

М-145

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1-86-446

МАИЛОВ
Ариф Алескер оглы

**ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОНУКЛОННЫХ СИСТЕМ
В ПИОН-УГЛЕРОДНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ 5 ГэВ/с**

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1986

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем
Объединенного института ядерных исследований и в Институте
физики АН АЗССР.

Научные руководители:
кандидат физико-математических наук Ломакин Ю.Ф.
кандидат физико-математических наук Абдинов О.Б.

Официальные оппоненты:
доктор физико-математических наук Глаголев В.В.
кандидат физико-математических наук Кондратик Л.А.

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Московский
инженерно-физический институт.

Защита состоится "___" _____ 1986 г. в _____ час.
на заседании Специализированного совета Д-047.01.03 при
Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, г.Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Лаборатории
ядерных проблем ОИЯИ.

Автореферат разослан "___" _____ 1986 г.

Ученый секретарь Специализированного совета
доктор физико-математических наук Батусов Ю.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В последнее время ведется интенсивное исследование взаимодействий частиц высоких энергий с ядрами. Повышенный интерес к таким процессам обусловлен в первую очередь возможностью получения с их помощью уникальной информации о свойствах интраядерных нуклонов, об их ассоциациях в тесные группы и о взаимодействии первичного или каскадного адрона с кластерами типа d , d , ... либо с существенно более плотными объектами - кварковыми мешками в ядрах. Обнаружение в ОИЯИ (1957 г.) необычно большого выхода дейтронов при взаимодействиях протонов с энергией 660 МэВ с ядрами, а также наблюдение нуклонов, вылетающих за кинематические границы, определяемые взаимодействием с одним нуклоном (кумулятивный эффект), заставило пересмотреть имеющиеся ранее представления о ядре как системе слабосвязанных нуклонов. Многочисленные теоретические изыскания привели к необходимости учета "коллективных" свойств ядра, в частности, к предположению о существовании в ядрах сверхплотных состояний ядерной материи. Для объяснения кумулятивного эффекта наряду с механизмами, учитывающими кварковую структуру ядра, привлекались также традиционные механизмы, как, например, механизм многократного перерасеяния или поглощение вторичных π -мезонов скоррелированной парой интраядерных нуклонов. В дальнейшем стало очевидно, что за рождение кумулятивных частиц ответственны одновременно несколько механизмов, и представилось актуальным решение вопроса о соотношении вкладов этих механизмов в различных кинематических областях.

Исследование hA -взаимодействий интересно также с точки зрения поиска нестранных многобарионных резонансов, предсказываемых различными моделями кварковых мешков. Обнаружение таких резонансов могло бы служить ярким свидетельством проявления кварковых степеней ядерной материи.

Цель работы. Основная цель диссертационной работы заключается в изучении корреляционных характеристик вторичных заряженных частиц, а также в поиске и исследовании многонуклонных (многокварковых) систем в P^*C -взаимодействиях при 5 ГэВ/с, в сопоставлении полученных результатов с предсказаниями различных теоретических моделей.

Научная новизна. Данные, представленные в диссертации, характеризуются высокой статистической обеспеченностью и основаны на результатах анализа 15000 событий P^+C^- -взаимодействий и 7500 событий взаимодействия P^- -мезонов с ядрами пропан-фреоновой смеси C, F, Br ($A \approx 20$) при 5 ГэВ/с.

Обращено внимание, что в адрон-ядерных реакциях одним из возможных механизмов образования протонов, испущенных в заднюю полусферу, является поглощение медленных вторичных P^- -мезонов скоррелированной парой внутриядерных нуклонов. Оценен вклад этого механизма в образование таких протонов.

Впервые получены прямые экспериментальные указания на существование трехпротонового резонанса с массой 3270 МэВ/с², предсказываемого моделью втянутых вращающихся кварковых мешков. Оценено сечение рождения наблюдаемого состояния. С помощью "моментного" анализа определены его возможные квантовые числа (спин, четность).

В спектре инвариантных масс двух протонов обнаружены узкие структуры при массах 1966, 1989 МэВ/с² и 2024 МэВ/с² — причем первые две из них впервые, — которые могут свидетельствовать о существовании семейства долгоживущих ($\tau \approx 10^{-21} + 10^{-22}$ с) дибарионных резонансов. Оценены сечения их образования на различных ядрах и определены возможные квантовые числа наблюдаемых дипротонов. Позднее результаты по структурам при 1966 и 2024 МэВ/с² были подтверждены в ЛВЭ ОИЯИ, ЛИЯФ АН СССР и ФТИ УзССР.

