

И-67

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1 - 12618

ИНОГАМОВА
Тамара Яковлевна

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ γ -КВАНТОВ И
 π^0 -МЕЗОНОВ В π^{-12} С - ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ 40 ГэВ/с

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1979

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук
профессор

Гришин
Валентин Григорьевич

кандидат физико-математических наук

Ангелов
Николай Стоянов

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук
профессор

Хачатурян
Марлен Нарисбеович

кандидат физико-математических наук
младший научный сотрудник

Шабельский
Юлий Мечиславович

Ведущее научно-исследовательское учреждение: НИИЯФ МГУ
им. М.В.Ломоносова, Москва.

Автореферат разослан "___" _____ 1979 г.

Защита диссертации состоится "___" _____ 1979 г.
в ___ час. на заседании Специализированного совета Д-047.01.02
при Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных
исследований, г.Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Лаборатории
высоких энергий.

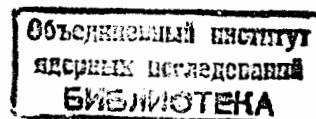
Учёный секретарь
Специализированного совета *Урмасарф* Ф.Лихачёв

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. Интерес к изучению множественного рождения частиц в адрон-нуклонных и адрон-ядерных столкновениях при высоких энергиях в последние годы был стимулирован предположениями о новых типах инвариантности сильных взаимодействий: гипотеза масштабной инвариантности и предельной фрагментации. Был развит инклюзивный подход к анализу взаимодействий с рождением большого числа частиц. Основная часть имеющихся экспериментальных данных, посвящённых этой проблеме, относится к изучению характеристик заряженных частиц. По исследованию инклюзивных реакций с рождением нейтральных частиц (π^0 - мезоны), как в адрон-адронных, так и в адрон-ядерных взаимодействиях имеется небольшое число работ. Изучение закономерностей в образовании вторичных нейтральных частиц представляется важным этапом в процессе выявления общих закономерностей множественного рождения.

Отметим, что адрон-ядерные взаимодействия вызывают большой интерес и потому, что они дают уникальную возможность получить информацию о пространственно-временной структуре сильных взаимодействий и таким образом проверить соответствие некоторых предсказаний различных моделей адрон-нуклонных взаимодействий (партоновой, кластерной, кварковой) с экспериментом.

Цель работы состояла в экспериментальном исследовании множественного рождения π^0 - мезонов в инклюзивных и



полуинклюзивных реакциях в $\pi^{-12}C$ столкновениях при импульсе 40 ГэВ/с, а именно:

1. Анализе структурных функций в инклюзивных

$$\pi^{-12}C \rightarrow \gamma(\pi^0) + \dots \quad (1)$$

и полуинклюзивных реакциях:

$$\pi^{-12}C \rightarrow \gamma(\pi^0) + n\alpha_k + \dots \quad (2)$$

2. Определении средних множественностей π^0 -мезонов в процессах (1) и (2), их зависимости от числа вторичных заряженных частиц ($n\alpha_k$) и от их кинематических переменных.

3. Анализе двухчастичных $\gamma\gamma$ -корреляций, а также азимутальных $\gamma\gamma$ -корреляций в $\pi^{-12}C$ -взаимодействиях. Их сравнение с данными в пион-нуклонных соударениях.

Новизна работы заключается в том, что впервые получены данные для инклюзивных и полуинклюзивных реакций с рождением π^0 -мезонов и гамма-квантов и данные по двухчастичным $\gamma\gamma$ -корреляциям в адрон-ядерных столкновениях при высоких энергиях.

Научная ценность работы. Получен и проанализирован большой экспериментальный материал по $\pi^{-12}C$ -взаимодействиям.

Данные по $\pi^{-12}C$ -взаимодействиям при $P = 40$ ГэВ/с занимают важное место среди результатов по адрон-ядерным соударениям при высоких энергиях. Экспериментальный материал по рождению π^0 -мезонов в адрон-ядерных столкновениях при более высоких энергиях ($P > 40$ ГэВ/с) практически отсутствует.

