено распределение пар протонов в событиях "6К" по модулю разности их азимутальных углов:  $\Delta\phi = |\phi_1 - \phi_2|$  /  $\phi_i$  - углы в плоскости, перпендикулярной направлению движения налетающего  $\pi^-$ -мезона/. На этом же рисунке показаны аналогичные распределения для всех остальных  $\pi^- 12\text{C}$ -взаимодействий. Видно, что в пределах ошибок распределения изотропны и совпадают для обоих типов взаимодействий.

Такой же результат получается для распределений пар протонов по косинусу угла между векторами их импульсов /рис.5/.

Не наблюдается существенных различий в обоих типах взаимодействий в распределении пар протонов по величине:

$$\Delta M_{\text{эфф}} = M_{\text{эфф}} - 2M_p \quad /1/$$

где  $M_{\text{эфф}}$  - эффективная масса двух протонов,  $M_p$  - масса протона /рис.6/.

На рис.7 показаны структурные функции для протонов из событий "6К" - /а/, в том числе и для протонов из области максимума /для них  $0,36 < \cos\theta < 0,60$ / - /б/. Здесь же для сравнения приведены структурные функции для протонов, удовлетворяющих критерию /К6/ и испущенных из всех остальных  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий под теми же углами / $0,36 < \cos\theta < 0,60$ / - /в/\*. Распределения совпадают друг с другом и имеют экспоненциальный вид. Параметры наклона  $B$  при аппроксимации распределений выражением вида

$$f(P_p^2) = A \exp(-BP_p^2) \quad /2/$$

содержатся в табл.2 /в скобках приведены величины  $\chi^2$  на одну степень свободы/. Как и следовало ожидать /рис.7/, параметры наклона для рассмотренных 3-х типов взаимодействий практически совпадают друг с другом.

Таблица 2

Параметры наклона структурных функций для протонов

Индекс распределения /см. текст/	$B/\text{ГэВ}/c^{-2}$
/а/	$12,5 \pm 0,5$ /1,67/
/б/	$12,9 \pm 1,0$ /0,54/
/в/	$12,6 \pm 0,4$ /1,44/

В заключение отметим, что средние характеристики вторичных  $\pi^\pm$ -мезонов в событиях "6К" качественно не отличаются от аналогичных для всех  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий, сопровождающихся полным развалом ядра-мишени. Вопрос этот будет предметом дальнейших исследований.

\* Распределения /в/ нормированы к распределению /б/ по первой точке.

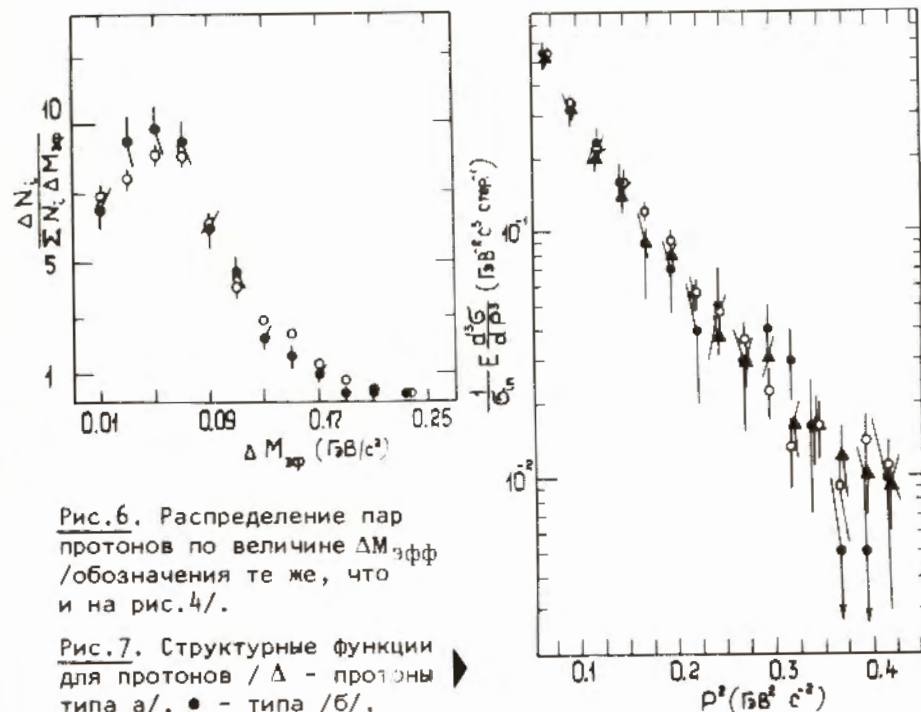


Рис.6. Распределение пар протонов по величине  $\Delta M_{\text{эфф}}$  /обозначения те же, что и на рис.4/.

Рис.7. Структурные функции для протонов / $\Delta$  - протоны типа а/,  $\bullet$  - типа б/,  $\circ$  - типа в/.

#### 4. ВЫВОДЫ

В угловых распределениях протонов из  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействий, сопровождающихся полным развалом ядра-мишени, наблюдается максимум в районе  $60^\circ$ . Этот максимум проявляется особенно четко, если при отборе событий пользоваться критериями, естественными с точки зрения задачи поиска ударных волн.

Импульсные и угловые характеристики протонов в отобранных по всем критериям  $\pi^{-12}\text{C}$ -взаимодействиях не отличаются от аналогичных для всех остальных событий.

Авторы благодарны коллективу сотрудничества по обработке снимков с 2-метровой пропановой камеры за помощь в обработке экспериментального материала и обсуждения, а также М.И.Соловьеву, М.И.Подгорецкому, Ю.А.Трояну за ценные замечания.

#### Литература

1. Толстов К.Д. ОИЯИ, Р1-2016, Дубна, 1965.
2. Толстов К.Д., Хошмухамедов Р.А. ОИЯИ, Р1-6897, Дубна, 1973.

3. Ахроров О. и др. ОИЯИ, P1-9963, Дубна, 1976.
4. Гагарин Ю.Ф. и др. Изв. АН СССР, сер.Физ., 1974, т.38, №5, с.988.
5. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1978, 28, с.684.
6. Калинин Б.Н., Шмонин В.Л. ОИЯИ, P2-7871, Дубна, 1974.
7. Baumgardt H.G. et al. Z.Phys., 1975, A273, p.359.
8. Hofmann J. et al. В кн.: Труды Международной конференции по избранным вопросам структуры ядра. Дубна, 1976. ОИЯИ, Д-9920, Дубна, 1976, гл. II, с.370.
9. Crawford H.J. et al. Phys.Rev.Lett., 1975, 34, p.329.
10. Jakobsson B., Kullberg R. Cosmic Ray Physics Report, LUTS-CR-75-14, Lund, 1975.
11. Басова Е.С. и др. Письма в ЖЭТФ, 1976, 24, с.257.
12. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1977, 25, с.1013.

Рукопись поступила в издательский отдел  
5 мая 1980 года.