

M-903



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 539.126+539.171
1-89-510

МУМИНОВ
Максуд Мусаевич

**МНОЖЕСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ПИОНОВ И НУКЛОНОВ
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ АДРОНОВ И ЛЕГКИХ ЯДЕР
С НУКЛОНАМИ И ЯДРАМИ
В ИНТЕРВАЛЕ ИМПУЛЬСОВ (1-300) ГэВ/с**

Специальность: 01.04.01 - экспериментальная физика

**Автореферат диссертации на соискание ученой
степени доктора физико-математических наук**

Дубна 1989

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований и в Самаркандском государственном университете им. А.Навои.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ

доктор физико-математических наук, профессор

доктор физико-математических наук, профессор

доктор физико-математических наук, профессор

ПОДГОРЕЦКИЙ Михаил
Иоасакович

МУРВИН Владимир
Сергеевич

НИКИТИН Владимир
Алекеевич

Ведущее научно-исследовательское учреждение - Научно-исследовательский институт физики высоких энергий Тбилисского государственного университета.

Защита диссертации состоялась _____ 1989 года в _____ часов на заседании специализированного совета Д-047.01.02 при Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований, Дубна Московской области, Лаборатория высоких энергий, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан _____ 1989 года.

Ученый секретарь специализированного совета

М.Ф. Лихачев

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Развитие физики высоких энергий неразрывно связано с исследованием процессов множественной генерации частиц в соударениях адронов и ядер с ядрами в широком диапазоне варьирования энергии взаимодействия и масс мишени, и снаряда. В связи с этим исследованием отметим следующие актуальные задачи.

1. Имеющаяся к настоящему времени совокупность опытных данных указывает на то, что, по-видимому, неупругое взаимодействие частицы с ядром при высоких энергиях является сложным процессом, включающим различные механизмы (внутриядерный каскад, проявление коллективных эффектов, многокварковые взаимодействия и т.д.). Экспериментальные данные для изучения изменений относительных вкладов этих механизмов как с ростом первичной энергии, так и с ростом массовых чисел снаряда и мишени, которые необходимы для построения теории сильных взаимодействий, еще явно недостаточны.

2. Подавляющая часть экспериментальной информации по взаимодействию частиц с ядрами основана на данных для вторичных заряженных частиц, тогда как результаты для вторичных нейтральных частиц (n , p^0 и т.д.), составляющих около 30% от всех рожденных адронов, очень скудны. Очевидно, для более полного изучения динамики неупругих взаимодействий необходимы экспериментальные данные и для вторичных нейтральных адронов, в частности для p^0 - мезонов и нейтронов.

3. Большая часть теоретических моделей множественной генерации частиц в адрон-ядерных взаимодействиях относится к области энергий выше 20 ГэВ. Представляет интерес вопрос о том, до каких первичных энергий ("снизу") справедливы основные закономерности, обнаруженные при изучении высокоэнергичных адрон-ядерных взаимодействий.

4. Трудности с обнаружением нетривиальных коллективных эффектов в ядро-ядерных взаимодействиях привели к необходимости "нормировки" спектров вторичных частиц и различных их характеристик в соударениях релятивистских ядер к соответствующим спектрам и характеристикам нуклон-ядерных взаимодействий при одинаковых энергиях на нуклон ядра-снаряда.

Перечисленные выше задачи стимулировали проведение нами исследований, на которых основывается настоящая диссертационная работа.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- получение новой экспериментальной информации по множественной генерации p^0 - мезонов, нейтронов и заряженных частиц (p^\pm, p) во взаимодействиях p^- - мезонов, нуклонов и легких ядер ($d, {}^{12}C$) с нуклонами

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

и ядрами (^{12}C , ^{20}Ne , ^{181}Ta , E_m) при различных энергиях в импульсном интервале (1 - 300) ГэВ/с;

- проведение сравнительного анализа полученных инклюзивных характеристик взаимодействий в соударениях "ядро-ядро" и "протон-ядро" при одинаковых энергиях на нуклон снаряда;

- проверка ряда теоретических моделей взаимодействий адронов и ядер с ядрами.