Практическая ценность работы. Описанный в диссертации метод аппроксимации магнитного поля камеры может быть предложен для других экспериментов, проводимых с помощью камерной методики. Полученные экспериментальные данные дополняют существенно новой информацией имеющиеся представления об адрон-ядерных реакциях и могут быть использованы при планировании новых экспериментов.

Автор защищает:

1. Результаты методических исследований взаимодействий отрицательных пионов с различными ядрами при 5 ГэВ/с.
2. Исследования некоторых возможных механизмов кумулятивного образования заряженных частиц в пион-ядерных взаимодействиях при 5 ГэВ/с.
3. Результаты поиска, обнаружения и изучения многобарионных резонансов в адрон-ядерных взаимодействиях.

Апробация работ и публикации. Основные результаты, изложенные в настоящей диссертации, были представлены на Международной конференции по частицам и ядрам в Гейдельберге (1984 г.), на Всесоюзной школе по проблемам физики высоких энергий в Алма-Ате (1982 г.), на III Всесоюзном рабочем совещании по предельной фрагментации ядер в Ереване

(1984 г.), на III симпозиуме по нуклон-нуклонным и адрон-ядерным взаимодействиям при промежуточных энергиях в Гатчине (1986 г.); докладывались на семинарах ЛЯП ОИЯИ, Института физики АН АзССР, опубликованы в журнале "Ядерная физика", а также в виде препринтов и сообщений ОИЯИ и ИФАН АзССР. По материалам диссертации опубликовано 7 работ, список которых приведен в конце автореферата.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения. Она содержит 131 страницу машинописного текста, 38 рисунков, 11 таблиц. Список цитированной литературы включает в себя 156 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы исследования. Приведен краткий обзор экспериментальных и теоретических работ, посвященных изучению образования кумулятивных частиц и поиску проявлений кварковых степеней свободы ядерной материи. Сформулирована основная цель диссертационной работы и кратко изложено содержание диссертации.

Первая глава диссертации посвящена методике эксперимента. Приводится краткое описание экспериментальной установки — метровой пропан-фреоновой пузырьковой камеры ЛЯП ОИЯИ. Предложена простая параметризация напряженности магнитного поля электромагнита ИК-3-4 в рабочем объеме камеры. Быстрое и экономное (в смысле занимаемой памяти ЭВМ) вычисление магнитного поля в рабочем объеме камеры достигается путем его аппроксимации полем двух параллельных прямоугольных токовых витков, расположенных в горизонтальных плоскостях вдоль полюса электромагнита.

Описана методика обработки пленочной информации, использованная для исследования неупругих пион-ядерных взаимодействий, включая просмотр и отбор событий, и программное обеспечение эксперимента. Экспериментальный материал, использованный в диссертации, содержит 15000 событий P^+C^- -взаимодействий и 7500 событий взаимодействия P^- -мезонов с ядрами пропан-фреоновой смеси C, F, Br ($A \approx 20$) при $P_{п^-} = 5$ ГэВ/с.

Во второй главе исследуются корреляции между кинематическими переменными протонов, вылетающих в заднюю полусферу в л.с.к., и остальных заряженных частиц. Выяснено, что ассоциативные множественности заряженных пионов и протонов ведут себя независимо от множественности кумулятивных протонов. Анализ экспериментальных распределений проводился в сопоставлении с расчетами по каскадно-испарительной модели (КИМ) с учетом вклада трех механизмов:

а) поглощения медленного π^- -мезона коррелированной парой нуклонов ядра;

б) перерасеяния на внутриядерных нуклонах (включая процессы неупругого перерасеяния, перезарядки);

в) развала возбужденного ядра-остатка.

Модель достаточно правильно отражает полученные в работе экспериментальные зависимости. Установлено, что одним из возможных механизмов образования кумулятивных протонов в интервале импульсов $0,2 < P < 0,6$ ГэВ/с является поглощение медленного π^+ -мезона скоррелированной парой нуклонов внутри ядра. В этой же главе показано, что наиболее информативным для выделения механизма поглощения является исследование зависимости между углом разлета пары протонов Ψ и их суммарной кинетической энергией T_{2p} . При поглощении π^+ -мезона на двух нуклонах (n, p) ядра суммарная кинетическая энергия пары вторичных протонов должна быть равна $T_{2p} = m_{\pi} + T_{\pi}$. Поскольку сечение поглощения π^+ -мезона на свободном дейтроне имеет максимум в области $0,09 < T_{\pi} < 0,15$ ГэВ, то в зависимости среднего угла разлета пары протонов Ψ от их кинетической энергии T_{2p} следует ожидать максимум в области энергий $0,23 \pm 0,29$ ГэВ. Подобная зависимость для протонов с импульсами $0,2 < P < 0,6$ ГэВ/с показана на рис.1. В области