Результаты сравнения экспериментальных данных для инклюзивных реакций на ядрах углерода и на свободных протонах, полученных одинаковой методикой, важны для проверки различных моделей множественного рождения частиц как для адрон-нуклонных, так и для адрон-ядерных столкновений.

Практическая ценность работы. Разработанные методы анализа образования π^0 -мезонов могут быть применены при обработке данных аналогичных экспериментов по изучению адрон-ядерных столкновений. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании новых экспериментов, а также для расчётов интенсивности вторичных пучков гамма-квантов на ускорителях.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались на семинарах ЛВЭ, а также на международной конференции по физике высоких энергий в Тбилиси (1976) и на сессиях отделения ядерной физики АН СССР в 1974-1977 гг.

Публикации. Основные результаты исследований настоящей диссертации изложены в шести работах, опубликованных в журнале "Ядерная физика" и в виде препринтов ОИЯИ.

Объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения и приложения. Диссертация содержит 127 страниц, включая 16 таблиц и 31 рисунок. Список литературы насчитывает 137 наименований.

Автор защищает.

1. Участие в получении экспериментального материала, содержащего ~17600 $\pi^{-12}C$ -взаимодействий и ~19800 гамма-квантов при $P = 40$ ГэВ/с.

2. Результаты исследования множественности π^0 -мезонов в $\pi^{-12}C$ -взаимодействиях.

3. Результаты исследования одночастичных инклюзивных и полуинклюзивных распределений и корреляций гамма-квантов по продольным (x, y) и поперечным переменным. Сравнение этих данных с теоретическими расчётами.

4. Результаты исследования двухчастичных $\gamma\gamma$ -корреляций по продольной скорости и азимутальному углу.

Содержание диссертации

Во введении дан краткий обзор основных теоретических представлений и экспериментальных результатов, полученных по множественной генерации частиц в адрон-ядерных столкновениях при высоких энергиях. Приведены основные предположения ряда моделей, используемых для описания взаимодействий адронов с ядрами, указаны их характерные предсказания на поведение различных характеристик вторичных частиц.

В первой главе излагаются методические особенности процесса получения и обработки данных.

Экспериментальный материал получен с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры ДТК-500 ЛВЭ ОИЯИ, облучённой в пучке π^- - мезонов с импульсом $(40,00 \pm 0,24)$ ГэВ/с на серпуховском ускорителе. Приводятся основные характеристики камеры, магнитного поля, системы вывода пучка, а также системы фотографирования.

Просмотр стереофотографий производился на просмотровых столах БПС-1, БПС-2 и САМЕТ. Найденные при просмотре события разделялись по стандартным критериям, принятым для пропановых камер, на π^+p -, π^+n - и π^+c - взаимодействия. К неупругим взаимодействиям на ядре углерода относятся события группы π^+c , π^+n (без когерентных трёхлучевых взаимодействий) и часть событий π^+p , произошедших на квазисвободных протонах ядра углерода (44% от всех неупругих π^+p - соударений). При отборе взаимодействий регистрировались гамма-кванты и нейтральные странные частицы (Λ^0 , K^0), связанные с найденными взаимодействиями. Гамма-кванты регистрировались по (e^-e^+) - парам конверсии.

Было дважды просмотрено $\sim 90\ 000$ стереофотографий. Эффективность двойного просмотра для взаимодействий оказалась равной 99,6%, для гамма-квантов и ν^0 - частиц - 99%.

Обсчёт измеренных гамма-квантов проводился на ЭВМ CDC-1604A по программе "ГЕОФИГ", которая восстанавливает пространственные координаты и вычисляет параметры частиц. Средняя относительная ошибка в измерении импульсов e^\pm была $(12,6 \pm 0,3)\%$, соответствующая величина для гамма-квантов составила $(12,4 \pm 0,1)\%$. Каждому гамма-кванту приписывался вес $W_\gamma = \frac{1}{\epsilon_\gamma}$ (ϵ_γ - эффективность регистрации гамма-квантов в камере, $\langle \epsilon_\gamma \rangle \approx 0,20$).