АВТОР ЗАЩИЩАЕТ

1. Разработку методики идентификации заряженных частиц в пропановой пузырьковой камере по ионизации и по δ^- -электронам.

2. Разработку методики регистрации быстрых ($P_n \geq 1$ ГэВ/с) вторичных нейтронов в пузырьковых камерах с тяжелым наполнением и определение энергии этих нейтронов.

3. Результаты измерений характеристик $\pi^-I^2C^-$ и π^-p^- взаимодействий с образованием π^0 -мезонов (γ - квантов) при импульсе 4 ГэВ/с (множественности π^0 -мезонов и заряженных частиц, их корреляции, спектры γ - квантов, инклюзивные характеристики кумулятивных γ - квантов) и результаты их сравнений с аналогичными данными при 40 ГэВ/с.

4. Получение новых экспериментальных результатов по множественностям и инклюзивным спектрам вторичных нейтронов с $P_n \geq 1$ ГэВ/с в неупругих π^-p^- , π^-n^- , $\pi^-I^2C^-$, pp^- , pn^- , $p^{12}\text{C}^-$, $p^{20}\text{Ne}^-$, d^-p^- , $d^{12}\text{C}^-$, $I^2\text{C}^-p^-$ и $I^2\text{C}^-I^2\text{C}^-$ соударениях при различных импульсах в интервале 4 - 300 ГэВ/с.

5. Экспериментальные данные о характеристиках процессов множественной генерации частиц и фрагментации ядер в pE_m -взаимодействиях при 3,1 и 4,5 ГэВ/с и их A-зависимости, данные сравнительного анализа pE_m и ядро - E_m - взаимодействий при одинаковых энергиях на нуклон ядра-снаряда.

6. Результаты измерений средних множественностей вторичных заряженных частиц, образованных в столкновениях нейтронов с ядрами (^{12}C , ^{20}Ne и ^{181}Ta) при различных импульсах в интервале (1-200) ГэВ/с, а также результаты исследования инклюзивных спектров вторичных π^- -мезонов и протонов в $n^{12}\text{C}^-$ и $n^{181}\text{Ta}^-$ -взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с.

7. Данные измерений множественностей вторичных частиц во взаимодействиях дейтрона с ядрами водорода, углерода и тантала при импульсах 1,0 и 1,7 ГэВ/с на нуклон.

8. Результаты сравнения полученных экспериментальных данных

с расчётами по модели внутриядерного каскада (hA - и AA - взаимодействия), фрагментационной кварковой Лунд-модели (hN - соударения) и кварк-партоновой модели Николаева-Левченко (hA - столкновения).

НОВИЗНА РАБОТЫ И НАУЧНАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Впервые при регистрации в условиях 4 π - геометрии получены данные по множественности, угловым и импульсным спектрам вторичных быстрых ($P_n \geq 1$ ГэВ/с) нейтронов, образованных в соударениях π^- - мезонов, нуклонов и ядер (^2H , ^{12}C) с нуклонами и ядрами (^{12}C , ^{20}Ne , ^{181}Ta) при различных энергиях в импульсном интервале (4 + 300) ГэВ/с, исследованы корреляции между множественностями нейтронов и заряженных частиц и выявлены ядерные эффекты в процессах рождения быстрых нейтронов.

Показано, что вероятность неупругой перезарядки $p \rightarrow n$ (и, наоборот, $n \rightarrow p$) в области фрагментации мишени практически не зависит от типа налетающего адрона в интервале первичных энергий (4-300) ГэВ.

Получены данные по множественности, угловым и импульсным спектрам γ - квантов (π^0 -мезонов), образованных в $\pi^-I^2C^-$ взаимодействиях при 4 ГэВ/с; исследованы корреляции π^0 -мезонов и вторичных заряженных частиц; показано, что скейлинг в адрон-ядерных взаимодействиях нарушается для вновь рожденных частиц; показано, что для $\pi^-I^2C^-$ соударений наблюдаются эффекты, свойственные процессам внутриядерного перерасеяния рожденных пионов; впервые получены данные по множественности фрагментов ядра в $\pi^-I^2C^-$ взаимодействиях с доминирующим вкладом одиночной и двойной перезарядки первичного π^- -мезона; измерены инклюзивные характеристики кумулятивных γ - квантов в $\pi^-I^2C^-$ взаимодействиях; показано, что выход на асимптотический режим в процессах фрагментации $I^2C^- \rightarrow \pi^0$ имеет место при первичных энергиях $E_0 \geq 4$ ГэВ.