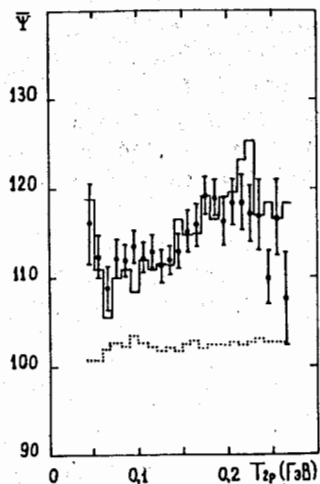
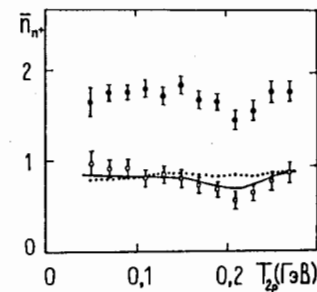


Рис.1. Зависимость среднего угла разлета Ψ (в градусах) протонов с импульсом $0,2 < P < 0,6$ ГэВ/с от суммы кинетических энергий пар протонов (ГэВ). Точки - эксперимент, сплошная гистограмма - расчеты по КИМ с учетом механизма поглощения, пунктирная гистограмма - расчеты по КИМ без учета механизма поглощения.

энергий $0,19 < T_{2p} < 0,26$ ГэВ наблюдается характерный для поглощения максимум. Расчеты по КИМ, проведенные с учетом механизма поглощения, хорошо согласуются с экспериментальными данными. Зависимость средней множественности π^+ -мезонов \bar{n}_{π^+} от суммы кинетических энергий пар протонов

приведена на рис.2. Видно, что как для ядра ^{12}C , так и для ($A \approx 20$) в области энергий, где есть максимум распределения $\Psi(T_{2p})$, наблюдается минимум по \bar{n}_{π^+} , т.е. поглощение эффективно именно в

Рис.2. Зависимость средней множественности π^+ -мезонов от суммы кинетических энергий пар протонов. Светлые точки - пион-углеродные взаимодействия при 5 ГэВ/с; темные точки - взаимодействия пионов со средним ядром $A \approx 20$ при той же энергии. Сплошная линия - расчет по КИМ с учетом механизма поглощения, пунктирная - без учета механизма поглощения.



этой области. Из экспериментальных данных для π^-C -взаимодействий при 5 ГэВ/с оценен вклад реакции $\pi^+ \cdot d \rightarrow p + p$ в образование кумулятивных протонов $\bar{b} = (1,5 \pm 0,4)$ мб, где "d" - квазидейтрон.

В этой же главе приведены инвариантные дифференциальные сечения $\frac{1}{6_{in}} \frac{E}{P^2} \cdot \frac{d^2 \bar{b}}{dP \cdot d\Omega}$ протонов, испущенных в заднюю полусферу в л.с.к. Сравнение экспериментальных данных с расчетами по КИМ позволило нам продемонстрировать соотношение вкладов вышеупомянутых механизмов в процесс образования кумулятивных протонов в различных кинематических областях. Результаты такого анализа показали, что при больших углах вылета протонов $\cos \theta$ (-1,0; -0,8) и импульсах $P > 0,36$ ГэВ/с вклад механизма поглощения достигает 50%. С учетом вклада трех механизмов предложена параметризация инвариантного дифференциального сечения протонов с импульсами $0,16 < P < 0,75$ ГэВ/с и углами вылета $\theta \geq 90^\circ$ функцией вида

$$\frac{1}{6_{in}} \frac{E}{P^2} \cdot \frac{d^2 \bar{b}}{dP \cdot d\Omega} = (91,2 + 26,0 \cdot \cos \theta) \cdot e^{-20,8 \cdot P} + (20,1 + 5,8 \cdot \cos \theta) \cdot e^{-(10,2 - 4,2 \cdot \cos \theta) \cdot P} + 0,038 \cdot e^{-\frac{(P - 0,389)^2}{2 \cdot 0,129^2}} \quad (I)$$

где первый член представляет вклад механизма развала возбужденного ядра-остатка; второй - механизма многократного перерасеяния; третий - механизма поглощения медленных вторичных пионов парой внутриядерных нуклонов.

Как видно из формулы (I), угловая зависимость параметра наклона объясняется процессом перерасеяния нуклонов внутри ядра. На рис.3 представлены экспериментальные инвариантные дифференциальные сечения протонов, испущенных в заднюю полусферу. Сравнение расчетов по формуле (I) с экспериментом показывает, что КИМ достаточно хорошо описыва-

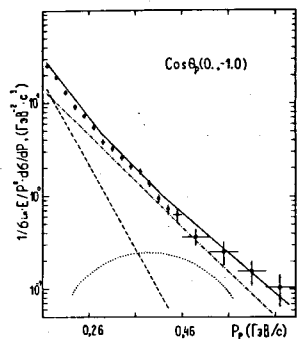


Рис.3. Инвариантное дифференциальное сечение протонов в интервале углов $\text{Cos } \theta (0; -1, 0)$. Пунктирная линия - вклад механизма а). Штрихпунктирная линия - вклад механизма б). Штриховая линия - вклад механизма в). Сплошная линия - суммарный вклад трех механизмов.

