

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P1-87-27

Д. Армутлийски, А. П. Гаспарян, В. Г. Гришин,
Г. Р. Гулканян¹, И. А. Ивановская, Т. Канарек,
З. А. Киракосян¹, Е. Н. Кладницкая, Р. Р. Мехтиев²,
И. М. Равинович¹, М. И. Соловьев, Г. П. Тонеева,
В. Д. Тонеев, М. Я. Чубарян¹, А. П. Чеплаков

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА
ВКЛАДА ВТОРИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОГЛОЩЕНИЯ
В ОБРАЗОВАНИЕ ПРОТОНОВ,
ИСПУЩЕННЫХ В ЗАДНЮЮ ПОЛУСФЕРУ,
В НУКЛОН-УГЛЕРОДНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ИМПУЛЬСАХ 4,2 И 10 ГэВ/с

Направлено в журнал "Ядерная физика"

¹ Ереванский физический институт

² Институт физики АН АзССР, Баку

Экспериментальные и теоретические исследования кумулятивного эффекта, т.е. рождения частиц, вылетающих в кинематически запрещённую для реакций на свободном нуклоне область (КЗО), позволили установить ряд важных свойств ядерной материи: наличие нуклонных корреляций, многокварковых образований и др.^{1/2} Однако выделение этих явлений на фоне других, не связанных непосредственно со структурными особенностями ядра на расстояниях, значительно меньших среднего междулонного расстояния в ядре, является сложной задачей, требующей количественного учёта многих механизмов.

Для решения этой задачи необходима постановка корреляционных экспериментов, например, с регистрацией протона в КЗО и сопутствующих частиц различного типа. В работах^{1/2} было экспериментально установлено, что одним из возможных механизмов рождения протонов в заднюю полусферу (ЗП) является процесс поглощения малоэнергичных π^+ - мезонов на коррелированной паре нуклонов в ядерном веществе.

Целью настоящей работы является экспериментальная оценка вклада вторичных процессов поглощения в образование протонов в ЗП в нуклон-углеродных взаимодействиях при импульсах 4,2 и 10 ГэВ/с.

Предположим, что протон в ЗП рождается в реакции поглощения π^+ - мезона квазидейтронной парой



Тогда из кинематики процесса (I) (если не учитывать пока ферми-движение и энергию связи пары нуклонов в ядре)

$$\left. \begin{aligned} E_\pi + m_d &= E_1 + E_2 \\ \vec{P}_\pi &= \vec{P}_1 + \vec{P}_2 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

следует, что между парой образующихся протонов должны наблюдаться определённые корреляции, которые задаются только эффективной массой поглощённого пиона:

$$\mu_\pi^2 = E_\pi^2 - \vec{P}_\pi^2 = (T_1 + T_2)^2 - (\vec{P}_1 + \vec{P}_2)^2, \quad (3)$$

где T_1, T_2, P_1, P_2 - кинетические энергии и импульсы протонов.

Если механизм (I) даёт заметный вклад в образование протонов в ЗП, то в распределении по μ_π^2 должен наблюдаться пик в области $\mu_\pi^2 = 0,02 \text{ ГэВ}^2/\text{с}^4$ (масса пиона в квадрате). Нетрудно показать, что учёт энергии связи пары нуклонов в ядре (ΔE) и ферми-движения квазидейтрона приводит к небольшому смещению пика в распределении по μ_π^2 в сторону меньших значений на величину $\delta = 2\Delta E (T_1 + T_2) + 2T_d(E_1 + E_2)$, а также к уширению пика приблизительно на величину $\gamma = 2\vec{P}_d(\vec{P}_1 + \vec{P}_2)$, где T_d, \vec{P}_d - кинетическая энергия и импульс ферми-движения квазидейтрона.

Эксперимент был выполнен с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ, облученной в пучках протонов и дейтронов при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон и пучком протонов с импульсом 10 ГэВ/с. Граничный импульс регистрации протонов в пропане составляет ~ 150 МэВ/с. Методика обработки экспериментального материала описана в работе^{3/}.

Было обработано 2700 взаимодействий протонов в пропане при импульсе 10 ГэВ/с, 5400 соударений протонов и около 3000 взаимодействий нейтронов в пропане при импульсе 4,2 ГэВ/с. Последние соответствовали $d(C_3H_8)$ -столкновениям, в которых присутствовал непро- взаимодействовавший (стриппинговый) протон налетающего дейтрона (стриппинговым считался протон с углом вылета $\theta \leq 4^\circ$ и импульсом $P > 3$ ГэВ/с.)