Получены и проанализированы первые данные по характеристикам вторичных заряженных частиц в pE_m -взаимодействиях при 3,1 и 4,5 ГэВ/с, проведено сравнение характеристик pE_m - соударений в области $P_0 = 3 - 400$ ГэВ/с, а также протон-ядерных и ядро-ядерных соударений при одинаковых энергиях на нуклон-снаряд.

Получены впервые прямые экспериментальные данные по образованию нейтронов-спектаторов снаряда, а также π^- - мезонов в $d(C_3H_8)^-$, dTa^- -соударениях при 1,0; 1,7; 4,2 ГэВ/с на нуклон и в $C(C_3H_8)^-$ - столкновениях при 4,2 ГэВ/с на нуклон.

Получены средние характеристики, импульсные и угловые спектры вторичных протонов и π^- - мезонов в nC^- и nTa^- -взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с.

Измерены впервые множественности вторичных заряженных частиц

во взаимодействиях нейтронов с изосинглетными ядрами (^{12}C и ^{20}Ne) в интервале импульсов $P = (I - 200)$ ГэВ/с.

Установлено, что для hN - и hA - взаимодействий все экспериментальные данные по вторичным частицам при первичной энергии $E_0 \geq 40$ ГэВ удовлетворительно воспроизводятся моделями, учитывающими кварковую структуру адронов. Определено, что эти модели дают совпадающие с экспериментом значения средних характеристик вторичных частиц даже при такой низкой энергии, как $E_0 \approx 4$ ГэВ.

Проведенные сравнения показывают, что расчёты по различным вариантам модели внутриядерного каскада для hA - и AA - взаимодействий при начальной энергии $E_0 \leq 10$ ГэВ в целом удовлетворительно описывают наблюдаемые закономерности, хотя во многих случаях наблюдается небольшое количественное расхождение с опытом.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РАБОТЫ

Результаты работы дают новый материал для апробации и развития феноменологических моделей множественных процессов и для дальнейшего развития теории сильных взаимодействий.

Полученные экспериментальные данные, способы сравнительного анализа и методические разработки могут быть (или) использованы при проведении новых экспериментальных исследований адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействий при высоких энергиях с рождением π^0 - мезонов и нейтронов.

Полученные данные по рождению π^- - мезонов в дейтрон-углеродных столкновениях при импульсах 1,0; 1,7 и 4,2 ГэВ/с на нуклон необходимы для решения вопросов, связанных с практическим использованием μ - катализа реакции $(d-t)$ -синтеза.

АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ И ПУБЛИКАЦИИ

Основные результаты диссертации представлялись на научных сессиях ОЯФ АН СССР (1979-1987 г.г.); на II и III Всесоюзных семинарах по взаимодействиям частиц и ядер с ядрами (Ташкент, 1981, 1985 г.г.); на II Всесоюзном совещании по предельной фрагментации и ядерному скейлингу (Москва, 1982 г.); на международных конференциях по физике высоких энергий и структуре ядра в Лейпциге (1984 г.), Гейдельберге (1984 г.); на Международном симпозиуме "Мюонный катализ-87" (Ленинград, 1987 г.); а также докладывались на совещаниях международного сотрудничества по исследованиям на двухметровой пропановой камере (1979-1988 г.г.), на семинарах ЛВЭ ОИЯИ, ФТИ и ИЯФ АН УзССР, физфака СамГУ.

Результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в журналах

"Ядерная физика", "Доклады АН УзССР", "Известия АН УзССР", "Czech.J.Phys.", "Muon Cat.Fusion", "Z.Physik A", а также в препринтах и сообщениях ОИЯИ, препринтах ФТИ и ИЯФ АН УзССР и трудах СамГУ.

