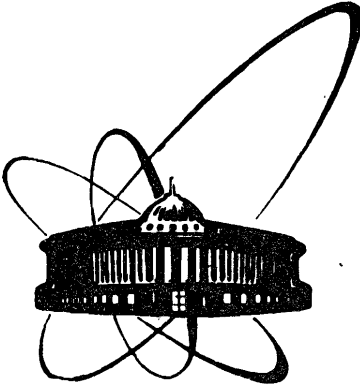


87-905



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P1-87-905

ИМПУЛЬСНЫЕ И УГЛОВЫЕ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОТОНОВ  
ИЗ  $dTa$ - И  $STa$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ  
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,2 ГэВ/с на нуклон

Сотрудничество: Алма-Ата - Баку - Белград -  
Бухарест - Варна - Варшава - Дубна - Ереван -  
Краков - Лейпциг - Москва - Прага - Самарканд -  
София - Ташкент - Тбилиси - Улан-Батор

Направлено в журнал "Ядерная физика"

1987

Д.Армутлийски, А.П.Гаспарян, В.Г.Гришин, Л.А.Диденко, И.А.Ивановская, Т.Канарек, Е.Н.Кладницкая, Д.К.Копылова, В.Б.Любимов, К.Миллер, В.Ф.Никитина, М.И.Соловьев, Я.Плюта, Р.Тогоо, А.П.Чеплаков  
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

А.Х.Виницкий, М.И.Избасаров, И.Я.Часников  
Институт физики высоких энергий АН КазССР, Алма-Ата

О.Б.Абдинов, Г.Н.Агакишиев, Р.Р.Мехтиев  
Институт физики АН АзССР, Баку

С.Бацкович, С.Дрндаревич, Д.Крпич, Л.Рак, Л.Симич  
Институт физики, Университет, Белград

Е.Балеа, О.Балеа, В.Болдеа, С.Дица, Т.Понта  
Центральный институт физики, Бухарест

С.Прокопиева  
Высший машино-электротехнический институт, Варна

Е.Биалковска, Е.Богданович  
Варшавский университет

Г.Р.Гулканян, З.А.Киракосян, С.А.Корчагин, И.М.Равинович, М.Я.Чубарян  
Ереванский физический институт

Е.Бартке, М.Ковальски  
Институт ядерной физики, Краков

К.Хансен  
Лейпцигский университет

И.Н.Ерофеева, Н.Н.Мельникова, В.С.Мурзин, В.М.Попова, С.Ю.Сивоклоков, А.Н.Соломин, Г.П.Тонеева, Л.М.Щеглова  
Научно-исследовательский институт ядерной физики и физический факультет МГУ, Москва

И.Долейши, З.Трка, Я.Тркова  
Карлов университет, Прага

Р.Н.Бекмирзаев, М.М.Муминов, И.Суванов, С.А.Шарапова, У.Д.Шеркулов  
Самаркандский государственный университет

И.Ангелов, Н.Ахабабян, Л.Грекова, П.Керачев, П.К.Марков, Х.Семерджиив  
Институт ядерных исследований и ядерной энергетики БАН.  
Высший машино-энергетический институт, София

С.О.Едгоров, С.Л.Лутпуллаев, М.Ю.Кратенко, К.Г.Турдалиев, А.А.Юлдашев, Б.С.Юлдашев  
Физико-технический институт АН УзССР, Ташкент

Н.С.Амаглобели, Н.С.Григалашвили, Н.К.Куциди, З.В.Метревели, Ю.В.Тевзадзе, М.В.Топуридзе  
Институт физики высоких энергий Тбилисского государственного университета

Ц.Баатар, Ц.Батсайхан, Д.Тувдендорж, Г.Шарху  
Институт физики и техники Монгольской академии наук, Улан-Батор

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Как было показано ранее<sup>/1/</sup>, сечения взаимодействия и множественности вторичных частиц, образующихся при соударении ядер с ядрами, удовлетворительно описываются на основе представления о независимом взаимодействии нуклонов ядра-снаряда с ядром-мишенью. Иначе обстоит дело с импульсными и угловыми характеристиками вторичных частиц. Изучение спектра  $\pi^-$ -мезонов, рожденных при взаимодействии ядер углерода с ядрами тантала при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон<sup>/2,3/</sup>, показало существование некоторой доли ( $\sim 3\%$ ) частиц, которые не могут быть описаны в рамках модели внутриядерного каскада, а являются результатом кумулятивного взаимодействия нескольких нуклонов сталкивающихся ядер. В данной работе с целью дальнейшего изучения механизма взаимодействия ядер с ядрами мы исследуем спектры протонов, образованных при столкновениях ядер дейтерия и углерода с ядрами тантала при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон. Проводится сравнение экспериментальных результатов с предсказаниями дубненского варианта каскадно-испарительной модели (ДКМ)<sup>/4,5,6/</sup>.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕТОДИКА

Экспериментальный материал был получен с помощью 2-метровой пропановой камеры, в рабочем объеме которой размещались 3 танталовые пластины толщиной 1 мм на расстоянии 93 мм друг от друга. Камера находилась в магнитном поле напряженностью 1,5 Т и была облучена на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ ядрами дейтерия и углерода с импульсом 4,2 ГэВ/с на нуклон.

Зарегистрированные в камере взаимодействия измерялись на полуавтоматах САМЕТ и обсчитывались на ЭВМ по программе геометрической реконструкции. Средняя ошибка в измерении углов составляла 0,01 рад, а средняя относительная ошибка в определении импульса по кривизне трека в магнитном поле составляла 12%. Однако импульсы протонов в интервале 200 ÷ 500 МэВ/с определялись по пробегу в пропане и ошибка этих измерений не превышала 2%. Протоны с такими импульсами составляют приблизительно половину общего числа протонов.

Протоны с импульсом меньше 200 МэВ/с поглощались в танталовых пластинах и не регистрировались. В импульсном интервале до 1 ГэВ/с протоны и  $\pi^+$ -мезоны идентифицировались по ионизации и про-

бегу. Из числа положительных частиц с импульсом больше 1 ГэВ/с  $\pi^+$ -мезоны вычитались на основе предположения о том, что в этой области импульсов число  $\pi^+$  и  $\pi^-$ -мезонов одинаково, так как налетающие ядра d и C содержат одинаковое число протонов и нейтронов. Доля  $\pi^+$ -мезонов среди положительных частиц с импульсом больше 1 ГэВ/с составляет около 8%. Были внесены поправки на потерю протонов, вылетающих под углом около  $90^\circ$  к направлению пучка и останавливающихся в пластине, а также на потерю протонов, вылетающих под большим углом к плоскости фотографирования. Метод внесения поправок аналогичен тому, который использовался для  $\pi^-$ -мезонов<sup>/7/</sup>. Эти поправки различны в разных импульсных и угловых интервалах. Суммарная поправка составила около 14% для дейтронного и углеродного облучений.

Следует отметить, что среди частиц, которые мы будем называть протонами, есть дейтроны и тритоны, которые по виду треков в пропановой камере не отличаются от протонов в широком интервале импульсов. В интервале импульсов от 1 до 2 ГэВ/с их можно отличить от протонов по ионизации, здесь их доля для СТa-взаимодействий составляет ~7%. При определении импульсов протонов учитывалась потеря ими части энергии при прохождении танталовой пластинки. Импульсы дейтронов и тритонов, останавливающихся в камере, определялись в предположении, что это остановки протонов, т.е. занижались. Этот факт был учтен при сравнении с расчетами по ДКМ.

В число рассматриваемых протонов не входят так называемые стриппинговые частицы, т.е. частицы с импульсом  $p > 3$  ГэВ/с и углом вылета  $\theta < 4^\circ/8/$ .

### 3. МНОЖЕСТВЕННОСТЬ ПРОТОНОВ

В табл. 1 приведено число зарегистрированных событий, суммарное число протонов в них (без стриппинговых) и средняя множественность протонов в одном событии с учетом экспериментальных поправок. Там же приведена средняя множественность протонов в СТa-взаимодействиях, предсказываемая каскадной моделью ДКМ. Небольшое

Таблица 1

Число событий, множественность протонов

Тип реакции	$N_{\text{соб.}}$	$N_p$	$\langle n_p \rangle$
dTa	1085	5741	$6,0 \pm 0,3$
CTa	666	9186	$15,2 \pm 0,6$
CTa (ДМК)	1338	18385	$13,7 \pm 0,4$

отличие экспериментального и теоретического значений средней множественности объясняется, по-видимому, трудностью учета экспериментальных условий. Нижняя граница импульсов регистрируемых протонов зависит от угла вылета их из танталовой пластинки ( $\theta$ ). Средний граничный импульс составляет ~240 МэВ/с, поэтому теоретическое значение соответствует протонам с  $p > 240$  МэВ/с. Если зависимость граничного импульса от угла вылета учесть в модели, а в экспериментальные данные не вводить соответствующей поправки (по  $\theta$ ), то согласие экспериментального и теоретического значений средней множественности улучшается:  $\langle n_p \rangle_{\text{экс.}} = 14,1 \pm 0,6$ ,  $\langle n_p \rangle_{\text{теор.}} = 13,2 \pm 0,3$ .