Для анализа отбирались взаимодействия с ядром углерода, в которых имелась по крайней мере одна пара уверенно идентифицированных протонов с импульсами $P_p = (0,25 + 0,75)$ ГэВ/с. Требовалось также наличие протона в ЗП. Нижняя граница импульсного интервала выбрана для подавления вклада испарительных протонов, верхняя связана с методическими особенностями идентификации протонов в пропановой камере. Следует отметить, что хотя минимальный импульс протона в реакции $\pi^+ d \rightarrow pp$ на свободном дейтроне составляет 0,37 ГэВ/с, однако из-за ферми-движения квазидейтрона в ядре он может уменьшаться до 0,2 ГэВ/с.

На рис. I приведено суммарное экспериментальное распределение по величине μ_π^2 (все приведенные ниже распределения в пределах ошибок одинаковы для событий при 4,2 и 10 ГэВ/с, поэтому для уменьшения статистических ошибок они анализируются совместно). Видно, что распределение имеет пик при $\mu_\pi^2 \sim (-0,05 \pm 0)$ ГэВ²/с⁴. Если предположить, что пик обусловлен механизмом $\pi^+ d \rightarrow pp$, то его небольшой сдвиг относительно $\mu_\pi^2 = m_\pi^2$ для всех отобранных событий может быть объяснен учётом энергии связи пары нуклонов в ядре C^{12} ($\delta \sim 0,05$ ГэВ² при $\Delta E \approx 0,05$ ГэВ/4/). Ожидаемое расширение распределения (при $\langle P_d^2 \rangle \sim 0,02$ ГэВ²/с²) составляет в среднем около $\gamma \sim 0,1$ ГэВ²/с².

Пунктиром на рис. I показано фоновое распределение, где протоны выбирались из разных событий той же выборки. Нормировка фоновой кривой и экспериментального спектра проводилась по площади в области $\mu_\pi^2 < -0,2$ ГэВ²/с⁴, где вклад механизма (I) предполагается незначительным. Видно, что в области $\mu_\pi^2 > -0,2$ ГэВ²/с⁴ экспериментальное распределение заметно превышает фоновое, что указывает на определенную роль механизма (I) в образовании пар протонов.

Гистограмма на рис. I - расчёт по каскадной модели с учётом механизма поглощения (I).

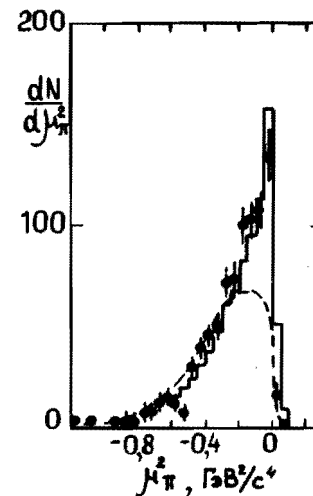


Рис. I.
Распределение по величине μ_π^2 : точки - эксперимент, пунктир - фон, гистограмма - расчёт по ДМ

Вычисления выполнены с использованием дубовского варианта каскадной модели адрон-ядерных и ядро-ядерных столкновений, детально описанной в^{5/}. Для случая адронных реакций основное отличие данной модели от стандартного варианта^{6/} заключается в переходе от приближения непрерывного распределения

ядерного вещества к рассмотрению ядра как совокупности A точечных нуклонов. В области высоких ($\gg 3-5$ ГэВ) энергий это позволяет легко учесть изменение локальной плотности нуклонов ядра в процессе взаимодействия, что приводит к выходу ядерных характеристик на режим предельной фрагментации (т.е. независимости от первичной энергии средних значений энергии возбуждения и множественности выбитых нуклонов). Отмеченный эффект важен и в низкоэнергетической области, особенно для каналов, реализующихся с большим сечением (например, для πN -взаимодействия в области (3,3)-резонанса), поскольку переход к рассеянию на отдельных центрах фактически означает запрет двух последовательных столкновений на расстоянии, меньшем расстояния между рассеивающими центрами, что приводит к эффективному уменьшению сечения. Сказанное относится к учёту процесса поглощения пиона в ядре квазидейтронной парой, сечение которого обладает чётко выраженной резонансной структурой. Хотя величина константы, характеризующей силу этого процесса, взята точно такой же, как в^{6/}, её эффективное значение меньше. При этом оказалось, что данный вариант модели лучше, чем^{6/}, описывает энергетический ход и абсолютные сечения для каналов рассеяния, рассеяния с перезарядкой и для поглощения пионов на ядрах в области (3,3)-

- резонанса, аппроксимируя константой потенциал пион-ядерного взаимодействия.

