

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б - 187

1-83-34

БАЙРАМОВ
Азад Агалар оглы

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИЙ
ЗАРЯЖЕННЫХ π -МЕЗОНОВ И ПРОТОНОВ
В π^- С-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ ИМПУЛЬСЕ 5 ГэВ/с

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1983

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

Научные руководители:

доктор физико-математических наук
профессор

Будагов Ю.А.

кандидат физико-математических наук

Ломакин Ю.Ф.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
профессор

Гришин В.Г. (ЛВЭ ОИЯИ)

Кандидат физико-математических наук

Ставинский А.В.
(ИТЭФ, г.Москва)

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

Защита состоится "___" _____ 1983 г. в "___" час.
на заседании Специализированного совета Д-047.01.03 при
Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, г. Дубна, Московской обл.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Лаборатории
ядерных проблем ОИЯИ.

Автореферат разослан "___" _____ 1983 г.

Ученый секретарь Специализированного совета
доктор физико-математических наук

Ю.А. Батусов

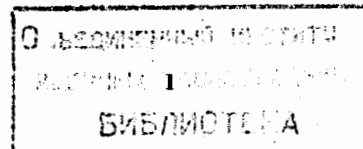
I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность проблемы. Исследования реакций глубокоэластичного взаимодействия адронов с ядрами дают важные сведения о распределении адронной материи внутри ядра, о свойствах сильных взаимодействий на пространственно-временных интервалах порядка 10^{-13} см и 10^{-23} сек. С изучением адрон-ядерных взаимодействий связаны надежды на обнаружение новых состояний и новых проявлений структуры адронов (кварковых степеней свободы).

Одним из методов извлечения информации об этих процессах является инклюзивный подход. В результате теоретического и экспериментального исследований инклюзивных реакций был открыт ряд закономерностей, присущих процессам множественного образования частиц. При этом было установлено, что инклюзивные распределения описываются в рамках многих моделей. Поэтому наряду с инклюзивными одночастичными характеристиками начали изучать и корреляции в надежде на то, что данные о корреляциях окажутся тестом, чувствительным к выбору той или иной теоретической модели. Ко времени начала работ по теме диссертации корреляции между заряженными частицами в адрон-ядерных взаимодействиях были изучены весьма мало.

Образование кумулятивных частиц в адрон-ядерных взаимодействиях — чисто ядерный ("коллективный") эффект. Для описания процессов кумулятивного рождения частиц, в частности протонов, были предложены различные модели адрон-ядерного взаимодействия: фибрильная, кварк-партоновая, модель многокварковых систем (дибарионов), модель многонуклонных (парных) корреляций в ядре и др. Для выяснения картины процессов, протекающих при рождении кумулятивного протона (адрона), необходимо получение новых экспериментальных данных.

Работы, проведенные по теме диссертации, являются частью программы систематического исследования процессов взаимодействия π^- -мезонов с нуклонами и ядрами при энергии 5 ГэВ, выполняемой с помощью 200-литровой пропан-фреоновой пузырьковой камеры Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Исследования проводятся под общим научным руководством члена-корреспондента АН СССР профессора В.П. Джалепова.



Цель работы. Целью исследований является изучение инклюзивных характеристик и корреляционных свойств в образовании заряженных π^- -мезонов и протонов в пион-углеродных взаимодействиях, сравнение полученных результатов с предсказаниями теоретических моделей.

Научная новизна и значимость работ. Экспериментальные данные, представленные в диссертации, характеризуются высокой статистической обеспеченностью и основаны на результатах анализа 15000 π^- -взаимодействий и 7500 событий взаимодействия π^- -мезона с ядрами фреона при 5 ГэВ/с.

В результате проведенных исследований получены важные сведения об изучавшихся процессах; многие результаты при этом являются новыми. К числу подобных, ранее не изученных характеристик адрон-ядерных взаимодействий, относятся:

- измерение зависимости средней ассоциативной множественности заряженных частиц и моментов распределений от скоростей выделенных π^+ - и π^- -мезонов и сравнение полученных результатов с предсказаниями каскадно-испарительной модели и модели каскада лидирующего адрона;
- наблюдение закономерностей, предсказываемых гипотезой "скейлинга в среднем" для заряженных π^- -мезонов;
- установление того факта, что механизмы внутриядерного перераспределения и поглощения π^- -мезона на скоррелированной паре нуклонов достаточно хорошо описывают зависимости множественности частиц N_{tot} , N_{π^-} , N_{π^+} , N_{p1} (протоны, вылетающие в переднюю полусферу в л.с.к.) от числа кумулятивных протонов N_{p1} ;
- оценка среднего значения ширины и плотности энергетических уровней резонансных состояний нуклонных систем, обуславливающих испускание протонов в заднюю полусферу в л.с.к.;
- наблюдение и исследование корреляций по углу разлета между протонами в задней полусфере и другими заряженными частицами согласно предсказаниям кварк-партоновой модели ядерных флуктуаций;
- получение в распределениях по переменной, характеризующей порядок кумулятивности, указаний на существование в ядре флуктуаций плотности ядерного вещества.

Помимо этого, проведено детальное изучение и сопоставление экспериментальных данных для одночастичных инклюзивных распределений и множественностей вторичных заряженных пионов и протонов с предсказаниями каскадно-испарительной модели, а также определены пространственно-временные характеристики процесса излучения тождественных π^- -мезонов.

