

**СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА**

C 557

P1-88-393

**ИМПУЛЬСНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НУКЛОНОВ,  
ВЫЛЕТАЮЩИХ ПОД БОЛЬШИМИ УГЛАМИ  
В  $^4\text{He}$ -p-СТОЛКНОВЕНИЯХ**

**Сотрудничество: Варшава - Дубна - Кошице -  
Москва - Страсбург - Тбилиси**

**1988**

Т.Собчак, И.Стэпаняк  
Институт ядерных проблем

В.В.Глаголев, Р.М.Лебедев, Г.Д.Пестова, С.С.Шиманский  
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

М.Семан, Л.Шандор  
Институт экспериментальной физики САН, Кошице, ЧССР

Й.Главачова, Г.Мартинска, Й.Паточка, Й.Урбан  
Университет им.П.Й.Шафарика, Кошице, ЧССР

К.У.Хайретдинов  
Физический институт им.П.Н.Лебедева АН СССР, Москва

Г.Браун, Ж.-П.Жербер, П.Жюйо, А.Мишалон  
Центр ядерных исследований, Страсбург, Франция

А.К.Качарава, М.С.Ниорадзе, З.Р.Салуквадзе  
Институт физики высоких энергий ТГУ, Тбилиси

В последние годы большое внимание уделяется исследованию адрон-ядерных соударений при релятивистских энергиях с целью изучения новых физических явлений. Имеются в виду, например, коллективные взаимодействия нуклонов<sup>1/</sup>, мультикварковые состояния в ядрах<sup>2/</sup>, короткодействующие корреляции<sup>3/</sup>, которые могут предоставить информацию о свойствах и структуре ядерного вещества, а также о пространственно-временной картине процесса рождения адронов<sup>4/</sup>.

В области импульсов налетающих частиц до 5 ГэВ/с на нуклон накоплено большое количество экспериментальных данных и опубликован ряд теоретических расчетов, в частности, для взаимодействий с легкими ядрами<sup>5/</sup>. Однако в этой области энергий дают вклад различные процессы, и до сих пор нет ясного представления, где работают традиционные механизмы / $\Delta$ -изобара, ВКС и т.п./, а где мы наблюдаем новые эффекты /такие, как б $\bar{q}$ -состояния, флуктоны и т.д./. Большинство имеющихся экспериментальных данных получено в электронных экспериментах, преимуществами которых являются большая статистика и сравнительно быстрая обработка. Среди их недостатков можно отметить ограничение инклюзивным или полуинклюзивным подходами, а также ограниченное фазовое пространство. Сочетание пузырьковой камеры с пучком ускоренных ядер дает возможность получить более полную информацию об изучаемых реакциях благодаря 4 $\pi$ -геометрии и надежной регистрации заряженных частиц.

Обсуждаемые экспериментальные результаты получены с помощью 100 см водородной пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ, экспонированной ядрами  $^4\text{He}$  при двух значениях импульса: 8,6 и 13,6 ГэВ/с. Обработка событий проводилась по стандартной схеме: двукратный просмотр, измерения, геометрическая реконструкция и кинематический анализ с использованием адаптированных программ библиотеки CERN-HYDRA. На магнитных лентах суммарных результатов накоплено 38732 события при импульсе 8,6 ГэВ/с и 31145 событий при 13,6 ГэВ/с.

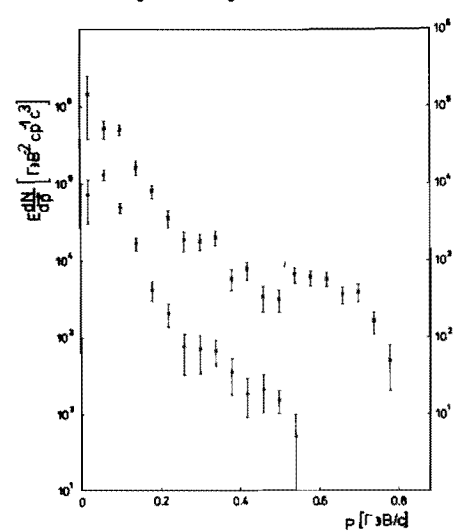
В работе обсуждаются спектры нуклонов, вылетающих под большими углами в системе покоя ядра  $^4\text{He}$ . Большие углы вылета выгодны тем, что лидирующие частицы не дают вклада в эту область, а кинематика квазиупругого нуклон-нуклонного рассеяния подавляет вклад нуклонов отдачи. Вклад в эту область могут дать спектаторные нуклоны и нуклоны-продукты неупругих взаимодействий,

идуших через образование и поглощение промежуточных возбужденных барионных состояний или виртуальных  $\pi$ -мезонов, кумулятивные нуклоны<sup>/2/</sup>.