В работе<sup>/6/</sup> нами была определена средняя множественность протонов в dC- и CC-взаимодействиях при импульсе 4,2 ГэВ/с. Совместно с результатами данной работы это позволяет определить зависимость средней множественности протонов от атомного веса как ядра-снаряда, так и ядра-мишени. В табл. 2 приведены параметры аппроксимации А-зависимости средней множественности протонов степенной функцией:  $\langle n_p \rangle = a_0 A^a$ . Параметр  $a_1$  относится к зависимости от ядра-снаряда,  $a_t$  — от ядра-мишени. Верхний индекс при  $a_1$  обозначает ядро-мишень, а при  $a_t$  — ядро-снаряд. В скобках указаны интервалы изменения атомного веса. Как видно из табл. 2, А-зависимость средней множественности протонов от ядра-снаряда ( $a_1$ ) существенно зависит от атомного веса ядра-мишени. Она усиливается на тяжелом ядре (Ta) по сравнению с легкими ядрами (C). А-зависимость от ядра-мишени ( $a_t$ ) зависит от атомного веса падающего ядра, усиливаясь с ростом атомного веса ядра-снаряда. Кроме того, оба параметра,  $a_1$  и  $a_t$ , существенно зависят от интервала импульсов рассматриваемых протонов.

Таблица 2

Параметры А-зависимости средней множественности протонов

Интервал импульсов протонов, ГэВ/с	$a_1^C$ (2-12)	$a_1^{Ta}$ (2-12)	$a_t^d$ (12-181)	$a_t^C$ (12-181)
0,3-1,0	$0,24 \pm 0,01$	$0,44 \pm 0,03$	$0,52 \pm 0,03$	$0,66 \pm 0,03$
1,0-6,0	$0,56 \pm 0,01$	$0,92 \pm 0,05$	$-0,02 \pm 0,04$	$0,20 \pm 0,03$
0,3-6,0	$0,44 \pm 0,05$	$0,56 \pm 0,04$	$0,35 \pm 0,03$	$0,43 \pm 0,03$

Приведенное в табл. 2 значение показателя А-зависимости от атомного веса ядра-мишени при налетающих ядрах углерода ( $a_t^C = 0,43 \pm 0,03$ ) совпадает со значением, полученным на установке СКМ-200 с использованием ряда других ядер-мишеней<sup>/9/</sup>.

Таблица 3. Средние характеристики протонов

Тип реакции	$\langle p \rangle$ ГэВ/с	$\langle \theta^\circ \rangle$	$\langle p_\perp \rangle$ ГэВ/с	$\langle x \rangle$	$\langle \cos \theta^* \rangle$
dTa (все протоны)	0,671 $\pm$ 0,008	61,4 $\pm$ 0,5	0,378 $\pm$ 0,003	0,310 $\pm$ 0,006	-0,764 $\pm$ 0,007
CTa (все протоны)	0,994 $\pm$ 0,009	52,1 $\pm$ 0,4	0,466 $\pm$ 0,003	0,509 $\pm$ 0,006	-0,587 $\pm$ 0,006
CTa-ДКМ (P > 240 МэВ)	0,994	52,5	0,428	0,520	-0,579
dTa (P > 300 МэВ/с)	0,743 $\pm$ 0,009	58,2 $\pm$ 0,5	0,414 $\pm$ 0,003	0,557 $\pm$ 0,006	-0,724 $\pm$ 0,007
CTa --	1,045 $\pm$ 0,010	49,6 $\pm$ 0,4	0,483 $\pm$ 0,003	0,544 $\pm$ 0,006	-0,550 $\pm$ 0,006
CTa-ДКМ --	1,127	47,6	0,462	0,610	-0,491
dC <sup>1</sup> (P > 300 МэВ/с)	1,50 $\pm$ 0,04	38,0 $\pm$ 0,7	0,466 $\pm$ 0,007	0,79 $\pm$ 0,02	-0,32 $\pm$ 0,02
CC <sup>1</sup> --	2,00 $\pm$ 0,03	28,1 $\pm$ 0,4	0,510 $\pm$ 0,003	1,08 $\pm$ 0,02	-0,02 $\pm$ 0,02
CC-ДКМ <sup>1</sup> --	1,745 $\pm$ 0,006 (1,813) <sup>2</sup>	30,6 $\pm$ 0,2	0,470 $\pm$ 0,002 (0,490) <sup>2</sup>	0,991 $\pm$ 0,003 (1,012) <sup>2</sup>	-0,04 $\pm$ 0,02

1) Данные из работы /6/

2) Данные ДКМ с учётом экспериментальных погрешностей.