Практическая ценность работы. Разработанный метод выделения процессов на разных ядрах в "многоядерной" (многокомпонентной) смеси может быть использован в экспериментах, проводимых с помощью камерной и других методик.

Полученные новые данные о ранее не исследовавшихся характеристиках адрон-ядерного взаимодействия (множественности, многочастичные явления, корреляции) существенно дополняют накопленные к настоящему времени представления об hA -взаимодействиях; они позволяют формулировать новые задачи для более глубокого исследования hA -взаимодействий при планировании экспериментов нового поколения.

Апробация работы и публикации. Основные результаты диссертации докладывались на семинарах ЛЯП ОИЯИ, Института физики АН АзССР; представлялись на международных конференции по физике высоких энергий в Тбилиси (1976 г.), в Баку (1976 г.), опубликованы в журнале "Ядерная физика", в сборнике статей "Некоторые вопросы теории элементарных частиц и атомного ядра" издательства "Элм" г. Баку (1980 г.), а также в виде препринтов и сообщений ОИЯИ.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 116 страниц машинописного текста, 39 рисунков, 16 таблиц. Список литературы насчитывает 105 наименований.

II. СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы, отмечена плодотворность инклюзивного подхода к анализу процессов множественного образования частиц на ядрах. Описаны основные положения известных теоретических моделей и гипотез - о масштабно-инвариантном поведении спектров кумулятивных мезонов и ядерном скейлинге для кумулятивных барионов. Рассмотрены предсказываемые ими свойства процессов множественного рождения. Приведен краткий обзор результатов экспериментального изучения инклюзивных реакций, кумулятивного ядерного эффекта, полученных до начала работ по теме диссертации. Сформулированы цели диссертационной работы. Кратко изложено содержание диссертации.

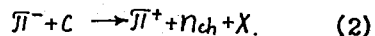
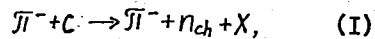
Первая глава посвящена методике проведения эксперимента. Кратко описана экспериментальная установка - двухсотлитровая пузырьковая камера ЛЯП ОИЯИ с пропановым и пропан-фреоновым наполнением, помещенная в электромагните ИК-3-4 с индукцией магнитного поля $H_z = 1,7$ Т и облученная в пучке π^- -мезонов с импульсом 5 ГэВ/с синхрофазотрона Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Определено процентное весовое соотношение пропана и фреона в пропан-фреоновой смеси: $f_{C_3F_8} = (29 \pm 3)\%$ и $f_{C_3H_8} = (71 \pm 3)\%$. Выполнена работа по статистическому разделению взаимодействий на ядрах углерода, фтора и брома.

Описана методика обработки фильмовой информации, использованной для исследования неупругих пион-углеродных взаимодействий. Для получения физических результатов в диссертации было использовано 22500 пион-ядерных взаимодействий, и в их числе - 15000 событий неупругих π^+C -взаимодействий, 7500 событий взаимодействия π^- -мезона с ядрами $C^{13}Br$.

Вторая глава посвящена изучению инклюзивного рождения заряженных π^- -мезонов и протонов. Исследованы множественности, импульсные, угловые, быстрое, двойные дифференциальные распределения заряженных частиц. Проведен анализ экспериментальных спектров с помощью каскадно-испарительной модели (КИМ); расчетные спектры по КИМ находятся в согласии с экспериментальными данными.

Впервые для адрон-ядерных взаимодействий изучена зависимость средней ассоциативной множественности заряженных частиц $\langle n_{ch}(y) \rangle$ от скорости выделенных π^- - и π^+ -мезонов в полуклинических реакциях



На рис. 1 и 2 приведены данные о $\langle n_{ch}(y) \rangle$ в реакциях (1) и (2), соответственно, в зависимости от скорости π^- -мезона в л.с.к. Там же представлены аналогичные данные для π^-p -взаимодействий при 5