После проверки качества измерений события записывались на ленту суммарных результатов (ЛСР), и дальнейший физический анализ данных проводился на ЭВМ с помощью системы программ, созданных в ЛВЭ ОИЯИ.

Окончательно на магнитную ленту суммарных результатов было записано ~ 17600 π^-12C - взаимодействий совместно с ~ 19800 гамма-квантами. Этот экспериментальный материал был использован для получения физических результатов, вошедших в данную работу.

Вторая глава диссертации посвящена изучению множественности π^0 - мезонов, образованных в π^-12C - взаимодействиях.

В нашем эксперименте большинство гамма-квантов образуются от распада π^0 - мезонов (примесь гамма-квантов от распада h^0 и $\Sigma^0 < 0,5\%$).

Средняя множественность π^0 - мезонов оказалась равной $\langle N_{\pi^0} \rangle = 2,91 \pm 0,04$. Отношение средних множественностей π^0 - мезонов, образованных в π^-12C - столкновениях и в пион-нуклонных взаимодействиях (π^-N), равно $R_{\pi^0} = 1,18 \pm 0,02$, что в пределах ошибок совпадает с данными для заряженных пионов.

В первых грубых моделях типа каскада потока энергии для

отношения средних множественностей частиц в адрон-ядерных и адрон-нуклонных взаимодействиях предсказывается отношение:

$$R_1 = \frac{2}{3} + \frac{1}{3} \langle \nu \rangle + b, \quad (3)$$

где $\langle \nu \rangle$ - среднее число внутриядерных соударений налетающей частицы с нуклонами ядра мишени, "b" - параметр порядка $(\ln s)^{-1}$, S - квадрат полной энергии в системе центра масс.

В двухфазовых моделях для величины R получено следующее соотношение:

$$R_2 = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \langle \nu \rangle. \quad (4)$$

Если использовать распределения Гаусса для плотности нуклонов в ядре, то в "оптическом" приближении для среднего числа внутриядерных соударений получаем $\langle \nu \rangle = 1,53$. Подставляя это значение в соотношения (3) и (4) и пренебрегая членом порядка $(\ln s)^{-1}$ в (3), получим $R_1 = 1,18$ и $R_2 = 1,27$, т.е. данные по средней множественности π^0 -мезонов показывают, что модель каскада потока энергии лучше согласуется с экспериментом.

Было проведено изучение зависимости средней множественности гамма-квантов от числа вторичных заряженных частиц (N_{ch}) в $\pi^{-12}C$ - и π^{-p} - столкновениях в центральной области быстрот и в областях фрагментации налетающей частицы и мишени. Согласно принятой терминологии, значения быстрот (быстрота определяется соотношением $y^* = \frac{1}{2} \ln \frac{E^* + p_{||}^*}{E^* - p_{||}^*}$) были разделены на три области:

- 1) область фрагментации мишени ($y^* < -1$),
- 2) центральная область ($-1 \leq y^* \leq 1$),
- 3) область фрагментации налетающей частицы ($y^* > 1$).

На рис. 1 приведены средние множественности гамма-квантов, полученные при разных значениях множественности вторичных

заряженных частиц (N_{ch}). Там же приведены отношения средних множественностей гамма-квантов. Видно, что и в центральной области, и в области фрагментации налетающей частицы для обеих реакций в пределах экспериментальных ошибок они равны, в то время как в области фрагментации мишени средняя множественность $\langle n_\gamma \rangle$ в $\pi^{-12}C$ -взаимодействиях больше, чем в π^{-p} -соударениях. Зависимость $\langle n_\gamma \rangle$ от N_{ch} для обоих типов взаимодействий подобна во всех областях быстрот; наиболее существенна эта зависимость в центральной области.