## 4. СРЕДНИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОТОНОВ

В табл. 3 приведены средние характеристики протонов, образованных при столкновении ядер дейтерия и углерода с ядрами тантала, а именно: средний импульс протонов  $\langle p \rangle$ , средний угол вылета по отношению к направлению первичного ядра  $\langle \theta \rangle$ , средний поперечный импульс  $\langle p_\perp \rangle$ , средняя быстрота  $\langle y \rangle$  в лабораторной системе координат, а также среднее значение фейнмановской переменной  $\langle x \rangle$  и средний косинус угла вылета  $\langle \cos \theta^* \rangle$  в системе центра масс нуклон-нуклон (с.ц.м. NN). Так же, как в работе /6/, мы считаем протонами-участниками взаимодействия протоны с импульсом  $p > 300$  МэВ/с, т.к. среди протонов с  $p < 300$  МэВ/с большую часть составляют протоны-спектаторы ядра-мишени, или так называемые испарительные протоны.

В табл. 3 приведены средние характеристики всех зарегистрированных протонов и протонов-участников, а также характеристики протонов-участников из аналогичных взаимодействий с ядром углерода /6/. Эти характеристики показывают, что с ростом атомного веса налетающего ядра существенно увеличивается средний импульс вторичных протонов и уменьшается средний угол их вылета, при этом увеличивается и средний поперечный импульс. Сравнение взаимодействий на тантале с взаимодействиями на углероде указывает на значительное "смягчение" спектра вторичных протонов в тяжелом ядре и на более широкое их угловое распределение. В системе центра масс нуклон-нуклон протоны из тяжелого ядра летят преимущественно в заднюю полусферу. Каскадная модель ДКМ удовлетворительно описывает средние характеристики протонов, занижая только приблизительно на 10% средний поперечный импульс.

## 5. ИМПУЛЬСНЫЕ И УГЛОВЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОТОНОВ

Импульсные спектры протонов из dTa- и CTa-взаимодействий представлены на рис. 1. Спектры нормированы на одно событие. Для количественного сравнения спектры были аппроксимированы в разных импульсных интервалах экспоненциальной зависимостью:  $dN_p/dp = A e^{-Bp}$ . Полученные параметры наклона B приведены в табл. 4. В скобках указаны значения  $\chi^2$  на одну степень свободы. Хотя на начальном участке спектра зависимость не экспоненциальная (большие значения  $\chi^2$ ), можно сделать заключение о том, что в области малых и больших импульсов, т.е. в областях фрагментации, соответственно ядра-мишени и ядра-снаряда, спектры протонов из dTa- и CTa-взаимодействий подобны (близкие значения параметра наклона). Наибольшая разница между спектрами наблюдается в центральной области (0,7  $\div$  2,0 ГэВ/с). На рис. 1 приведен также спектр протонов из CTa-взаимодействий, предсказываемый ДКМ. Показано, как влияет на спектр

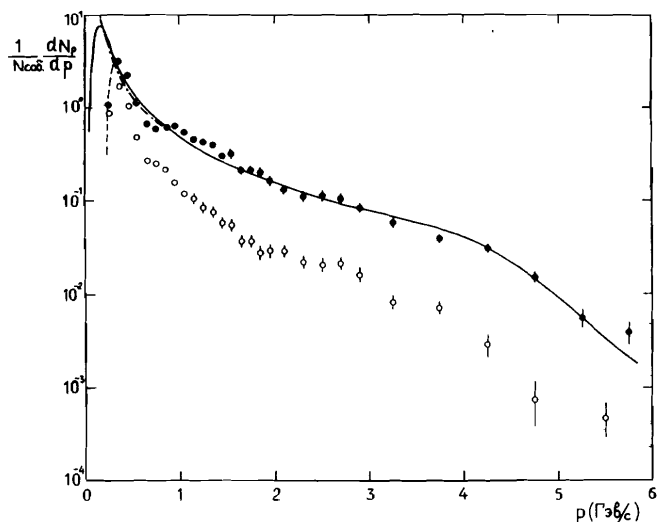


Рис. 1. Импульсные спектры протонов: ● — из СТa-взаимодействий, ○ — из dTa-взаимодействий, — ДКМ(СТa), --- ДКМ (СТa) с учетом поглощения протонов в танталовых пластинках, - · - · — ДКМ с учетом того, что на эксперименте дейтроны не отличаются от протонов.