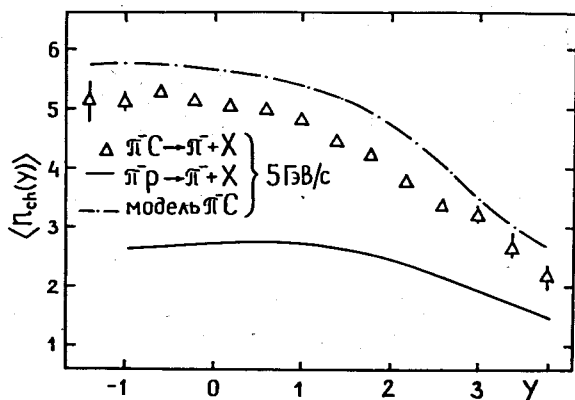


Рис. 1

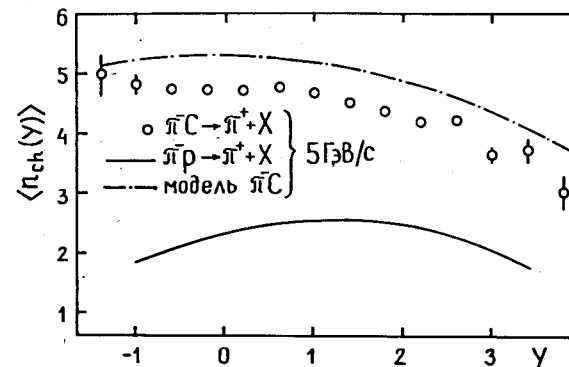


Рис. 2

ГэВ/с и расчеты по КИМ. Видно, что расчетная кривая качественно описывает зависимость $\langle n_{ch}(y) \rangle$ от y . Сравнение с данными для π^-p -взаимодействий показывает, что переход от протона к ядерной мишени не вносит существенных изменений в форму зависимости $\langle n_{ch}(y) \rangle$ от y . В π^-p -взаимодействиях относительно большие значения величины $\langle n_{ch}(y) \rangle$ для выделенных π^- -мезонов из задней полусферы (по сравнению с $\langle n_{ch}(y) \rangle$ для выделенных π^+ -мезонов) указывает на преимущественное образование таких π^- -мезонов в событиях с большей множественностью, что согласуется со статистической моделью возбужденных состояний. В то же время для π^-C -взаимодействий наблюдается равенство значений величин $\langle n_{ch}(y) \rangle$ для выделенных π^- и π^+ -мезонов из задней полусферы. Такое поведение $\langle n_{ch}(y) \rangle$ предсказывается также и в модели каскада лидирующего адрона.

С целью проверки возможности существования коллективных возбуждений в ядре (типа "ударной волны") изучены угловые распределения протонов в событиях с полным развалом ядра углерода. Отбор таких событий проводился по следующим критериям:

$$Q = n_p + n_{\pi^+} - (n_{\pi^-} - 1) \geq 4,$$

где n_p - число идентифицированных в событии протонов и n_{π^\pm} - число π^\pm -мезонов,

$$n_p \geq 3, \quad n_{\pi^+(\pi^-)} > \bar{n}_{\pi^+(\pi^-)},$$

где $\bar{n}_{\pi^+(\pi^-)} \approx 1,5$ - средняя множественность $\pi^+(\pi^-)$ -мезонов в π^-C -взаимодействиях;

$$n_{p1} > n_{p2},$$

здесь n_{p1} и n_{p2} - число протонов, летящих в л.с.к. в переднюю и заднюю полусферы соответственно.

Протоны идентифицировались в интервале импульсов $0,18 < P_p < 0,7$ ГэВ/с. Положительные, неразделенные при просмотре частицы с $P > 0,7$

ГэВ/с, относились к π^+ -мезонам. Поэтому разумно считать, что величина $n'_p = n_{\pi^+} - (n_{\pi^-} - 1)$ пропорциональна числу быстрых протонов, и, соответственно этому, ввести критерий

$$I \leq n'_p \leq 3.$$

Всего по этим критериям было отобрано 500 событий. Вероятность наблюдения таких событий, определяемая как отношение их количества к числу всех π^-C -событий, равна $W = (3,3 \pm 0,2)\%$.

На рис. 3 приведено распределение по косинусу угла вылета для протонов в л.с.к. в отобранных по вышеуказанным критериям событиях.

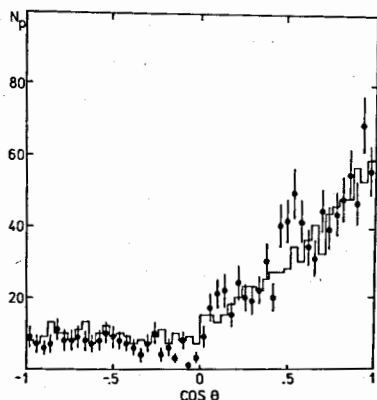
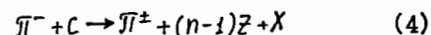
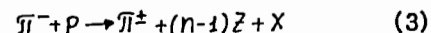


Рис. 3. Распределение по косинусу угла вылета протонов. Точки - экспериментальные значения, гистограммы - расчет по КИМ. Расчетные и экспериментальные распределения отнормированы на равные площади.

В качестве фонового распределения использовались результаты расчета по КИМ. Из рис. 3 видно, что в пределах четырех статистических ошибок наблюдается пик под углом $\theta = 57^\circ$, который не описывается по модели, и, таким образом, не обусловлен ни одним из механизмов вылета протонов из ядра, заложенных в КИМ: развал остаточного ядра, перерассеяние на внутриядерных нуклонах и поглощение медленного π^- -мезона скоррелированной парой нуклонов ядра. Подобный модельный анализ выполнен впервые.

Угол, под которым наблюдается максимум в угловом распределении вторичных протонов, совпадает по значению с углом Маха (угол между фронтом распространения "ударной волны" и осью взаимодействия). Однако имеются и другие, альтернативные теоретические схемы, которые могли бы претендовать на предсказание максимума в районе $\theta = 57^\circ$. В диссертации этот вопрос обсуждается подробнее.

В полуинклюзивных реакциях



Z -заряженные частицы, включая протоны, исследовано возможное проявление закономерностей "скейлинга в среднем". Согласно гипотезе "скейлинга в среднем", одночастичные инклюзивные распределения $(\langle P_1 \rangle / \sigma) \times (d\sigma/dP_1)$ и $(\langle P_n \rangle / \sigma_n) \times (d\sigma_n/dP_n)$ при $s \rightarrow \infty$ в реакциях множественного образования частиц не должны зависеть от начальной энергии, от множественности вторичных частиц, а также от типа сталкивающихся частиц (σ - полуинклюзивное сечение рождения частицы, $\langle P_1 \rangle$ и $\langle P_n \rangle$ - средние поперечные и продольные импульсы выделенной частицы при данной топологии события).