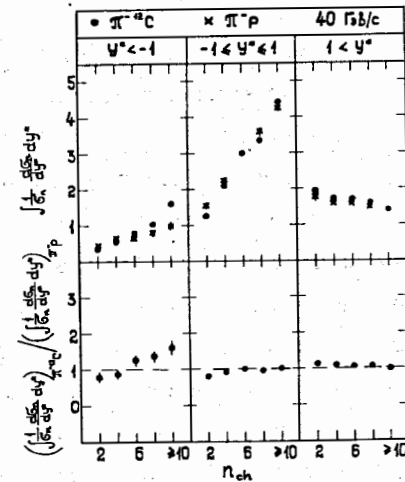


Рис. 1 Зависимость среднего числа гамма-квантов от множественности вторичных заряженных частиц для $\pi^{-12}C$ - π^{-p} - взаимодействий в центральной области и в областях фрагментации налетающей частицы и мишени.

Из данных по множественности гамма-квантов в полуинклюзивных процессах получены значения корреляционных параметров R_2^{00} для π^0 -мезонов ($R_2^{00} = \mathcal{D}_{\pi^0} - \langle n_{\pi^0} \rangle$), где $\mathcal{D}_{\pi^0} = \langle n_{\pi^0}^2 \rangle - \langle n_{\pi^0} \rangle^2$.

Для инклюзивного процесса (I) значение $R_2^{00} = 1,7 \pm 0,2$, что свидетельствует о коррелированном рождении π^0 - мезонов. Аналогичные заключения следуют из значения R_2^{00} и для полунклюзивных процессов (2).

В третьей главе диссертации представлены результаты исследования одночастичных инклюзивных (I) и полунклюзивных (2) реакций и дано их сравнение с данными для соответствующих реакций на нуклонах:



Одночастичные спектры гамма-квантов ($\frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dy}$) для реакций (I), (2), (5) и (6) оказались близкими в области фрагментации налетающей частицы при всех множественностях вторичных заряженных частиц n_{ch} . Тогда как в области фрагментации мишени спектры существенно отличаются, сечения рождения частиц на ядре систематически превышают сечения рождения на нуклонах. С ростом множественности вторичных заряженных частиц это отличие растёт.

Сравнение инклюзивных спектров гамма-квантов с предсказаниями партонной модели (рис.2) показало, что в области фрагментации налетающей частицы модель хорошо описывает экспериментальные данные. Пунктирная прямая на рис.2 соответствует предсказанию двухфазовой модели при асимптотических энергиях. Согласно этой модели, отношение $R(y)$ будет максимальным в области минимальных значений быстрот и равно $R(y) = \langle v \rangle$. В области максимальных значений быстрот величина $R(y)$ стремится к единице сверху. При конечных энергиях модель предсказывает ступенчатый спад отношения $R(y)$ вдоль прямой, нанесённой на рис.2. Из рисунка видно, что двухфазовая модель при $y \approx 1$ не противоречит эксперименту.

Важной характеристикой адрон-ядерных взаимодействий является степень зависимости инклюзивных спектров вторичных частиц от атомного номера ядра-мишени. А-зависимость была изучена с использованием параметризации вида:

$$R(y) = \frac{f_{hA}(y)}{f_{hN}(y)} \approx A^\alpha(y) \quad (7)$$

Величина параметра $\alpha(y)$ (см. рис.3) уменьшается с ростом y и в области $y \geq 3$ приближается к нулю снизу, что является подтверждением предсказаний партонной модели.

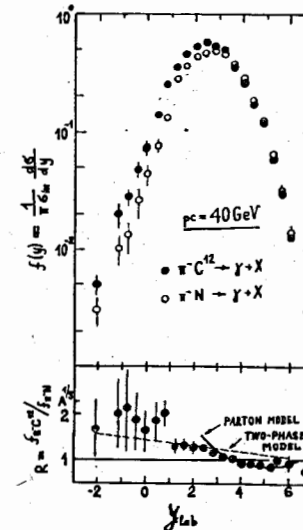


Рис.2 Распределение гамма-квантов по быстротам в л.с.к в $\pi^-^{12}C$ и $\pi^- N$ - взаимодействиях и отношение нормированных инклюзивных сечений. Сплошная кривая - предсказания партонной модели; пунктирная прямая - предсказания двухфазовой модели.