Таблица 4

Параметры наклона (В) импульсного спектра протонов

Интервал импульсов, ГэВ/с	0,3-0,7	0,7-2,0	2,0-4,0	4,0-6,0
dTa	6,2±0,2 (2,8)	2,0±0,1 (0,7)	1,0±0,1 (1,3)	1,5±0,5 (1,6)
СТa	5,3±0,2 (8,0)	1,16±0,05 (3,0)	0,73±0,06 (1,3)	1,5±0,2 (0,6)
СТa (ДКМ)	3,2±0,1 (4,9)	1,35±0,04 (3,0)	0,67±0,04 (1,4)	1,7±0,2 (0,9)

поглощение медленных протонов в танталовой пластинке (штриховая линия), а также определение импульсов останавливающихся в камере дейтронов и тритонов в предположении, что это протоны (штрихпунктирная линия). Видно, что учет первого фактора позволяет хорошо

Таблица 5

Доля высокоэнергичных протонов среди протонов-участников в разных реакциях

P	dC	CC	dTa	CTa	CTa (ДКМ)
> 1 ГэВ/с	50%	65%	18,5%	35%	37%
> 4 ГэВ/с	3%	10%	0,4%	2,0%	2,1%

описать количество зарегистрированных медленных протонов, а влияние второго фактора очень мало. ДКМ хорошо описывает экспериментальный спектр протонов из СТa-взаимодействий. В табл. 5 приведена доля высокоимпульсной части спектра протонов для разных реакций. Видно, что эта доля существенно уменьшается с ростом атомного веса ядра-мишени, но увеличивается с ростом атомного веса ядра-снаряда. Интересно отметить, что при первичном импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон наблюдаются вторичные протоны с импульсом вплоть до 6 ГэВ/с, однако их количество описывается ДКМ, причем, согласно модели, доля дейтронов среди этих частиц составляет всего ~ 7%.

Угловые распределения протонов-участников ( $p > 300$  МэВ/с) из dTa- и СТa-взаимодействий показаны на рис. 2. Видно, что в СТa-взаимодействиях большая доля протонов, чем в dTa-столкновениях, вылетает под малыми углами, меньше  $30^\circ$ . Можно считать, что каскадная модель удовлетворительно описывает угловое распределение протонов из СТa-взаимодействий. Некоторое отклонение расчетной кривой от экспериментальных точек частично, а возможно, и полностью, объясняется трудностью введения поправок на экспериментальные

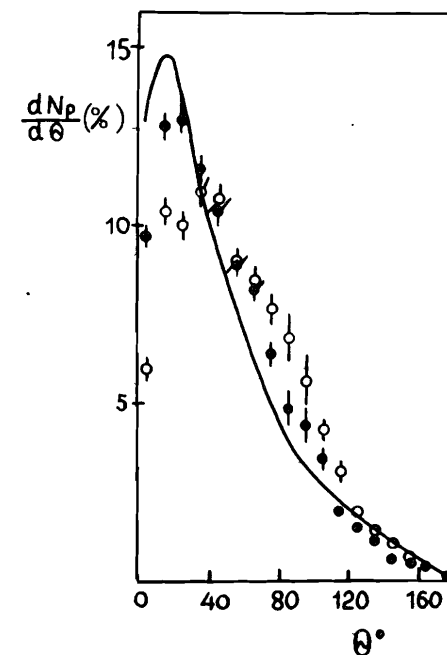


Рис. 2. Угловые распределения протонов с импульсом  $p > 300$  МэВ/с, ● — из СТa-взаимодействий, ○ — из dTa-взаимодействий, — — ДКМ (СТa).

потери. Из-за ограниченной статистики поправки усреднялись по довольно широкому импульсному и угловым интервалам. Если в экспериментальные данные не вводить поправок, а экспериментальные условия учесть в модели, то согласие между экспериментом и расчетами существенно улучшится (см. рис. 3а и 4а). Однако при этом искажаются истинные распределения. Поэтому мы предпочли ввести поправки в экспериментальные данные.