На рис. 4 и 5 представлены экспериментальные распределения $(\langle P_1 \rangle_n / \sigma_n) \times (d\sigma_n/dP_1)$ и $(\langle P_n \rangle_n / \sigma_n) \times (d\sigma_n/dP_n)$ для событий заданной топологии

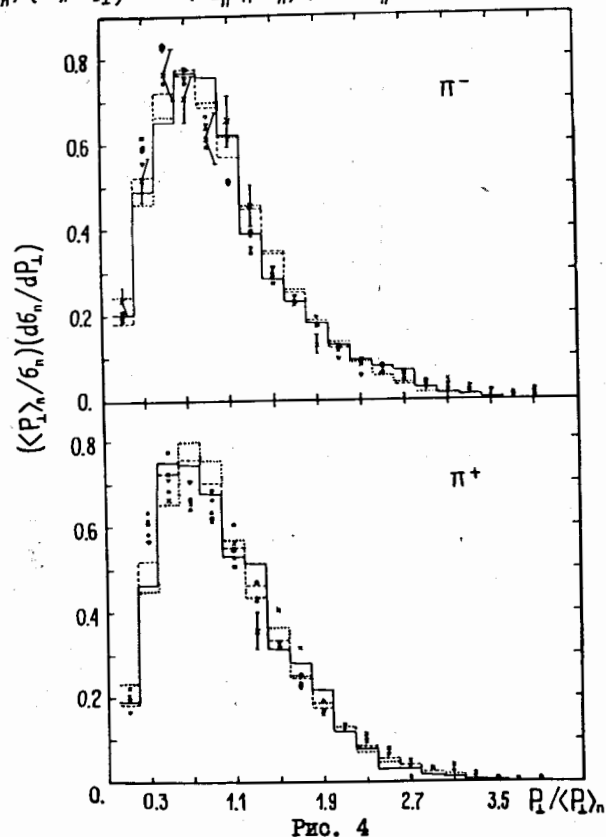


Рис. 4

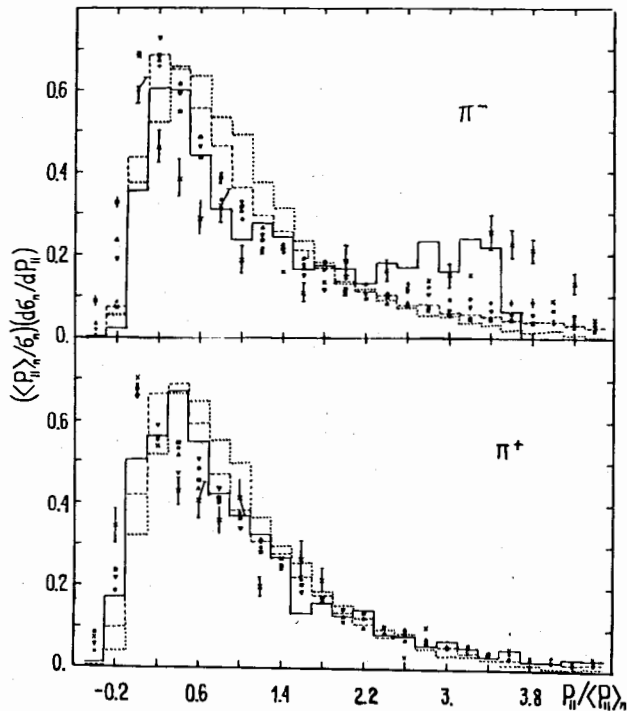
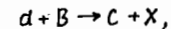


Рис. 5

из реакций (3) и (4). Гистограммы – для реакции (3), точки – для реакции (4). Обозначения на рисунках следующие: x – двулучевые события, • – трехлучевые, ▽ – четырехлучевые, ▲ – пятилучевые, ■ – шестилучевые; сплошная гистограмма – двулучевые, пунктирная – четырехлучевые, точки – шестилучевые. Из рисунков видно, что "скейлинг в среднем" выполняется для π^\pm -мезонов в переменной $P_{||} / \langle P_{||} \rangle$ и для π^+ -мезонов в переменной $P_{||} / \langle P_{||} \rangle$ для различной топологии событий. Нарушение скейлинга в среднем для π^- -мезонов в переменной $P_{||} / \langle P_{||} \rangle$ связано с эффектом лидирования π^- -мезонов. Таким образом, в результате наших исследований оказалось возможным распространить справедливость гипотезы о "скейлинге в среднем" на новый класс процессов (адрон-ядерные процессы).

Третья глава посвящена исследованию неупругих взаимодействий π^- -мезонов с ядрами углерода с испусканием протонов в заднюю полусферу в л.с.к. Развита метод определения минимального числа N_{min} внутриядерных соударений (порядок кумулятивности) в адрон-ядерных взаимо-

действиях. Для адрон-ядерной реакции



где C – различные регистрируемые в камере заряженные частицы, X – ненаблюдаемые частицы, из законов сохранения энергии-импульса получаем

$$N_{min} \geq A \equiv \frac{\mathcal{E} - k \cdot \cos \theta}{\frac{M}{P_0} (E_0 - \mathcal{E} + \sqrt{\mathcal{E}^2 + k^2})}, \quad (5)$$

где \mathcal{E} – суммарная энергия частиц C, θ – угол между результирующим вектором импульсов \vec{K} частиц C и импульсом первичного адрона P_0 , M – масса протона, $E_0 = \sqrt{P_0^2 + m_a^2}$, m_a – масса первичного адрона.