Список публикаций приводится в конце автореферата.

ОБЪЁМ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения.

Текст содержит 280 страниц, включая 48 таблиц и 91 рисунок.

Список литературы содержит 208 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении диссертации даётся обоснование актуальности изучаемой проблемы, сформулирована основная цель работы. Кратко охарактеризовано экспериментальное и теоретическое состояние изучаемых вопросов, приводится краткое содержание разделов диссертации.

В первой главе диссертации излагаются основные характеристики использованных экспериментальных установок, а также система обработки полученных данных.

Для исследований, проведенных в диссертации, использовался экспериментальный материал, полученный с помощью пузырьковых камер с тяжелым наполнением, а также ядерных фотоэмульсий, которые облучались в пучках адронов и ядер на ускорителях Дубны, Серпухова и Батавии. Ниже перечислены эти эксперименты:

1) 55-см пропановая (C_3H_8) пузырьковая камера ПК-4 ЛВЭ ОИЯИ, облученная в пучках π^- -мезонов с импульсами 4 и 7,5 ГэВ/с на дубненском синхрофазотроне;

2) 200-см пропановая пузырьковая камера ДТПК-500 ЛВЭ ОИЯИ, облученная в пучках протонов с импульсами 4,2 и 10 ГэВ/с, дейтронов с импульсами 1,0; 1,7; и 4,2 ГэВ/с на нуклон, ядер углерода с импульсом 4,2 ГэВ/с на нуклон. В этих сериях экспериментов внутри первой половины рабочего объёма ДТПК-500 были размещены три танталовые ($A=181$) пластинки толщиной 1 мм на расстоянии 9,3 см друг от друга;

3) ДТПК-500, облученная в пучке π^- - мезонов с импульсом 40 ГэВ/с на серпуховском синхротроне ИФВЭ;

4) 76-см пузырьковая камера, наполненная смесью неона и водорода с 30%-ным содержанием неона (по молярному весу), облученная в пучке протонов с импульсом 300 ГэВ/с на синхротроне ФНАЛ в Батавии;

5) Слои фотоэмульсий типов НИКФИ-Р ($10 \times 10 \times 10$) см³ и БР-2 ($10 \times 20 \times 0,06$) см³, облученных в пучках протонов с импульсами 3,1 и 4,5 ГэВ/с на дубненском синхрофазотроне.

Пузырьковые камеры во всех экспериментах располагались в магнитном поле.

Просмотр стереофотографий пузырьковых камер производился на репроекторах и проекционных столах БПС-75 лаборатории множественных процессов (ЛМП) кафедры ядерной физики СамГУ. Кроме того, часть плёнок с пузырьковых камер была просмотрена с участием автора на просмотрных столах БПС-1 и БПС-2 ЛВТА ОИЯИ и ФТИ АН УзССР.

Во всех экспериментах просмотр стереоснимков велся по следу пучковой частицы практически по единому принципу: регистрировались первичные звезды в выбранном эффективном объёме пузырьковой камеры, определялось число всех заряженных частиц в звезде (n_{\pm}); вторичные частицы разделялись по знаку заряда (n_{+} и n_{-}) и, по возможности, идентифицировались и регистрировались нейтральные частицы (γ , n , ν^0), ассоциированные с первичной звездой. Тип взаимодействий (p , \bar{p} , p^+ , p^- , p , pN , d , dC , C , CC , n , nn , nC и nNe) определялся в соответствии со стандартными критериями отбора в пузырьковых камерах, наполненных тяжелыми жидкостями, разработанными в ЛВЭ ОИЯИ. Гамма-кванты регистрировались по (e^+e^-) - парам конверсии. Нейтроны - по вторичным звездам с $n_{\pm} \geq 3$, вызванным нейтральными частицами (n - звезды).

Эффективность данного просмотра для нахождения первичных звезд во всех экспериментах составила $\sim 99\%$. Эффективность нахождения γ -квантов $\sim 94\%$, а для n -звезд $\sim 96\%$.