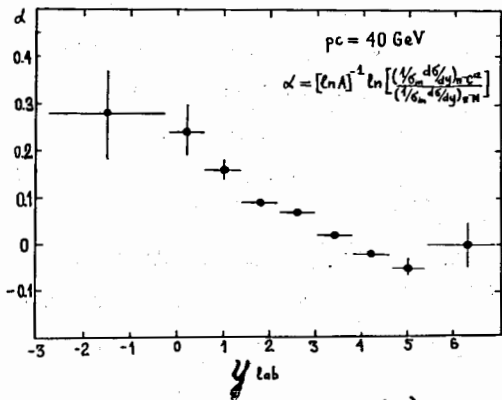


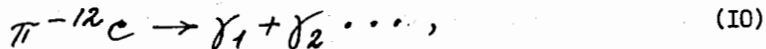
Рис. 3 Зависимость параметра $\alpha(y)$ от быстроты гамма-кванта в л.с.к.

В четвертой главе рассматриваются двухчастичные $\gamma\gamma$ - корреляции с использованием стандартной техники двухчастичных корреляционных функций:

$$C_2(y_1^*, y_2^*) = \frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d^2 \sigma}{dy_1^* dy_2^*} - \frac{1}{\sigma_{in}^2} \frac{d\sigma}{dy_1^*} \frac{d\sigma}{dy_2^*}, \quad (8)$$

$$R_2(y_1^*, y_2^*) = \frac{d^2 \sigma}{dy_1^* dy_2^*} / \frac{d\sigma}{dy_1^*} \frac{d\sigma}{dy_2^*} - 1. \quad (9)$$

Исследовались как инклюзивные процессы



так и полуинклюзивные реакции



При определении функций $C_2(y_1^*, y_2^*)$ и $R_2(y_1^*, y_2^*)$ исключались кинематические корреляции гамма-квантов, связанные с распадом $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$: в статистику не включался один из двух гамма-квантов, для которых выполнялось условие

$$|M_{\gamma\gamma} - M_{\pi^0}| \leq 24 M_{\gamma\gamma}.$$

На рис. 4 приведены значения функций $C_2(y_1^*, y_2^*)$ и $R_2(y_1^*, y_2^*)$ гамма-квантов в зависимости от y_1^* при фиксированных значениях y_2^* . В инклюзивных реакциях в центральной области ($|y_1^*|, |y_2^*| < 1$) имеются положительные $\gamma\gamma$ - корреляции. В остальных областях корреляции либо отрицательны, либо отсутствуют. С увеличением y_2^* максимум в распределениях $C_2(y_1^*, y_2^* = \text{const})$ и $R_2(y_1^*, y_2^* = \text{const})$ смещается по линии $y_1^* = y_2^*$. Значения функций C_2 и R_2 в $\pi^{-12}C$ - взаимодействиях меньше, чем соответствующие значения в π^{-N} - соударениях ($R_2^{\pi^{-12}C}(0,0) = 0,34 \pm 0,09$, $R_2^{\pi^{-N}}(0,0) = 0,68 \pm 0,18$).

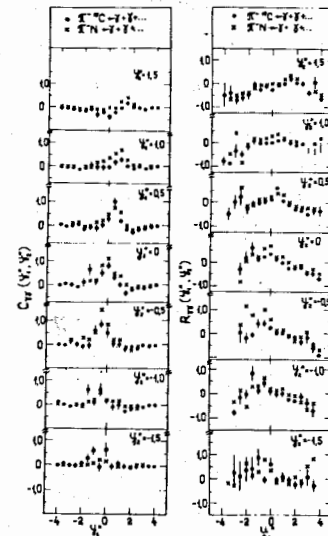


Рис. 4 Значения корреляционных функций $C_2(y_1^*, y_2^*)$ и $R_2(y_1^*, y_2^*)$ гамма-квантов в зависимости от y_1^* при фиксированных значениях y_2^* .

Одна из причин появления положительных $\gamma\gamma$ - корреляций в инклюзивных реакциях может быть обусловлена различием одночастичных спектров гамма-квантов в зависимости от их множественности и N_{ch} . Корреляционные функции C_2 инклюзивных процессов и полунклюзивных реакций связаны между собой следующим соотношением: $C_2 = \sum \alpha_{nch} C_{nch} + \sum \alpha_{nch} [f_{nch}(y_1^*) - f(y_1^*)] [f_{nch}(y_2^*) - f(y_2^*)]$, (I2)

где $\alpha_{nch} = \frac{\sigma_{nch}}{\sigma_{in}}$.