В качестве иллюстрации можно сослаться на работы<sup>/7-9/</sup>, в которых исследовались спектры протонов, вылетающих в заднюю полу сферу в реакции  $dp \rightarrow ppp$  при импульсе дейтронов 3,33 ГэВ/с. В этих спектрах наблюдалось плечо в области 300÷500 МэВ/с, а также усиление этого эффекта в реакции перезарядки. Отношение выхода протонов к нейтронам в области, близкой к 180°, сильно возрастало и при значениях  $x = T/T_{\text{макс}}$ , больших 0,5, достигало значения, близкого к 5<sup>/8/</sup>. Было предположено, что указанные эффекты связаны с возникновением виртуальной  $\Delta$ -изобары с последующим переходом  $\Delta N \rightarrow NN$ . Проведенные в ряде работ<sup>/10-14/</sup> теоретические расчеты подтвердили указанное предположение. Исследованная реакция не содержала  $\pi$ -мезонов в конечном состоянии. Кроме того, импульс, приходившийся на один нуклон (1,66 ГэВ/с), находился вблизи максимума рождения  $\Delta$ -изобары.

Наличие экспериментальных данных по  ${}^4\text{He}$ - $p$ -столкновениям при двух импульсах падающего ядра /в системе покоя ядра  ${}^4\text{He}$  это 2,15 ГэВ/с и 3,40 ГэВ/с, соответственно/, а также возможность выделения безмезонных каналов и каналов, содержащих  $\pi$ -мезоны, дает возможность дополнительной проверки сделанных ранее предположений.

Экспериментальные результаты представляются в виде зависимости инвариантных дифференциальных поперечных сечений от импульса в системе покоя ядра  ${}^4\text{He}$ . Величины поперечных сечений приведены в относительных единицах. Абсолютные значения могут быть получены умножением на миллибарн-эквивалент события, со-



ставляющий 3,405 мкб/событие для данных при 8,6 ГэВ/с и 4,326 мкб/событие для данных при 13,6 ГэВ/с, хотя для выво-

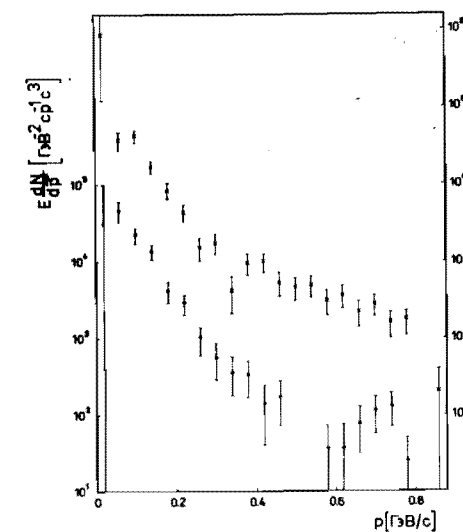
Рис.1. Инвариантные дифференциальные сечения образования протонов в  ${}^4\text{He}$ - $p$ -взаимодействиях при импульсе  ${}^4\text{He}$  8,6 ГэВ/с в зависимости от импульса протона для углов вылета  $\cos\theta \in [-1, -0,666/$  в системе покоя ядра  ${}^4\text{He}$ . о - протоны из каналов, содержащих  $\pi$ -мезоны /левая шкала/; х - протоны из каналов, не содержащих  $\pi$ -мезоны /правая шкала/. Ошибки статистические.

дов настоящей работы они не существенны. Все распределения приводятся для интервала углов  $\cos\theta \in [-1, -0,666/$  для реакций с одной нейтральной частицей и без нейтральных частиц. Крестиками на рисунках представлены данные для нуклонов из безмезонных реакций, открытыми кружками - для нуклонов из реакций с рождением  $\pi$ -мезонов.