Координаты следов, отобранных при просмотре, измерялись на полуавтоматах типа ПУОС. Средние ошибки измерений импульсов вторичных частиц оказались: для γ -квантов $\sim 13,2\%$, для p^+ -мезонов $\sim 10,8\%$, для протонов $\sim 5,9\%$, для нейтронов $\sim 20\%$. Число неизмеримых треков в звездах составила $\sim 3\%$ от общего числа, доля неизмеримых γ -квантов и n -звезд $\sim 7\%$.

Для изучения неупругих взаимодействий протонов с ядрами $E_{\text{пр}}$ выполнен просмотр стопок фотоэмульсий в ИЯФ АН УзССР и ЛМП СамГУ. Методом "вдоль трека" (микроскопы МБМ-9) регистрировались все случаи взаимодействия первичных протонов. Средняя точность импульсных измерений составила $\sim 17\%$. В измеренных событиях после исключения случаев электромагнитной природы и упругих столкновений производилось разделение вторичных заряженных частиц на релятивистские (S), "серые" (g) и "черные" (θ). Это производилось путем измерений ионизаций и пробегов; также измерялись пространственные (θ) и азимутальные (ψ) углы вылета всех заряженных частиц и определялись импульсы всех

S - частиц в конусе $\theta < 5^\circ$ методом многократного кулоновского рассеяния с использованием продолжений из слоя в слой.

Обсчеты результатов измерений проводились на ЭВМ CDC-6500 и М-222. Для обработки измеренных событий (восстановление геометрической "картины" события, кинематическая идентификация, расчёт физических величин, построение гистограмм) были использованы, в основном, программы для ЭВМ, составленные в ЛВТА ОИЯИ, а также в ФТИ АН УзССР.

Во второй главе излагается та часть методики идентификации частиц, рожденных во взаимодействиях в пузырьковых камерах, которая была разработана с участием автора.

Для идентификации заряженных частиц с $PC = (0,4 + 1,0)$ ГэВ в пропановой пузырьковой камере была разработана методика ионизационных измерений на следах этих частиц при помощи микроскопа МБМ-9. Был использован метод подсчёта плотности просветов между пузырьками на следе заряженных частиц. Из взаимодействий первичных p^- -мезонов с ядрами водорода и углерода на пленках ПК-4 была измерена ионизация 310 следов положительных частиц с импульсами от 400 до 1000 МэВ/с и определена ионизация этих следов относительно ионизаций первичных p^- -мезонов на данном снимке. Результаты ионизационных измерений показывают, что можно отделить p^+ -мезоны от протонов (при длине следа $L \geq 8$ см) в пропановой камере в интервале импульсов $(0,4 + 0,9)$ ГэВ/с в пределах 3-кратной и в интервале $(0,9 + 1,0)$ ГэВ/с в пределах 2-кратной среднеквадратичных ошибок.

Для интервала импульсов $P > 1$ ГэВ/с был разработан статистический метод разделения протонов и p^+ -мезонов, основанный на подсчете плотности δ -электронов с энергией $E \geq 1$ МэВ на суммарной длине идентифицируемых следов. Доля протонов, усредненная по всей импульсной области $(1 - 3)$ ГэВ/с, определенная на 247 следах вторичных положительных частиц в камере ПК-4, составила 15% от общего числа.

При регистрации ядерных реакций с рождением γ -квантов в пузырьковой камере из-за конечных размеров детектора часть γ -квантов не конвертирует в её пределах. Поэтому для каждого γ -кванта зарегистрированного события был рассчитан статистический вес, учитывающий зависимость эффективности регистрации γ -квантов от его энергии и геометрических условий. Для расчёта средних статистических весов составлена программа для ЭВМ, позволяющая методом моделирования разыгрывать при помощи случайных чисел положение звезд и γ -квантов в камере. Введение среднего веса позволяет улучшить разрешение в выделении p^0 -мезонов по эффективной массе комбинации двух γ -квантов, которые брались из сопровождающихся γ -квантами событий ($M_{\gamma\gamma} = (138 \pm 2)$ МэВ с $\Delta M_{\gamma\gamma} = (7 \pm 1)\%$ при фоне $\leq 17\%$).