Из этого соотношения видно, что даже при $C_{nch} = 0$ можно получить $C_2 \neq 0$ из-за разницы между одночастичными инклюзивными и полунклюзивными распределениями гамма-квантов.

Исследование азимутальных корреляций в инклюзивных и полунклюзивных реакциях проводилось путём изучения распределений $\frac{1}{n\sigma} \frac{d\sigma}{d\phi}$ в зависимости от угла ϕ между поперечными импульсами двух гамма-квантов:

$$\cos\phi = \frac{P_{11} \cdot P_{12}}{|P_{11}| \cdot |P_{12}|} \quad (I3)$$

и коэффициента асимметрии В:

$$B = \frac{N_{\gamma}(\phi \geq \frac{\pi}{2}) - N_{\gamma}(\phi < \frac{\pi}{2})}{N_{\gamma}(\phi \geq \frac{\pi}{2}) + N_{\gamma}(\phi < \frac{\pi}{2})} \quad (I4)$$

где $N_{\gamma}(\phi \geq \frac{\pi}{2})$ - число пар гамма-квантов, имеющих угол $\phi \geq \frac{\pi}{2}$.

Соответствующие распределения $\frac{1}{n\sigma} \frac{d\sigma}{d\phi}$ для инклюзивных и полунклюзивных реакций приведены на рис.5. Видно, что на фоне приблизительно равномерного распределения по ϕ наблюдается увеличение числа пар гамма-квантов при $\phi \rightarrow 0$. Анализ азимутальных корреляций гамма-квантов показал, что эффект увеличения числа пар гамма-квантов при $\phi \rightarrow 0$ зависит от разности быстрот

$|dy^*|$. Наиболее сильно он выражен при $0 \leq |dy^*| \leq 0,4$, слабее при $0,4 < |dy^*| \leq 0,8$ и исчезает при больших значениях $|dy^*|$. Эффект наблюдается также при $|y_1^*| \leq 1, |y_2^*| \leq 1$, т.е. в случае, когда оба гамма-кванта находятся в центральной области быстрот. Этот эффект, вероятно, связан с интерференцией тождественных частиц.

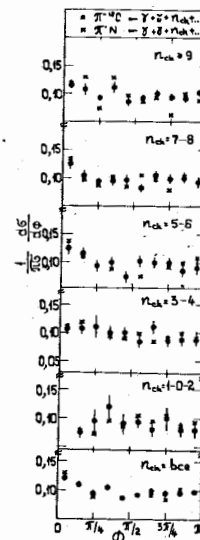


Рис.5 Распределения по азимутальному углу ϕ гамма-квантов в $\pi^{-12}C$ - и π^{-N} - взаимодействиях.

В таблице I приведены значения коэффициента асимметрии В для $\pi^{-12}C$ - и π^{-N} - взаимодействий при различных значениях разности быстрот двух гамма-квантов. Азимутальные корреляции на ядрах и в π^{-N} - взаимодействиях в пределах ошибок одинаковы.

Таблица I. Значения коэффициента асимметрии B для $\pi^{-12}C$ - и π^{-N} - взаимодействий при $p = 40$ ГэВ/с

Тип взаимодействия	$0 \leq dy^* \leq 0,4$	$0,4 < dy^* \leq 0,8$	$0,8 < dy^* \leq 1,2$	$ y^* \leq 1$ и $ y^* \leq 1$
$\pi^{-12}C$	$-0,14 \pm 0,03$	$-0,08 \pm 0,03$	$0,04 \pm 0,03$	$-0,08 \pm 0,02$
π^{-N}	$-0,15 \pm 0,04$	$-0,11 \pm 0,04$	$0,05 \pm 0,04$	$-0,07 \pm 0,03$

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы:

1. При непосредственном участии автора получен экспериментальный материал по $\pi^{-12}C$ - (~ 17600) взаимодействиям и гамма-квантам (~ 19800). На основе данного экспериментального материала, впервые полученного при высоких энергиях ($p = 40$ ГэВ/с), изучены распределения π^0 - мезонов по множественности, инклюзивные и полуйнклюзивные спектры гамма-квантов, двухчастичные $\gamma\gamma$ - корреляции.