ет экспериментальные данные. Следует отметить, что результаты расчета и эксперимента приведены в абсолютных единицах.

Третья глава посвящена исследованию инвариантных масс двух и трех протонов в $\pi^+ \pi^-$ и $\pi^- (\bar{A} \approx 20)$ -взаимодействиях при 5 ГэВ/с.

В 1977 г. появились экспериментальные работы, в которых сообщалось об обнаружении эффектов, дающих возможность трактовать их с точки зрения существования нестранных дибарионных резонансов. Это работы по исследованию NN -рассеяния, фоторасщепления дейтрона и пион-дейтронных взаимодействий при энергиях до 1 ГэВ. В серии экспериментов, выполненных в Аргонне, SIN и Лос-Аламосе, были получены косвенные указания на существование дибарионных резонансов 1D_2 , 3F_3 и 1G_4 с массами 2140, 2260 и 2430 МэВ/с² соответственно и ширинами в пределах 50-200 МэВ/с². Простейшая ротационная модель Мак-Грегора, систематизирующая упомянутые резонансы, предсказывает также низколежащие резонансы 1S_0 и 3P_1 с массами 2020 и 2060 МэВ/с². Массы этих резонансов находятся в энергетической области, где полное сечение pp -рассеяния не измерено.

С целью поиска дибарионных резонансов нами исследовались распределения инвариантных масс двух протонов с углом разлета $\Psi > 150^\circ$ в л.с.к. (с вылетом одного из них в заднюю полусферу) в $\pi^+ \pi^-$ -взаимодействиях при 5 ГэВ/с.

Указанный критерий отбора ориентирован на поиск случаев распада $B^* \rightarrow 2p$ возбужденной системы B^* , обладающей малым собственным импульсом в л.с.к.

На рис.4 приведены распределения инвариантных масс двух протонов. Распределения отличаются ограничениями снизу на величину импульсов протонов P_H . С увеличением P_H (уменьшением вклада "испарительных" протонов) изменяется вид распределений: проявляются структуры при массах около 1960 и 2030 МэВ/с². Пик при ≈ 2030 МэВ/с², превышающий фо-

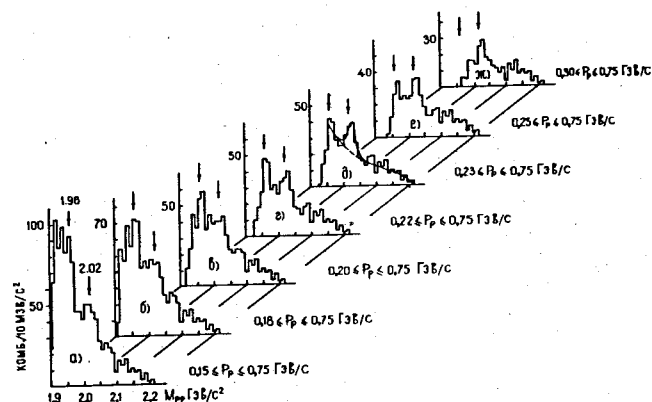


Рис.4. Спектры инвариантных масс двух протонов с $\Psi > 150^\circ$ в различных интервалах импульсов протонов. Стрелками показаны положения наблюдаемых структур. Сплошная линия - результат аппроксимации экспериментального распределения функцией вида (2).

новую кривую, полученную случайным перемешиванием протонов из разных событий с учетом вводимых в экспериментальное распределение ограничений на величины импульсов протонов и углов разлета между ними, на 4 стандартных отклонения (вероятность случайного выброса $\approx 1,6 \cdot 10^{-4}$), подтверждает имеющиеся данные Веревжова В.С. и др. (Препринт ИТЭФ, № 273, Москва, 1964) и результаты $d p$ -коллаборации ЛВЭ ОИЯИ (Препринт ОИЯИ, ЕИ-83-59, Дубна, 1983). Эта узкая структура, лежащая вблизи порога $2m_N + m_\pi$, не может быть объяснена поглощением медленного пиона на двухнуклонной ассоциации и свидетельствует о существовании возможного дипротонного резонанса. Интерес представляет впервые наблюдаемая нами узкая структура при ≈ 1960 МэВ/с², расположенная ниже порога, обусловленного поглощением пиона парой внутриядерных нуклонов. Наблюдаемая структура, в дальнейшем подтвержденная в pp - (Бешлю К. и др. Препринт ОИЯИ, ДИ-83-815, Дубна, 1983) и pA^{40} - (Ермаков К.Н. и др. Препринт ЛИЯФ, № 1089, Ленинград, 1985) экспериментах, может свидетельствовать о существовании семейства узких дипротонных (6-кварковых) низколежащих резонансов.