Для отбора вторичных нейтронов регистрировались все нейтральные звезды (n - звезды) в эффективном объеме пузырьковой камеры, ас-социированные с взаимодействием первичной частицы. Отбирались только те стереокадры, на которых имелось лишь одно взаимодействие первичной частицы. Также соблюдались общепринятые критерии отбора событий. Экспериментальные ошибки в определении углов вылета нейтронов из первичной звезды не превышали $0,5^\circ$.

Для анализа нами отбирались только n - звезды с числом заряженных частиц $n_{\pm} \geq 3$. Хотя пороговое значение импульса нейтрона для образования n - звезды с $n_{\pm} \geq 3$ при взаимодействии с ядрами углерода и водорода $P_{пор.} \approx 0,8$ ГэВ/с, полученные в эксперименте импульсные распределения нейтронов и проведенные оценки, основанные на энергетическом поведении сечений n -р- и $n^{12}C$ - взаимодействий, показали, что около 96% n - звезд с $n_{\pm} \geq 3$ образуются при импульсах нейтронов $P_n \geq 1$ ГэВ/с.

Импульс нейтрона, образовавшего n - звезду, полагали равным

$$P_n = K(P_n) \sum P_{\pm}^i, \quad (I)$$

где P_{\pm}^i - импульс i -той заряженной частицы в n -звезде (суммирование производится по всем заряженным частицам в n - звезде), $K(P_n)$ - коэффициент, учитывающий долю энергии, уносимую в среднем нейтральными частицами. Значения $K(P_n)$ были экспериментально определены по измерениям $d + C_3H_8 \rightarrow P_{ст} + X$ событий при $P = 1,0; 1,7$ и $4,2$ ГэВ/с.н. Здесь $P_{ст}$ - стриппинговый (спектатор ядра-снаряда) протон. Получено значение $K(P_n) \approx 1,5$ для нейтронов с импульсами $P_n \geq 2$ ГэВ/с и $K(P_n) \approx 1,35$ для $P_n \leq 2$ ГэВ/с.

Для каждой n - звезды определялся геометрический вес регистрации нейтронов (W_n). Для вычисления значений W_n нужно знать сечение взаимодействия нейтрона (σ^*) с молекулой пропана (NeH_2 -смеси) для образования n -звезды с $n_{\pm} \geq 3$ при данном импульсе. Значение σ^* вычислялось с учетом взаимодействий нейтронов с ядрами водорода и углерода (неона). Т.к. экспериментальные данные для $\sigma^*(nC)$ в литературе отсутствовали, нами проведена работа по определению значений $\sigma^*(nC)$. Для этого на снимках с ДТЭК-500, облученной дейтронами при импульсах $1,0; 1,7$ и $4,2$ ГэВ/с на нуклон, отбирались случаи взаимодействия дейтрона с ядрами молекулы пропана с образованием стриппингового протона.

В табл. I представлена статистика всех найденных неупругих $n(C_3H_8)$ - взаимодействий ($N_{n(C_3H_8)}^{in}$) и $n(C_3H_8)$ - взаимодействий, образовавших звезды с $n_{\pm} \geq 3$ ($N_{n(C_3H_8)}^*$). Там же приведены

значения полученных сечений nC - и $n(C_3H_8)$ - взаимодействий с $n_{\pm} \geq 3$.

Таблица I

Сечения $n^{12}C$ - и $n(C_3H_8)$ - взаимодействий с $n_{\pm} \geq 3$

P_n (ГэВ/с)	$N_{n(C_3H_8)}^{in}$	$N_{n(C_3H_8)}^*$	$\sigma_{n(C_3H_8)}^*$, мб	σ_{nC}^* , мб
1,0	1962	92	36 ± 6	$10 \pm 2,2$
1,7	1272	333	223 ± 12	65 ± 4
4,2	1626	942	553 ± 15	146 ± 6

Определенные таким образом сечения взаимодействий быстрых нейтронов ($P_n \geq 1$ ГэВ/с) с ядрами углерода в зависимости от P_n использовались для определения W_n .