На рис.2 а) и б) приведены распределения по μ_{π}^2 для двух выборок: а) события без Π^+ - мезонов с импульсом $P_{\pi^+} < 0,5$ ГэВ/с, которые могли бы дать вклад в образование пары протонов в реакции (I); б) события с хотя бы одним Π^+ - мезоном с импульсом $P_{\pi^+} < 0,5$ ГэВ/с. Естественно ожидать, что в событиях типа б) вклад механизма (I) должен быть значительно меньше, чем в событиях типа а). Действительно, эти распределения отличаются друг от друга: в области $\mu_{\pi}^2 > -0,2$ ГэВ²/с⁴ для событий типа а) превышение экспериментального распределения над фоновым заметно больше, чем для событий типа б).

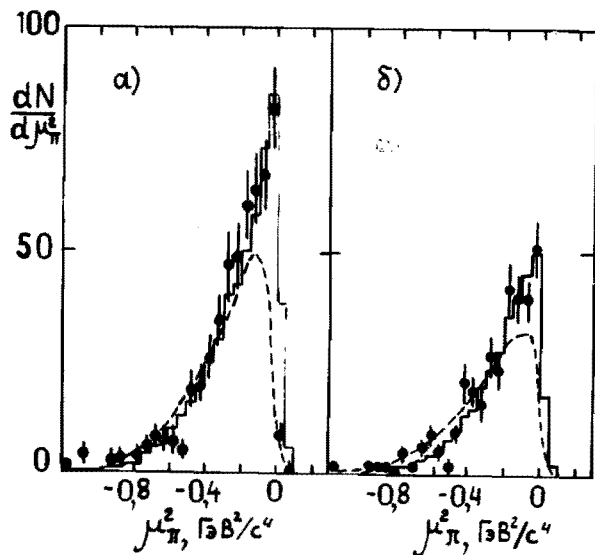


Рис.2. Распределение по величине μ_{π}^2 для двух выборок событий:

- а) без Π^+ -мезонов с импульсами $P_{\pi^+} < 0,5$ ГэВ/с;
- б) с хотя бы одним Π^+ -мезоном с импульсом $P_{\pi^+} < 0,5$ ГэВ/с.

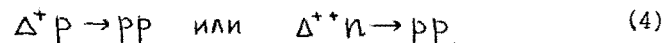
Экспериментальная оценка вклада процесса $\Pi^+ d \rightarrow pp$ в образование протонов в ЗП проводилась путем вычитания экспериментального и фонового распределений (рис.1). Вклад этого процесса в инклюзивное сечение образования "протонов-назад" оказался равным $(22 \pm 3)\%$.

Аналогично реакции (I), вклад в образование протонов в КЗО может дать канал поглощения нейтральных пионов на квазидейтронной паре $\Pi^0 d \rightarrow pn$, сечение для которого в соответствии с принци-

пом изотопической инвариантности можно положить равным сечению реакции (I). Полагая, что в pC - и nC - взаимодействиях инклюзивные спектры "промежуточных", соответственно, Π^+ и Π^0 - мезонов в их малоэнергичной части ($P_{\pi} < 0,5$ ГэВ/с) слабо отличаются друг от друга, и учитывая, что в реакции $\Pi^0 d \rightarrow pn$ летящим назад может оказаться с одинаковой вероятностью либо нейтрон, либо протон, можно ожидать, что вклад этого механизма в инклюзивное сечение образования "протонов - назад" равен примерно половине вклада реакции (I), т.е. $\sim 11\%$.

Таким образом, около трети, $(33 \pm 6)\%$ протонов, вылетающих в заднюю полусферу в л.с.к., с импульсами $P_p = (0,25 \pm 0,75)$ ГэВ/с в нуклон-углеродных взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с и 10 ГэВ/с образуются в результате поглощения вторичных пионов квазидейтронными парами в ядре-мишени.

Другой возможный механизм образования протонов в ЗП - это процесс поглощения Δ - изобары на нуклоне в ядре:



В этом случае выражение для μ_{Δ}^2 принимает следующий вид:

$$\mu_{\Delta}^2 = (T_1 + T_2 + m_p)^2 - (\vec{p}_1 + \vec{p}_2)^2. \quad (5)$$

Если механизм (4) вносит заметный вклад, то должен наблюдаться пик в распределении по μ_{Δ}^2 в области $\mu_{\Delta}^2 \sim 1,5$ ГэВ²/с⁴ (со сдвигом порядка $\delta \sim 2mE(T_1 + T_2 + m) \approx 0,06$ ГэВ²). Распределение по μ_{Δ}^2 приведено на рис.3. Поскольку в области $\mu_{\Delta}^2 > 1,5$ имеется мало комбинаций, можно дать только оценку верхней границы вклада этого процесса, которая составляет $\sim 3\%$.