Описание распределения инвариантных масс двух протонов (рис.4д) двумя нерелятивистскими функциями Брейта-Вигнера с учетом экспериментального разрешения и полиномом 3-й степени в качестве фона дает следующие значения масс и ширин наблюдаемых узких особенностей (в МэВ/с²):

$$M_1 = 196 \pm 2, \quad \Gamma_1 = 11 \pm 4$$

$$M_2 = 2016 \pm 3, \quad \Gamma_2 = 30 \pm 14.$$

Такая же аппроксимация без учета пика при ≈ 1960 МэВ/с² приводит к несколько большей величине массы второго: $M = (2024 \pm 2)$ МэВ/с², $\Gamma = (21 \pm 15)$ МэВ/с².

Дальнейшие исследования двухпротонных систем проведены с использованием экспериментального материала с метровой пузырьковой камеры как с пропановым, так и пропан-фреоновым (70% C₃H₈ + 30% CF₃Br) наполнением. На рис. 5 представлены распределения инвариантных масс двух

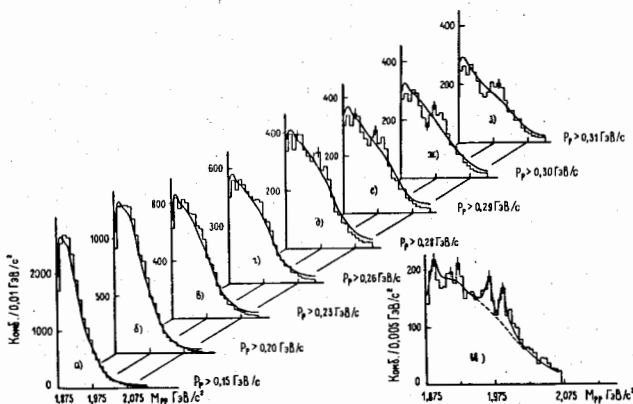


Рис. 5. Суммарные распределения инвариантных масс двух протонов для $\pi^- C^{12}$ - и $\pi^- (\bar{A} \approx 20)$ -взаимодействий при 5 ГэВ/с. Сплошная линия на рис. 5и - результат аппроксимации экспериментального распределения функцией типа (2). Сплошные линии на рис. 5(а-з) - фоновые распределения, полученные "перемешиванием" протонов из разных событий. Гистограмма и) - то же, что и д), но с шагом 5 МэВ/с².

протонов без учета критерия отбора по углу разлета, основанные на объединенной для $\pi^- C^{12}$ - и $\pi^- (\bar{A} \approx 20)$ -взаимодействий статистике. Распределения отличаются ограничениями снизу на величины импульсов протонов (верхняя граница $P_B < 0,75$ ГэВ/с для всех распределений). Как видно из рис. 5и (шаг гистограммы 5 МэВ/с²), в области масс $1950 < M_{2p} < 2000$ МэВ/с² наблюдаются две узкие структуры, которые не описываются фоновой кривой, полученной методом "перемешивания". На рис. 5и показан результат аппроксимации экспериментального распределения по M_{2p} функцией вида (сплошная линия):

$$F(M_{2p}) \approx \alpha \Phi(M_{2p}) + \sum_i \beta_i BW_i(M_{2p}), \quad (2)$$

где $\Phi(M)$ - фоновое распределение ("перемешивание"), $BW(M)$ - нерелятивистская функция Брейта-Вигнера, α и β - их относительные вклады.

В таблице I приведены значения параметров, полученных из аппроксимации спектра по M_{2p} (рис. 5и), вместе с данными о доверительном уровне гипотез и статистической значимости пиков (в стандартных отклонениях).

Таблица I. Значения параметров, полученных из аппроксимации спектра по M_{2p} .