Для каждого пион-углеродного взаимодействия N_{min} определялось при следующих условиях: а) не учитывались в расчете протоны с $p < 0,3$ ГэВ/с, поскольку такие протоны образуются в своем подавляющем большинстве в результате процесса развала возбужденного ядра-остатка; б) отбирались события, для которых $A \geq N_c$, где N_c – число вторичных идентифицированных протонов с $P > 0,3$ ГэВ/с. С учетом этих условий было получено среднее минимальное число внутриядерных соударений (без учета однократных взаимодействий π^- -мезона с квазисвободными нуклонами ядра): $\langle N_{min} \rangle = 1,58 \pm 0,01$.

На рис. 6 представлено распределение по величине A, которая характеризует число нуклонов составной системы, участвующей в данном акте взаимодействия. Наличие максимумов при A, кратном целым числам

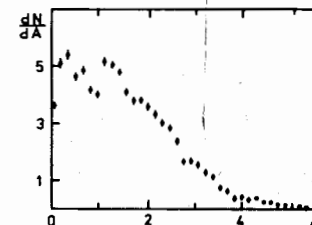


Рис. 6

1, 2, 3, ..., свидетельствует о существовании внутри ядер флюктуаций (флуктуаций плотности ядерного вещества) с числом нуклонов $K=1, 2, 3, \dots$

Определены топологические сечения процессов испускания протонов в заднюю полусферу $P_{||}^-$ и изучены корреляции между множественностью вторичных заряженных частиц и числом $P_{||}^-$. Было установлено:

1. $\langle N_{P_{||}^-} \rangle$ не зависит от множественности π^- -мезонов N_{π^\pm} ;
2. зависимость $\langle N_{P_{||}^-} \rangle$ от полного числа протонов в событии близка к линейной, т.е. среднее число протонов, вылетающих "назад", составляет постоянную долю полного числа протонов в звезде;
3. средние множественности протонов, испущенных в переднюю полусферу, не зависят от $N_{P_{||}^-}$.

Авторы ряда работ объясняют зависимости I+3 привлечением разных моделей, между тем как в диссертации показано, что учет лишь механизма внутриядерного перерассеяния успешно объясняет зависимости множественностей N_T , N_P от P_{P_1} .

Исследованы импульсные спектры протонов, вылетающих в заднюю полусферу, проведено сравнение с расчетами по КИМ и продемонстрировано соотношение вкладов различных механизмов образования P_1 в различных областях фазового пространства (рис. 7). Обнаружено, что вклад механизма перерассеяния с увеличением угла вылета P_1 уменьшается во всех интервалах импульсов, а вклад механизма поглощения \mathcal{L} -мезона скоррелированной парой нуклонов ядра растет и для больших импульсов ($< 0,7$ ГэВ/с) играет наиболее существенную роль.

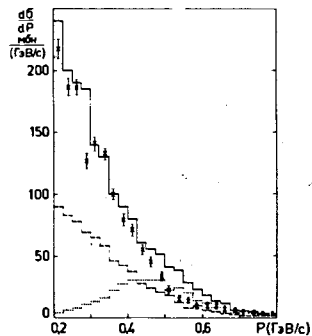


Рис. 7. Импульсный спектр протонов, испускаемых в заднюю полусферу; крестики - эксперимент, гистограмма - расчет по КИМ; пунктир - вклад от механизма перерассеяния, точки - вклад от механизма поглощения.

Найдено, что вероятность описания распределений по импульсам "протонов назад" гладкой зависимостью - не более 0,5%. Характер отклонений экспериментальных распределений для протонов от гладкой экспоненциальной параметризации, полученной с помощью фибербольной модели Горенштейна-Зиновьева, (рис. 8), напоминает осциллирующее поведение сечений по импульсам и углам вылета в адрон-ядерных соударениях при низких энергиях, так называемые "эриксоновские флуктуации". Используя, вполне формально, упомянутое сходство с эриксоновскими флуктуациями, можно определить среднее значение резонансных ширин и плотность энергетических уровней возбуждения нуклонных систем-мишеней, обуславливающих испускание протонов в заднюю полусферу:

$$\langle \Gamma \rangle \approx (0,4 + 0,5) / K \text{ МэВ},$$

где K-число максимумов, приходящихся на единичный интервал энергии испущенных протонов.

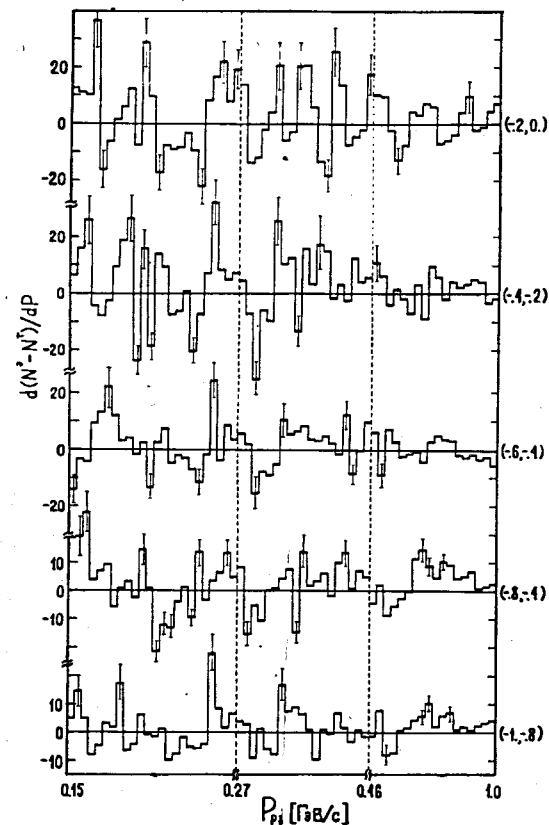


Рис. 8. Отклонения экспериментальных распределений от расчетной "гладкой" зависимости в интервалах $|\cos \theta| = 0,2$ для различных углов θ вылета протонов. По оси абсцисс отложены импульсы "протонов назад". Слева указаны интервалы $\Delta \cos \theta$. Приведенные величины погрешностей - статистические.