На рис.1 приведены экспериментальные распределения для протонов из  ${}^4\text{He}$ - $p$ -взаимодействий при импульсе 8,6 ГэВ/с. Видно резкое различие поведения спектров в каналах, содержащих  $\pi$ -мезоны, и в каналах без  $\pi$ -мезонов. Спектр протонов из каналов, содержащих  $\pi$ -мезоны, регулярно убывает с ростом импульса протона. Фитирование экспериментальных данных экспоненциальной функцией  $y = a \exp(-bp)$  дает значение наклона  $b = (25,2 \pm 1,5)$  (ГэВ/с)<sup>-1</sup> с  $\chi^2 = 2,1$  на степень свободы. Первая точка спектра была исключена из процедуры фитирования. Спектр протонов из безмезонных каналов имеет ясно выраженное плечо.

Разница между приведенными на рис.2 распределениями для нейтронов в тех же группах каналов не такая яркая, как в случае протонов. Однако наблюдается плато в интервале импульсов 350÷600 МэВ/с для нейтронов из каналов, не содержащих  $\pi$ -мезоны. Этот результат качественно согласуется с данными<sup>/8/</sup>. Процедура минимизации дала для наклона спектра нейтронов из каналов с  $\pi$ -мезонами значение  $b = (16,1 \pm 1,1)$  (ГэВ/с)<sup>-1</sup> с  $\chi^2 = 1,22$  на степень свободы.

На рис.3 и рис.4 показаны аналогичные распределения, но для импульса 13,6 ГэВ/с. Видно, что различие между каналами с  $\pi$ -ме-



зонами и без  $\pi$ -мезонов стирается. Значения наклонов для протонных спектров составили  $b = (11,3 \pm 1,0)$  (ГэВ/с)<sup>-1</sup> и  $b = (14,3 \pm 0,9)$  (ГэВ/с)<sup>-1</sup> соответственно для событий без  $\pi$ -мезонов и с  $\pi$ -мезонами. В первом случае  $\chi^2 = 1,38$ , во втором -  $\chi^2 = 1,28$  на степень свободы.

Рис.2. Инвариантные дифференциальные сечения образования нейтронов в  ${}^4\text{He}$ - $p$ -взаимодействиях при импульсе  ${}^4\text{He}$  8,6 ГэВ/с. Остальные обозначения, как на рис.1.

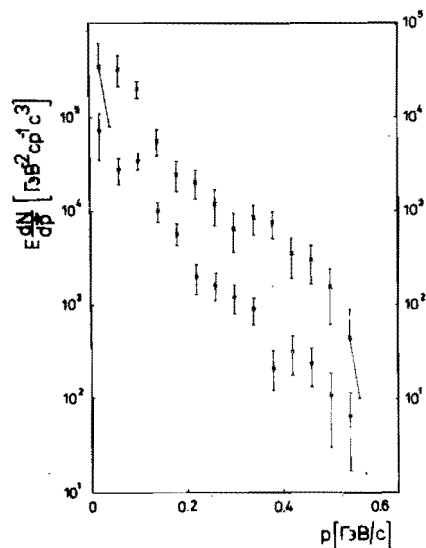
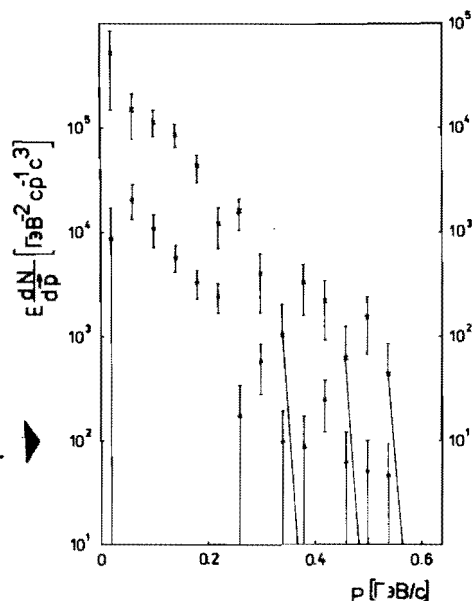


Рис.3. Инвариантные дифференциальные сечения образования протонов в  ${}^4\text{He}$ - $p$ -взаимодействиях при импульсе  $\text{He}$  13,6 ГэВ/с. Остальные обозначения, как на рис.1.