Гипотеза	M_{2p} (МэВ/с ²)	Γ_{2p} (МэВ/с ²)	$\chi^2/\text{ст. св.}$	Доверит. уровень (%)	Стат. значимость
1. Фон	-	-	94/27	10^{-5}	-
2. Фон + 2BW	1966 ± 1	7	38/23	2,7	4
	1989 ± 1	9			5
3. Фон + 3BW	1918 ± 1	3	38/21	1,4	1
	1966 ± 1	7			4
	1989 ± 1	9			5

Из таблицы I видно, что наиболее значимы пики при массах около 1960 и 1990 МэВ/с². Вероятность описания экспериментального распределения фоном крайне низка. Раздельная обработка экспериментальных спектров позволила определить сечения образования наблюдаемых дипро-тонов на ядрах C¹² и $\bar{A} \approx 20$ в пион-ядерных взаимодействиях при 5 ГэВ/с. Результаты анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2. Значения сечений образования дипро-тонов с массами 1966 и 1989 МэВ/с² на ядрах C¹² и $\bar{A} \approx 20$ в пион-ядерных взаимодействиях при 5 ГэВ/с.

Ядро	σ_{1966} (мб)	σ_{1989} (мб)
C ¹²	$0,69 \pm 0,12$	$0,70 \pm 0,12$
$\bar{A} \approx 20$	$0,72 \pm 0,15$	$1,00 \pm 0,18$

Данные таблицы 2 по выходу дипро-тонов из ядер не противоречат в пределах экспериментальных погрешностей данным по выходу дейтронов в

адрон-ядерных взаимодействиях. Существующие экспериментальные данные по выходу дейтронов из ядер в пион-ядерных взаимодействиях удовлетворяют степенной зависимости $\sigma \sim A^\alpha$ с параметром $\alpha = 4/3$. Для резонанса с массой $1989 \text{ МэВ}/c^2$ $\alpha = (1,30^{+0,65}_{-0,70})$.

Для определения возможных квантовых чисел (спин-четности) наблюдаемых резонансов был применен метод "угловых моментов". На рис.6 представлены нормированные средние моменты распадных угловых распределений в системе двух протонов как функций масс M_{2p} . Полярный угол

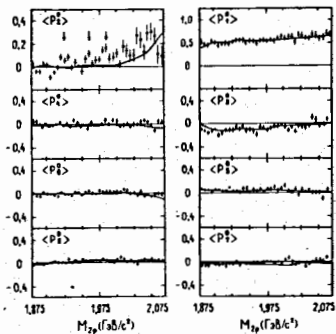


Рис.6. Распределения нормированных средних моментов как функций масс M_{2p} . Точки - экспериментальные данные, сплошные линии - фоновые распределения ("перемешивание").

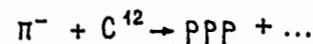
θ вылета одного из протонов определялся как угол между направлением пучковой частицы (\vec{Z}) и направлением вылета продукта распада (протона).

Точки - экспериментальные данные по средним моментам $\langle P_\ell \rangle = \sum_{i=1}^N P_\ell(\cos \theta_i) / N_i$

(здесь $P_\ell(\cos \theta_j)$ - полином Лежандра порядка ℓ , N_i - количество событий в i -м интервале масс), кривые - фоновые распределения, полученные "перемешиванием" протонов из разных событий. Из рис.6 видно, что четный момент $\langle P_2 \rangle$ проявляет резонансно-подобные структуры при массах 1966 и $1989 \text{ МэВ}/c^2$, а следующие четные моменты $\langle P_4 \rangle \div \langle P_6 \rangle$ сопоставимы с нулем во всей рассматриваемой области масс, т.е. в системе двух протонов присутствуют волны с орбитальным моментом $\ell = 1$. Полный момент $\vec{J} = \vec{\ell} + \vec{s}$ может принимать значения $0, 1, 2$, поэтому два протона при указанных выше массах могут находиться в состояниях ${}^3P_0, {}^3P_1$ или 3P_2 (обозначение ${}^{2s+1}L_J$).

Согласно модели кварковых мешков следует ожидать существования не только дибарионных, но и трех- и более барионных резонансов. Для нестранных трехбарионных резонансов, состоящих только из u - и d -кварков, в рамках сферического мешка минимальная предсказываемая масса равна $\approx 3,5 \text{ ГэВ}/c^2$. В то же время модель вытянутого вращающегося $9q$ -мешка дает $M_{\min} \approx 3,1 \text{ ГэВ}/c^2$. К моменту проведения настоящих исследований информация, касающаяся поиска $9q$ -состояний, практически отсутствовала.

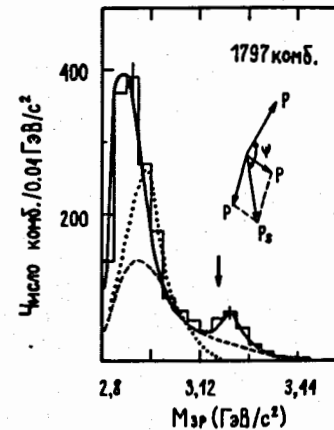
Поиск связанных состояний трех протонов был проведен нами в реакции:



при импульсе π^- -мезона, равном $5 \text{ ГэВ}/c$.