В результате получено значение $\langle \Gamma \rangle \approx 10$ МэВ. Это значение близко к ожидаемым значениям ширин высоколежащих возбуждений ядерной материи (дибарионов), предсказанным в работах В.А.Матвеева, В.К.Дукьянова, А.И.Титова.

Сечение реакции, в которой "протон назад" образуется за счет распада дибарионного резонанса, есть сумма N сечений, относящихся к разным ориентациям спинов и орбитальных моментов частиц, участву-

щих в данной реакции. В эксперименте N можно определить из соотношения $N \equiv \langle R(P) \rangle^2 / [\langle R(P)^2 \rangle - \langle R(P) \rangle^2]$, где $R(P) = \sigma^2 / \sigma^p$ — отношение экспериментального сечения к "фоновому" в каждом бине распределения по импульсам. Исследуя на опыте величины $R(P)$ для "протонов назад" в интервале углов $\cos \theta_{p, n} \in (0; -0,2)$, получаем $N \approx 15$. Используя соотношение $D = 2\pi\Gamma/N$ между шириной уровней возбуждения Γ , расстоянием между уровнями D и величиной N , определяем $\langle D \rangle \approx 4$ МэВ.

Полученная экспериментальная оценка плотности энергетических уровней дибарионных резонансов $\langle d \rangle = 1/\langle D \rangle \approx 1/4$ МэВ⁻¹ ранее на опыте не определялась. Она согласуется с предсказанием теории, основанной на модели шестикваркового мешка.

Кварк-партоновая формулировка гипотезы ядерных флуктуаций позволила объяснить ряд закономерностей кумулятивного рождения частиц на ядрах и предсказать наличие характерных корреляций по углу разлета двух частиц. В результате проведенного нами исследования впервые установлено наличие таких корреляций по углу разлета заряженных π^- -мезонов и протонов с протонами в задней полусфере (рис. 9); фоновое распределение на рисунке рассчитано с помощью одночастичных инклюзивных распределений в предположении независимого испускания частиц.

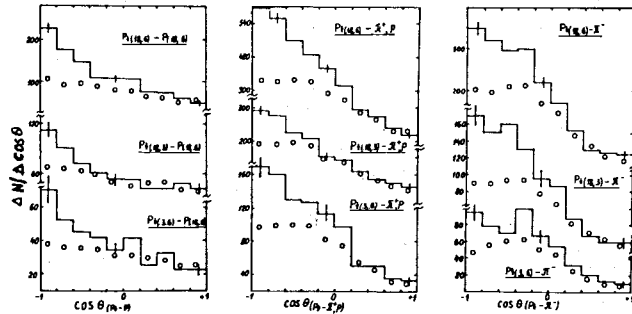


Рис. 9. Экспериментальные распределения по косинусу угла разлета для пар частиц: "протон назад" — протон ($P+P$), "протон назад"—положительно заряженные частицы ($P+\pi^+, P$), "протон назад"— π^- -мезон ($P+\pi^-$); в скобках указаны интервалы импульсов частиц (в ГэВ/с). Кружками обозначены "фоновые распределения". Нормировка на экспериментальные значения в области $0,5 < \cos \theta < 1$.

Аналогичная закономерность в распределениях по углу разлета наблюдалась при исследовании pp -взаимодействий при энергии $\sqrt{s} = 53$ ГэВ для π^0 -мезонов с большими поперечными импульсами $2 < P_{\perp} < 5$ (ГэВ/с) (ази-

мутальные корреляции). Таким образом, наблюдаемая в нашем эксперименте корреляция может быть результатом квазиупругого соударения налетающего π^- -мезона с "тяжелой" когерентной флуктуацией ядерной материи ("флуктоном") в ядре углерода. Подобие корреляций в рождении кумулятивных частиц с корреляциями в процессах образования частиц с большими P_{\perp} свидетельствует в пользу подобия механизмов (жесткого соударения кварков) этих двух процессов.

Однако наличие обсуждаемой характерной корреляции с преимущественным разлетом частиц на угол $\sim 180^\circ$ ожидалось и в других моделях, претендующих на объяснение кумулятивного эффекта. Например, для нуклонов, по существу, была качественно предсказана аналогичная корреляция на основе механизма поглощения относительно медленных π^- -мезонов парой нуклонов ядра.

Установлено, что механизм поглощения в пределах экспериментальных точностей описывает распределения по углам разлета θ ($P+P$) для интервала импульсов протонов $(0, 18 \pm 0,6)$ ГэВ/с и не описывает распределений по углам разлета $P+\pi^+$ и $P+\pi^-$.