Рис.4. Инвариантные дифференциальные сечения образования нейтронов в  ${}^4\text{He}$ - $p$ -взаимодействиях при импульсе  $\text{He}$  13,6 ГэВ/с. Остальные обозначения, как на рис.1.



Для нейтронов результаты аналогичны. Наклоны спектров составляют  $b = (15,6 \pm 1,3) (\text{ГэВ/с})^{-1}$  ( $\chi^2 = 1,15$  на степень свободы) и  $b = (15,6 \pm 1,4) (\text{ГэВ/с})^{-1}$  ( $\chi^2 = 1,88$  на степень свободы).

Полученные результаты не противоречат предположению о присутствии механизмов взаимодействия  $\Delta$ -изобары в промежуточном состоянии с нуклоном или поглощения виртуального  $\pi$ -мезона парой нуклонов. Уменьшение эффекта в случае нейтронов по сравнению с протонами для безмезонных каналов согласуется с выводами<sup>9-13/</sup>, основанными на использовании изотопических соотношений. Подавление эффекта "плато" в дифференциальных сечениях при более высокой энергии можно понять, если учесть уменьшение сечения образования  $\Delta$ -изобар. По данным<sup>15-16/</sup> поперечные сечения процессов  $pp \rightarrow \Delta^{++}n$  16 мб и 6,3 мб,  $pp \rightarrow \Delta^+p$  8,9 мб и 2,2 мб,  $pn \rightarrow \Delta^0p$  4,9 мб и 2,4 мб соответственно при импульсах 2,15 и 3,4 ГэВ/с на нуклон. Так как в области импульсов 2 ГэВ/с большинство  $\pi$ -мезонов рождается через  $\Delta$ -резонансы<sup>15/</sup>, появление  $\pi$ -мезона в конечном состоянии, естественно, уменьшает

вероятность процессов типа  $N\Delta \rightarrow NN$  или поглощения  $\pi$ -мезона на паре нуклонов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрены инвариантные дифференциальные поперечные сечения для нуклонов, вылетающих под большими углами в системе покоя ядра  ${}^4\text{He}$  в зависимости от их импульсов в  ${}^4\text{He}$ - $p$ -взаимодействиях при двух энергиях. Приведены аргументы в пользу существенной роли таких неупругих процессов, как взаимодействие промежуточной  $\Delta$ -изобары с нуклоном или поглощение виртуального  $\pi$ -мезона парой нуклонов.

Авторы выражают благодарность М.Стегликовой и А.Хомичевой за оформление рисунков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балдин А.М. - В сб.: - XIV Международная школа молодых ученых по физике высоких энергий. Д2-81-158, 1981, Дубна: ОИЯИ, с.296.
2. Балдин А.М. и др. - В сб.: - VII Международный семинар по проблемам физики высоких энергий. Д1,2-84-399, 1984, Дубна: ОИЯИ, с.195; Лексин Г.А. - Там же, Д1,2-84-399, 1984, Дубна: ОИЯИ, с.202.
3. Frankfurt L.L., Strikman M.I. - Phys.Lett., 1976, 65, p.51.
4. Стрикман М.И., Франкфурт Л.Л. - ЭЧАЯ, 1980, 11, с.571.
5. Fredricsson S. et al. TRITA-TFY-84-06, Stockholm, 1984.
6. Балдин А.М. - ЭЧАЯ, 1977, 8, с.429.
7. Глаголев В.В. и др. ОИЯИ, P1-12907, Дубна, 1979.
8. Аладашвили Б.С. и др. - ЯФ, 1978, 27, с.704.
9. Аладашвили Б.С. и др. - ЯФ, 1979, 30, с.1569.
10. Alberi G., Baldracchini F. INFN/AE-77/1, Trieste, 1977.
11. Амелин Н.С., Лыкасов Г.И. - ЯФ, 1978, 28, с.1258.
12. Frankfurt L.L., Strikman M.I. - Phys.Lett., 1979, 83B, p.497.
13. Копелиович В.Б., Радоманов В.Б. ОИЯИ, P2-11938, Дубна, 1978.
14. Копелиович В.Б. - ЯФ, 1977, 26, с.168.
15. Benary O. et al. CERN, UCRL-20000 NN, Geneva, 1970.
16. Flaminio V. et al. CERN-HERA, 84-01, Geneva, 1984.

Рукопись поступила в издательский отдел  
6 июня 1988 года.