На рис. 3 представлены распределения протонов-участников из dTa- и cTa-взаимодействий по быстроте. Рис. 3в показывает отношение этих распределений, нормированных на одно событие. Как видно из рис. 3в, увеличение множественности протонов с ростом атомного веса ядра-снаряда происходит преимущественно в области больших быстрот, в то время как увеличение множественности  $\pi^-$ -мезонов в этих же взаимодействиях, как было показано нами ранее <sup>/2/</sup>, происходит одинаково во всем интервале быстрот.

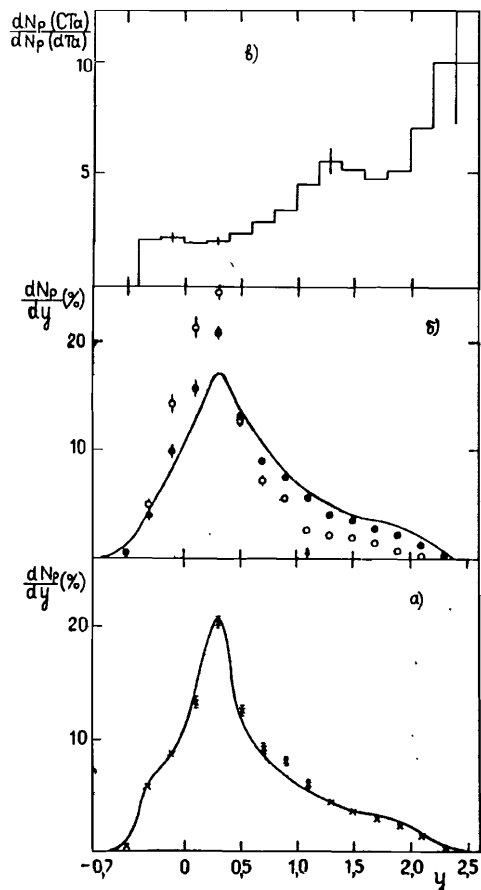


Рис. 4. показывает распределения протонов-участников из dTa- и cTa-взаимодействий по кумулятивной переменной  $n_k$ , имеющей смысл минимальной массы мишени ( $n_k = \frac{E - p_{||}}{m}$ ,

где  $E$ ,  $p_{||}$  и  $m$  — энергия, продольный импульс и масса протона). Видно, что эти распределения отличаются друг от друга в области  $n_k < 1$  и практически совпадают в области  $n_k > 1$ . Каскадная модель хорошо описывает распределение протонов из cTa-столкновений по переменной  $n_k$ . Таким образом, так называемые "кумулятивные" прото-

Рис. 3. Распределения протонов с импульсом  $p > 300$  МэВ/с по быстроте: а)  $\times$  — из cTa-взаимодействий без поправок, — ДКМ (cTa) с учетом поглощения протонов в танталовых пластинках, б)  $\bullet$  и  $\circ$  — протоны из cTa- и dTa-взаимодействий соответственно с учетом поправок, — ДКМ (cTa); в) отношение распределений для cTa- и dTa-взаимодействий, нормированных на одно взаимодействие.

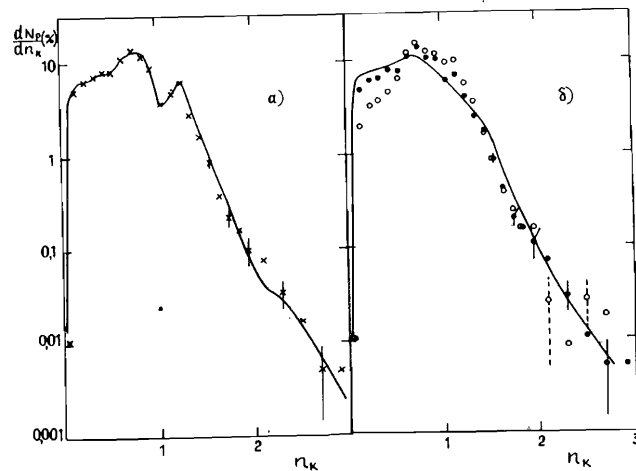


Рис. 4. Распределения протонов с импульсом  $p > 300$  МэВ/с по кумулятивной переменной: а)  $\times$  — из cTa-взаимодействий без поправок, — ДКМ (cTa) с учетом поглощения протонов в танталовых пластинках, б)  $\bullet$  и  $\circ$  — протоны из cTa- и dTa-взаимодействий соответственно с учетом поправок, — ДКМ (cTa).