Четвертая глава посвящена изучению интерференционных эффектов и парных корреляций для заряженных π^- -мезонов, образованных в неупругих π^-C -взаимодействиях. Получены данные о пространственных (R) и временных (τ) характеристиках процесса генерации заряженных π^- -мезонов в с.ц.м. и л.с.к. соответственно: $R_c = (2,9 \pm 0,8)$ фм, $\tau_c = (7,4 \pm 3,5) 10^{-24}$ сек и $R_A = (2,7 \pm 1,2)$ фм, $\tau_A = (18 \pm 7) 10^{-24}$ сек., где R —средний радиус области взаимодействия, τ —некоторое эффективное время, содержащее информацию о времени жизни источника, о разбросе моментов их "включения" и о продольном размере системы.

Оценена скорость движения источника пионов ("мезонного фибербола"):

$$\tau_c = \tau_A \sqrt{1 - \beta^2} \Rightarrow \beta = 0,9 \pm 0,2$$

Значение β близко к известным мировым данным.

Для определения поперечного размера области излучения π^- -мезонов впервые для адрон-ядерных взаимодействий использован метод Брауна и Фридмана, основанный на корреляционной связи между поперечными импульсами одноименно заряженных π^- -мезонов. В результате получены значения:

$$\begin{aligned} \text{Для } \pi^+\pi^+ \text{-мезонных пар} & R_1 = (2,0 \pm 0,4) \text{ фм,} \\ \text{для } \pi^-\pi^- \text{-мезонных пар} & R_1 = (2,2 \pm 0,2) \text{ фм.} \end{aligned}$$

Полученные разными методами и в различных системах отсчета значения размеров области излучения π^- -мезонов совпадают в пределах экспериментальных погрешностей.

III. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

I. Выполнены работы по программному обеспечению эксперимента, методические исследования и разработки:

- статистическое разделение взаимодействий на ядрах углерода, фтора и брома;
- оценка средних множественностей протонов при взаимодействии π^- -мезонов отдельно с ядрами фтора и брома: $\langle n_F \rangle = 2,15 \pm 0,07$, $\langle n_B \rangle = 6,6 \pm 0,3$;
- создание ленты суммарных результатов смоделированных по КИМ ~ 200000 событий пион-углеродных взаимодействий при 5 ГэВ/с.

2. Исследованы ранее не изучавшиеся в адрон-ядерных взаимодействиях зависимости средней ассоциативной множественности заряженных частиц $\langle n_{ch}(y) \rangle$ и моментов распределений $C_2(y)$ и $C_3(y)$ от быстрот выделенных π^+ - и π^- -мезонов. Установлено, что форма распределений $\langle n_{ch}(y) \rangle$ одинакова для π^-p - и π^-c -событий. Для π^-c -взаимодействий, в отличие от π^-p -взаимодействий при той же энергии, наблюдается равенство значений величин $\langle n_{ch}(y) \rangle$ для выделенных π^- -, π^+ -мезонов из задней полусферы. Полученные экспериментальные данные качественно описываются каскадно-испарительной моделью и моделью каскада лидирующего адрона.

3. Исследован процесс полного развала ядра углерода. Вероятность такого процесса составляет $W = (3,3 \pm 0,2)\%$. Установлено, что наблюдаемый максимум в районе $\theta = 57^\circ$ в угловом распределении протонов в событиях полного развала не описывается ни одним из следующих механизмов: развалом возбужденного ядра-остатка, перерасеянием на внутриядерных нуклонах, поглощением π^- -мезона скоррелированной парой нуклонов ядра.

4. Впервые для адрон-ядерных взаимодействий исследован "скейлинг в среднем" для заряженных пионов. Установлено, что скейлинг в среднем выполняется для π^\pm -мезонов в переменных $P_{\perp} / \langle P_{\perp} \rangle$ и для π^+ -мезонов в переменных $P_{\parallel} / \langle P_{\parallel} \rangle$ для различной топологии событий. Нарушение скейлинга в среднем для π^- -мезонов в переменных $P_{\parallel} / \langle P_{\parallel} \rangle$ связано с эффектом лидирования π^- -мезонов.

5. Определено среднее значение минимального числа внутриядерных соударений (порядок кумулятивности) в адрон-ядерных соударениях (без учета рассеяния на квазисвободных нуклонах) $\langle N_{min} \rangle = 1,58 \pm 0,01$.

В распределениях по величине A , характеризующей порядок кумулятивности, получены указания на существование в ядрах флуктуаций плотности ядерного вещества.

6. Исследованы импульсные спектры протонов в задней полусфере. С помощью анализа, проведенного по КИМ, наглядно продемонстрировано соотношение вкладов различных механизмов образования P_{\perp} в различных областях фазового пространства.

7. Установлено, что имеют место отклонения распределений по импульсам "протонов назад" от гладкой экспоненциальной зависимости.

В предположении, что наблюдаемое распределение по импульсам P_{\perp} обусловлено возбуждением близлежащих энергетических уровней нуклонных систем-мишеней, определены средние значения ширины и плотности уровней $\langle \Gamma \rangle \leq 10$ МэВ и $\langle d \rangle \approx 1/4$ МэВ $^{-1}$.

8. Впервые для адрон-ядерных взаимодействий наблюдаются и исследованы корреляции по углу разлета между протонами в задней полусфере и другими заряженными частицами.

Наиболее полно эти корреляции согласуются с предсказаниями кварк-партоновой модели ядерных флуктуаций.