Для выделения случаев распада возбужденной системы ($3P^*$) был применен отбор событий по углу Ψ между суммарным вектором импульсов двух протонов и вектором импульса третьего (холостого) протона. На рис.7 приведено распределение инвариантных масс M_{3p} в случае, когда

Рис.7. Спектр инвариантных масс трех протонов в случае, когда угол $\Psi > 120^\circ$. Сплошная линия - результат аппроксимации экспериментального распределения (гистограмма) функцией типа (2) с учетом ВКС. Пунктирная линия - фоновое распределение по КИМ, не учитывающее ВКС. Штриховая линия - фоновое распределение, полученное методом "перемешивания".



да угол $\Psi > 120^\circ$. В интервале масс $3,1-3,4 \text{ ГэВ}/c^2$ видна четкая структура с превышением над фоном более 4 стандартных отклонений. Исследования спектров инвариантных масс 3 протонов, полученных как методом "перемешивания" протонов из разных событий, так и с помощью показали, что применимый нами критерий (угол $\Psi > 120^\circ$) не приводит к появлению структуры. В результате аппроксимации экспериментального распределения инвариантных масс 3 протонов функцией типа (2) с учетом взаимодействия протонов в конечном состоянии (ВКС) получены следующие значения массы и ширины связанного состояния: $M_{3p} = (3,27 \pm 0,02) \text{ ГэВ}/c^2$ и $\Gamma_{3p} = (0,07 \pm 0,04) \text{ ГэВ}/c^2$ с $\chi^2/\text{ст.св.} \approx 0,6$. Величина сечения образования этого состояния, отнесенная к ядру углерода, оказалась равной $(0,70 \pm 0,15) \text{ мб}$, где в погрешность включена только статистическая ошибка.

На рис.8 представлено распределение инвариантных масс 2 протонов из области $3,08 < M_{2p} < 3,48 \text{ ГэВ}/c^2$. Из рис.8 видно, что в области масс $2,06 < M_{2p} < 2,26 \text{ ГэВ}/c^2$ наблюдается четкая структура, превышающая фоновую кривую на 9 стандартных отклонений, со следующими параметрами: $M_{2p} = (2,19 \pm 0,01) \text{ ГэВ}/c^2$ и $\Gamma_{2p} = (0,08 \pm 0,02) \text{ ГэВ}/c^2$. Максимум в области $1,90-1,96 \text{ ГэВ}/c^2$ приписывался нами в данном случае влиянию ВКС, хотя наблюдаемое превышение над фоном может быть обусловлено

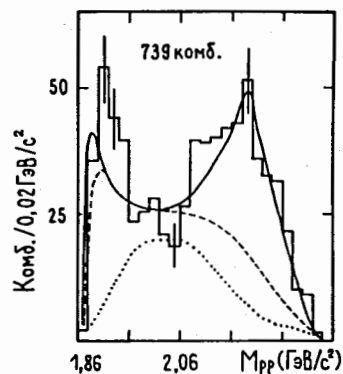


Рис.8. Спектр инвариантных масс двух протонов из области $3,08 < M_{3p} < 3,48 \text{ ГэВ}/c^2$. Сплошная линия - результат аппроксимации экспериментального распределения (гистограмма) функцией типа (2) с учетом БКС. Штриховая - фоновое распределение по КИМ без учета БКС, пунктирная линия - фоновое распределение, полученное методом "перемешивания".

наличием дипротонного резонанса в этой области масс.

Исследования угловых распределений протонов в с.ц.и. 2 и 3 протонов показали, что резонанс с массой $M_{2p} = 2,19 \text{ ГэВ}/c^2$ может находиться в состояниях 3F_2 , 3F_3 или 3F_4 . В предположении существования указанного резонанса наблюдаемый нами эффект в распределениях инвариантных масс трех протонов может быть интерпретирован как связанное состояние дибариона с массой $2,19 \text{ ГэВ}/c^2$ и протона в Р-волне ($L = 1$). Полный момент J может принимать значения от $1/2$ до $11/2$ (четность положительная).

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы:

1. Выполнены работы по программному обеспечению экспериментов для исследования взаимодействий отрицательных пионов с импульсом $5 \text{ ГэВ}/c$ с различными ядрами при помощи пузырьковой камеры с пропановым и пропан-фреоновым наполнениями. Предложена простая параметризация напряженности магнитного поля в рабочем объеме камеры.