2. Распределения π^0 - мезонов по множественности для всех $\pi^{-12}C$ взаимодействий не подчиняются закону Пуассона. Величина корреляционного коэффициента R_2^{00} равна $R_2^{00} = 1,7 \pm 0,2$. Отношение средних множественностей π^0 - мезонов, образованных в $\pi^{-12}C$ - и π^{-N} - взаимодействиях, равно $R_{\pi^0} = 1,18 \pm 0,02$.

3. Обнаружено, что средние множественности гамма-квантов, образованных в $\pi^{-12}C$ и π^{-N} - взаимодействиях, близки в пределах экспериментальных ошибок в области фрагментации налетающей частицы и в центральной области, практически при всех значениях множественности вторичных заряженных частиц n_{ch} . В то время как в области фрагментации мишени они отличаются при всех значениях n_{ch} . $\langle n_{\gamma} \rangle_{\pi^{-12}C} > \langle n_{\gamma} \rangle_{\pi^{-N}}$.

4. Показано, что рождение частиц в центральной области в пределах экспериментальных ошибок не зависит от типа мишени ($N, {}^{12}C$), но существенно отличается в области фрагментации ядра.

5. Характеристики распределения гамма-квантов по продольной скорости не зависят от поперечного импульса. Средний поперечный импульс гамма-квантов не зависит от множественности вторичных заряженных частиц n_{ch} и равен $\langle p_{\perp} \rangle = (166 \pm 2)$ МэВ/с.

6. Установлено присутствие близких положительных корреляций при анализе двухчастичных $\gamma\gamma$ - корреляций. Значения корреляционных функций $C_2(y_1^*, y_2^*)$ и $R_2(y_1^*, y_2^*)$ для $\pi^{-12}C$ - взаимодействий меньше, чем для π^{-N} - соударений ($R_2^{\pi^{-12}C}(0,0) = 0,34 \pm 0,09$, $R_2^{\pi^{-N}}(0,0) = 0,68 \pm 0,18$).

7. Анализ азимутальных $\gamma\gamma$ - корреляций показал увеличение числа пар гамма-квантов при $\phi \rightarrow 0$. Эффект зависит от разности скоростей $|dy^*|$ и увеличивается при $|dy^*| \rightarrow 0$ и, возможно, связан с интерференцией тождественных частиц. Поведение и зависимость распределения $\frac{1}{n_{\gamma}} \frac{d^2\sigma}{d\phi}$ для $\pi^{-12}C$ и π^{-N} - взаимодействий в пределах ошибок эксперимента одинаково.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, К.П.Вишневская, ..., Т.Я.Иногамова и др. ЯФ, 20, 384 (1974); ОИЯИ, Р1-7668, Дубна (1974);
2. В.Г.Гришин, С.М.Елисеев, Т.Я.Иногамова. ЯФ, 23, 191 (1976); ОИЯИ, Р2-8557, Дубна (1975).
3. Н.Ангелов, К.П.Вишневская, В.Г.Гришин, ..., Т.Я.Иногамова и др. ЯФ, 25, 1201 (1977); ОИЯИ, Р1-9882, Дубна (1976).

4. Н. Ангелов, Т. Я. Иногамова, Б. С. Юдашев. ОИЯИ, РІ-ІОІ63, Дубна (1976).
5. Н. Ангелов, С. Бацкович, В. Г. Гришин, ..., Т. Я. Иногамова и др. ЯФ, 26, 554 (1977); ОИЯИ, І-ІО23І, Дубна (1976)
6. Н. Ангелов, С. Бацкович, В. Г. Гришин, ..., Т. Я. Иногамова и др. ОИЯИ, РІ-ІО768, Дубна (1977).

Рукопись поступила в издательский отдел
4 июля 1979 года.