9. Определены пространственно-временные характеристики области испускания π^- -мезонов в системе центра масс пион-нуклон и в лабораторной системе координат:

$$R_c = (2,9 \pm 0,8) \text{ фм} \quad R_A = (2,7 \pm 1,2) \text{ фм} \quad \tau_c = (7,4 \pm 3,5) 10^{-24} \text{ сек}, \quad \tau_A = (18 \pm 7) 10^{-24} \text{ сек}.$$

Для определения поперечного размера области излучения π^- -мезонов впервые для адрон-ядерных взаимодействий использован метод, разработанный Брауном и Фридманом: $R_1^{++} = (2,0 \pm 0,4) \text{ фм}$ и $R_1^- = (2,2 \pm 0,2) \text{ фм}$.

Работы, опубликованные по теме диссертации:

1. Budagov Yu.A., Bayramov A.A., Dzhelepov V.P., Dvornik A.M., Efremov A.V., Flyagin V.B., Lomakin Yu.F., Valkar S., Volodko A.G., Investigation of p, π^\pm -charged particle correlations in π^-c -interactions at 5 GeV/c with emission of a particle in the backward direction. JINR, E1-8978, Dubna, 1976, 5 p.
2. Абдинов О.Б., Байрамов А.А., Будагов Ю.А., Валкар Ш., Виноградов В.Б., Володько А.Г., Дворник А.М., Ломакин Ю.Ф., Флягин В.Б., Харжеев Ю.Н. Инклюзивные распределения заряженных частиц в π^-c -взаимодействиях при импульсе 5 ГэВ/с. Препринт ОИЯИ, PI-II820, Дубна, 1978, 12 с.
3. Абдинов О.Б., Абросимов А.Т., Байрамов А.А., Будагов Ю.А., Валкар Ш., Володько А.Г., Дворник А.М., Ломакин Ю.Ф., Максименко Н.В., Флягин В.Б., Харжеев Ю.Н. Двойные дифференциальные распределения заряженных частиц в π^-c -взаимодействиях при 5 ГэВ/с. Сообщение ОИЯИ, I-I2043, Дубна, 1978, 8 с.
4. Байрамов А.А., Будагов Ю.А., Валкар Ш., Виноградов В.Б., Володько А.Г., Дворник А.М., Ломакин Ю.Ф., Флягин В.Б., Харжеев Ю.Н., Хубуа Д.И. Определение пространственно-временных характеристик процесса генерации заряженных π^- -мезонов при взаимодействии π^- -мезонов с ядрами углерода при 5 ГэВ/с. ЯФ, 1978, 28, с. I20+I24.

5. Абдинов О.Б., Байрамов А.А., Будагов Ю.А., Валкар Ш., Дворник А.М., Ломакин Ю.Ф., Флягин В.Б., Харжеев Ю.Н. О механизме вылета протонов в заднюю полусферу в пион-углеродных взаимодействиях при 5 ГэВ/с. ЯФ, 1979, 30, с. 396-399.
6. Абдинов О.Б., Абросимов А.Т., Антош Я., Байрамов А.А., Будагов Ю.А., Валкар Ш., Володько А.Г., Дворник А.М., Ломакин Ю.Ф., Майлов А.А., Максименко Н.В., Мартинска Г., Румянцев В.С., Русакович Н.А., Флягин В.Б., Харжеев Ю.Н. Ассоциативная множественность в реакции $\pi^+C \rightarrow \pi^{\pm} + X$ при импульсе 5 ГэВ/с. Сообщение ОИЯИ, I-13052, Дубна, 4 с.
7. Абдинов О.Б., Абросимов А.Т., Байрамов А.А., Будагов Ю.А., Валкар Ш., Дворник А.М., Ломакин Ю.Ф., Майлов А.А., Тарасова Н.Н., Флягин В.Б., Харжеев Ю.Н., Чубарян М.Я. Угловые распределения протонов в $\pi^{-12}C$ -взаимодействиях при 5 ГэВ/с с развалом ядра. Сообщение ОИЯИ, I-80-859, 1980, 4 с.
8. Абдинов О.Б., Байрамов А.А., Сулейманов М.К., Взаимодействие адронов с ядрами углерода при высоких энергиях. В сб. "Некоторые вопросы теории элементарных частиц и атомного ядра". Изд. "Элм", Баку, 1980, с.122-156.
9. Байрамов А.А., Валкар Ш., Дворник А.М., Майлов А.А. Некоторые методические вопросы обработки данных метровой пузырьковой камеры. Сообщение ОИЯИ, I-82-679, Дубна, 1982, с. 7.
10. Байрамов А.А., Будагов Ю.А., Валкар Ш., Джелепов В.П., Дворник А.М., Ломакин Ю.Ф., Майлов А.А., Тарасова Н.Н., Флягин В.Б., Харжеев Ю.Н. Инклюзивные спектры протонов в $\pi^{-12}C$ -взаимодействиях при 5 ГэВ/с. ЯФ, 1982, 35, 1627-1629.
11. Абдинов О.Б., Байрамов А.А., Будагов Ю.А., Валкар Ш., Дворник А.М., Ломакин Ю.Ф., Майлов А.А., Флягин В.Б., Харжеев Ю.Н. Исследование корреляций заряженных частиц в π^+C -взаимодействиях при 5 ГэВ/с с испусканием протона в заднюю полусферу. ЯФ, 1982, 35, с.1181+1185.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 января 1983 года.