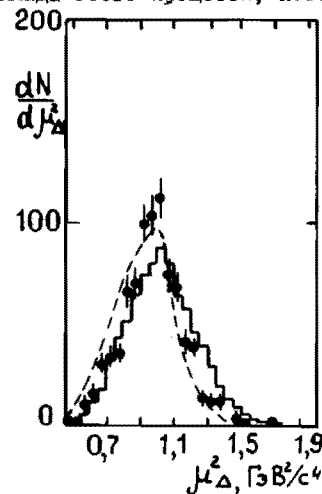


Рис.3.

Распределение по величине μ_{Δ}^2 .

Таким образом, приведенные выше экспериментальные результаты являются, на наш взгляд, доказательством заметной роли механизма поглощения вторичных Π^+ -мезонов квазидейтронными парами в образовании протонов в заднюю полусферу в л.с.к.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги,
если они не были заказаны ранее.

- Л И Т Е Р А Т У Р А
1. Балдин А.М. ЭЧАЯ; 1977, т.8, с.429;
Ставинский В.С. ЭЧАЯ, 1979, т.10, с.949;
Бавков Ю.Д. и др. ЯФ (1985), т.42, с.377, с.185.
 2. Комаров В.И. и др. Nucl.Phys., A326, p-297 (1979);
Амелин Н.С. и др. ЭЧАЯ (1982), т.13, с.130;
ОИЯИ, P2-83-768, Дубна, 1983;
Асатурян В.М. и др. ЯФ (1983) т. 38, с.684;
Гулкянян Г.Р. и др. ВМ-643 (33)-83, Ереван, 1983.
Amosov V.V. et al. PHE 85-11, Leipzig.
 3. Ангелов Н. и др. ОИЯИ, I-12424, Дубна, 1979.
 4. Белостоцкий С.Л. и др. ЛИН-867, Ленинград, 1983.
 5. Гудима К.К., Тонеев В.Д., ЯФ (1978), т.27, с.658;
Nucl.Phys., (1983), A400, p.173 с.
 6. Барашенков В.С., Тонеев В.Д. "Взаимодействие высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами", Атомиздат, М., 1972.

D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.
D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды VIII Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/	7 р. 75 к.
D10,11-84-818	Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983	3 р. 50 к.
	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/	13 р. 50 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
D11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р.
D13-85-793	Труды X Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна 1985.	4 р. 80 к.
D3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р. 50 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Рукопись поступила в издательский отдел
22 января 1987 года.

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Армутлийски Д. и др.

P1-87-27

Экспериментальная оценка вклада вторичных процессов поглощения в образование протонов, испущенных в заднюю полусферу, в нуклон-углеродных взаимодействиях при импульсе 4,2 и 10 ГэВ/с

На основе экспериментальных данных, полученных в результате обработки стереофотографий с двухметровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ, исследованы корреляционные характеристики протонов, испущенных в заднюю полусферу в л.с.к., в сопровождении с другими протонами в нуклон-углеродных взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с и 10 ГэВ/с. Наблюдены кинематические корреляции, указывающие на заметную роль в образовании такой пары протонов механизма поглощения малоэнергичных π^{\pm} -мезонов квазидейтронными парами в ядерном веществе. Получена оценка вклада этого процесса, составляющая около 30% инклюзивного сечения образования протонов, испущенных в заднюю полусферу.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Armutlijski D. et al.

P1-87-27

Experimental Estimation of Contribution of Absorption Secondary Processes to the Proton Production into Backward Hemisphere in Nucleon-Carbon Interactions at 4.2 and 10 GeV/c Momenta

On the basis of data obtained in an analysis of stereopictures from the 2-m propane bubble chamber at High Energy Laboratory, JINR, correlations between protons emitted into the backward hemisphere in the laboratory frame and other accompanying protons have been investigated for nucleon-carbon interactions at 4.2 GeV/c and 10 GeV/c. Kinematic correlations show a considerable role of the absorption mechanism of low-energy π^{\pm} -mesons by quasi-deuteron pairs in nuclear matter. The obtained estimate of this process contributes about 30 per cent of the inclusive cross section for proton production in the backward hemisphere.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987