ны (с  $n_k > 1$ ) могут образовываться не только при взаимодействии с многонуклонными (многокварковыми) кластерами, но и в результате последовательного взаимодействия с несколькими нуклонами ядра-мишени (или снаряда), а также при поглощении  $\pi^+$ -мезонов квазидейтронными парами нуклонов в ядре. Эти механизмы учитываются в ДКМ.

На рис. 5 приведены распределения протонов-участников из dTa- и cTa-взаимодействий по квадрату поперечного импульса. Видно, что с увеличением атомного веса ядра-снаряда возрастает доля протонов с большими поперечными импульсами. Для количественного сравнения этих распределений они были ап-

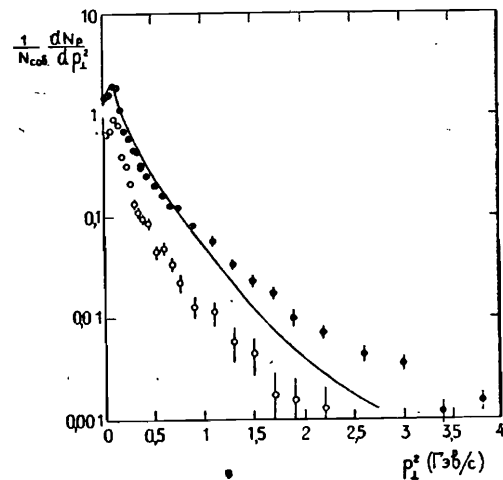


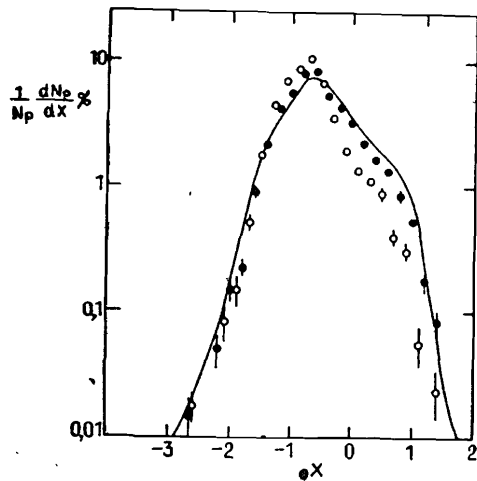
Рис. 5. Распределения протонов с импульсом  $p > 300$  МэВ/с по квадратам поперечных импульсов:  $\bullet$  — cTa,  $\circ$  — dTa, — ДКМ (cTa).

Таблица 6

Параметры наклона (b) распределения протонов-участников по квадрату поперечного импульса

Интервал $p_{\perp}^2$ (ГэВ/с) <sup>2</sup>	0,20÷0,56	0,56÷2,0	2,0÷4,0
dTa	6,5±0,4 (2,7)	2,9±0,3 (0,6)	0,9±0,7 (0,05)
CTa	4,3±0,2 (1,3)	2,1±0,1 (0,5)	1,2±0,2 (2,3)
CTa (ДКМ)	4,3±0,2 (0,8)	2,9±0,1 (1,1)	1,4±0,3 (0,9)

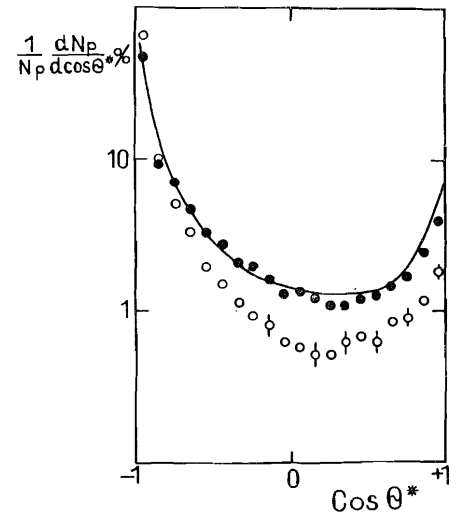
проксимированы в трех интервалах по  $p_{\perp}^2$  экспоненциальной зависимостью:  $N_p(p_{\perp}^2) = a e^{-b p_{\perp}^2}$ . Коэффициенты наклона  $b$  приведены в табл. 6. Они подтверждают менее крутой спад распределения для CTa-взаимодействий по сравнению с распределением для dTa-столкновений. Рис. 5 показывает также, что каскадная модель не описывает распределения протонов по квадрату поперечного импульса в области  $p_{\perp}^2 > 1$  (ГэВ/с)<sup>2</sup>. В этой области, по экспериментальным данным, находится (6,5±0,3)% протонов-участников, а модель предсказывает только (3,7±0,2)%. Можно предположить, что около 3% протонов испытывают не каскадное рассеяние, а рассеяние на нуклонных (многокварковых) кластерах.