2. Установлено, что одним из возможных механизмов кумулятивного рождения протонов в интервале импульсов $(0,2-0,6) \text{ ГэВ}/c$ является поглощение медленных P^+ -мезонов скоррелированной парой внутриядерных нуклонов. Оценен вклад реакции $P^+ \cdot d \rightarrow P^+ p$ в рождение кумулятивных протонов: $\sigma = (1,5 \pm 0,4) \text{ мб}$. С помощью каскадно-испарительной модели продемонстрировано соотношение вкладов трех механизмов в образование протонов, вылетающих в заднюю полусферу (P^+):

- а) механизма развала возбужденного ядра-остатка;
- б) механизма многократного перерассеяния и
- в) механизма поглощения пионов коррелированной парой ядерных нуклонов.

С учетом указанных механизмов предложена параметризация инвариантно-го дифференциального сечения P^+ функцией вида (1).

3. Впервые в адрон-ядерных реакциях в распределениях инвариантных масс двух протонов обнаружены узкие структуры с массами около 1960 и $1990 \text{ МэВ}/c^2$ и ширинами $\leq 10 \text{ МэВ}/c^2$. Наблюдаемые узкие структуры могут быть резонансами в системе двух протонов с изоспином $I = 1$ в Р-волне (четность отрицательная). Оценены сечения их рождения в P^-C^{12} и $P^-(A \approx 20)$ -взаимодействиях при $5 \text{ ГэВ}/c$.

4. В пион-углеродных взаимодействиях при $5 \text{ ГэВ}/c$ в спектрах масс пар протонов, один из которых вылетает в заднюю полусферу, получено указание на существование дипротонного резонанса с массой $M_{2p} = (2024 \pm 3) \text{ МэВ}/c^2$ и шириной $\Gamma_{2p} = (21 \pm 15) \text{ МэВ}/c^2$.

5. Впервые получены указания на существование трехпротонного резонанса с массой $M_{3p} = (3270 \pm 20) \text{ МэВ}/c^2$ и шириной $\Gamma_{3p} = (70 \pm 40) \text{ МэВ}/c^2$. Спин-четность этого состояния может принимать значения $1/2^+$, $3/2^+$, ..., $11/2^+$. Вероятным каналом распада трехбарионного резонанса является распад на дибарион и протон в Р-волне. Упомянутый дибарион является резонансом в системе двух протонов в F-волне с массой $M_{2p} = (2190 \pm 10) \text{ МэВ}/c^2$ и шириной $\Gamma_{2p} = (80 \pm 20) \text{ МэВ}/c^2$.

Опубликованные работы по теме диссертации:

1. Байрамов А.А., Балкар Ш., Дворник А.М., Майлов А.А. Некоторые методические вопросы обработки данных метровой пузырьковой камеры. Сообщение ОИЯИ, I-82-679, Дубна, 1982, с.7.
2. Абдинов О.Б., Байрамов А.А., Будагов Ю.А., Балкар Ш., Дворник А.М., Ломакин Ю.Ф., Майлов А.А., Флягин В.Б., Харжеев Ю.Н. Образование кумулятивных протонов в пион-углеродных взаимодействиях при $5 \text{ ГэВ}/c$. ЯФ, 1983, 38, с.1209-1211.
3. Байрамов А.А., Будагов Ю.А., Дворник А.М., Ломакин Ю.Ф., Майлов А.А., Румянцев В.С., Флягин В.Б., Харжеев Ю.Н. О возможных низколежащих состояниях дипротона. ЯФ, 1984, 39, с.44-47.
4. Абдинов О.Б., Байрамов А.А., Майлов А.А. Поглощение вторичных P^- -мезонов в адрон-ядерных взаимодействиях. Препринт ИФАН АзССР, № I40, Баку, 1985, с.5.
5. Абдинов О.Б., Байрамов А.А., Будагов Ю.А., Дворник А.М., Ломакин Ю.Ф., Майлов А.А., Флягин В.Б., Харжеев Ю.Н. Механизмы рождения кумулятивных протонов в пион-ядерных взаимодействиях при $5 \text{ ГэВ}/c$. Феноменологический анализ. Препринт ОИЯИ, EI-84-42I, Дубна, 1984, с.11.
6. Абдинов О.Б., Байрамов А.А., Будагов Ю.А., Дворник А.М., Ломакин Ю.Ф., Майлов А.А., Флягин В.Б., Харжеев Ю.Н., Хубуа Д.И. Поиск многобарионных резонансов в P^-C^{12} -взаимодействиях при $5 \text{ ГэВ}/c$. Препринт ОИЯИ, PI-86-II, Дубна, 1986, с.8.

7. Абдинов О.Б., Байрамов А.А., Будагов Ю.А., Дворник А.М., Ломакин Ю.Ф., Машлов А.А., Флягин В.Б., Харжеев Ю.Н. Наблюдение узких дипротонных резонансов с массами 1966 и 1989 МэВ/с². Краткие сообщения ОИЯИ, № 15-86, Дубна, 1986, с.8.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 июля 1986 года.