На рис. 6 и 7 представлены распределения протонов-участников из dTa- и CTa-взаимодействий в системе центра масс нуклон-нуклон по фейнмановской переменной  $x$  и косинусу угла вылета. Видно, что эти распределения существенно

Рис. 6. Распределение протонов с импульсом  $p > 300$  МэВ/с по фейнмановской переменной  $x$ :  $\circ$  — из dTa-взаимодействий,  $\bullet$  — из CTa-взаимодействий, — ДКМ (CTa).

Рис. 7. Распределения протонов с импульсом  $p > 300$  МэВ/с по косинусу угла вылета в системе центра масс нуклон-нуклон:  $\circ$  — из dTa-взаимодействий,  $\bullet$  — из CTa-взаимодействий, — ДКМ (CTa).



асимметричны относительно нуля, причем, чем легче налетающее ядро, тем большая доля протонов летит назад.

## 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованы множественность, импульсные и угловые характеристики протонов, образующихся при столкновениях ядер дейтерия и углерода с ядрами тантала при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон налетающего ядра.

Установлено, что:

1. Импульсные и угловые распределения протонов из ядро-ядерных взаимодействий и их средние характеристики существенно зависят от атомного веса налетающего ядра в отличие от  $\pi^-$ -мезонов, характеристики которых, как было показано в [2], не зависят или слабо зависят от типа ядра-снаряда.

2. Увеличение числа протонов с увеличением атомного веса ядра-снаряда происходит преимущественно в области больших быстрот протонов.

3. Каскадная модель ДКМ удовлетворительно описывает импульсные и угловые распределения протонов из CTa-взаимодействий, за исключением распределения по квадрату поперечного импульса. Это распределение, по-видимому, указывает на присутствие около 3% протонов, образовавшихся в результате кумулятивных взаимодействий с нуклонными кластерами.

Авторы выражают благодарность персоналу 2-метровой пропановой камеры за получение снимков, а также лаборантам за помощь в просмотре и обработке экспериментального материала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ангелов Н. и др. ОИЯИ, Е1-12548, Дубна, 1979.
2. Агакишиев Г.Н. и др. ОИЯИ, Р1-81-176, Дубна, 1981.
3. Баатар Ц. и др. ОИЯИ, Р1-81-516, Дубна, 1981.
4. Гудима К.К., Тонеев В.Д. – ЯФ, 1978, т.27, с.669.
5. Gudima K.K., Toneev V.D. – Nucl.Phys. A, 1983, v.400, p.173.
6. Армутлийски Д. и др. ОИЯИ, Р1-86-263, Дубна, 1986.
7. Агакишиев Г.Н. и др. ОИЯИ, 1-82-235, Дубна, 1982.
8. Баатар Ц. и др. ОИЯИ, Р1-80-209, Дубна, 1980.
9. Аникина М.Х. и др. ОИЯИ, Р1-86-477, Дубна, 1986.

Рукопись поступила в издательский отдел  
24 декабря 1987 года.

Армутлийски Д. и др.

P1-87-905

Импульсные и угловые характеристики протонов  
из dTa- и CTa- взаимодействий при импульсе  
4,2 ГэВ/с на нуклон

Исследованы импульсные и угловые характеристики протонов, образующихся при столкновении ядер дейтерия и углерода с ядрами тантала при импульсе 4,2 ГэВ/с на нуклон. Показано, что экспериментальные данные удовлетворительно описываются дубненским вариантом каскадно-испарительной модели (ДКМ).

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод Л.Н.Барабаш

Armutlijski D. et al.

P1-87-905

Momentum and Angular Characteristics of Protons  
Produced in dTa- and CTa- Interactions at  
4.2 GeV/c per Nucleon Momentum

Momentum and angular characteristics of protons produced in the collision of deuterium and carbon nuclei with tantalum nuclei at a momentum of 4.2 GeV/c per nucleon have been investigated. It is shown that the experimental data are satisfactorily described by a Dubna version of the cascade-evaporation model (DCM).

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987