В число n - звезд, вызванных взаимодействием вторичных нейтронов, вносят вклад фоновые процессы, в частности n - звезды, вызванные V^0 - частицами и нейтральными адронами, не связанными с первичными звездами. В диссертации показано, что суммарный фон оказался равным от 3 до 6% для исследуемых процессов, кроме $p(NeH_2)$ - взаимодействий при 300 ГэВ/с. В последнем случае фон $\approx 29\%$.

В конце второй главы дается статистическая сводка обработанного экспериментального материала (см. табл. 2). Все данные для множественности и инклюзивных спектров вторичных частиц получены с учетом поправок на эффективность двойного просмотра, эффективности регистрации нейтронов и γ - квантов, неизмеримые события и фоновые процессы.

В третьей главе обсуждаются результаты измерений множественностей $\pi^{\pm 0}$ - мезонов и протонов, образованных в $p^{12}C$ - и p^N - столкновениях при 4 ГэВ/с; исследованы корреляции между ними; анализируются инклюзивные спектры γ - квантов; проведен сравнительный анализ результатов для ядерной и нуклонной мишеней, а также изучаются характеристики кумулятивных γ - квантов, образованных в $p^{12}C$ - взаимодействиях. Экспериментальные результаты сравнены с аналогичными результатами при 40 ГэВ/с и с расчетами по модели внутриядерного каскада (МВК) для $p^{12}C$ - соударений в варианте ^{1/1} и лундговской фрагментационной модели (МЛ) ^{1/2} для p^-p -, p^-n - взаимодействий.

Средние множественности π^0 -мезонов в неупругих p^-p - и p^-n - соударениях оказались равными $\langle n_{\pi^0} \rangle_{p^-p} = 1,02 \pm 0,04$ и $\langle n_{\pi^0} \rangle_{p^-n} = 0,83 \pm 0,09$. Расчеты, проведенные по МЛ, дали следующие значения:

$\langle n_{\pi^0} \rangle_{p^-p}^{лунд} = 0,98$ и $\langle n_{\pi^0} \rangle_{p^-n}^{лунд} = 0,60$. Видно, что для p^-p - взаимодействий МЛ согласуется с экспериментом, но для p^-n -соударений

Таблица 2
Сведения об экспериментальном материале, обработанном в настоящей работе

Первичный пучок, импульс (ГэВ/с)	Мишень	Число первичных неупругих взаимодействий	Число нейтральных звезд с $n_{\pm} \geq 3$
π^- , 4,0	C_3H_8	30498	199
π^- , 7,5	C_3H_8	9947	77
π^- , 40,0	C_3H_8	11651	587
p , 4,2	C_3H_8	4324	346
p , 10,0	C_3H_8	4261	221
p , 300,0	N_2	8578	357
d , 1,0	C_3H_8	5958	57
d , 1,7	C_3H_8	4612	104
d , 4,2	C_3H_8	4396	438
I^2C , 4,2	C_3H_8	1873	428
p , 3,1	Em	1200	-
p , 4,5	Em	3102	-
<hr/>			
число γ -квантов			
π^- , 4,0	C_3H_8	21573	3280
<hr/>			
Число событий с протон-стриппингом			
d , 1,0	C_3H_8	3269	1553
d , 1,0	Ta	345	102
d , 1,7	C_3H_8	2417	1228
d , 1,7	Ta	628	188
d , 4,2	C_3H_8	5771	2257
d , 4,2	Ta	1014	226

значение $\langle n_{\pi^0} \rangle_{\pi^- n}$ занижается на 38%. Это занижение, возможно, в какой-то степени связано с тем, что в эксперименте все $\pi^- n$ - взаимодействия относятся к соударениям с квазисвободными нейтронами.

В $\pi^- I^2C$ - взаимодействиях $\langle n_{\pi^0} \rangle_{\pi^- C} = 1,02 \pm 0,04$, что примерно на 44% ниже значения $\langle n_{\pi^0} \rangle_{\pi^- C}$, рассчитанного по МВК. Дисперсии соответствующих распределений, $\sigma = [\langle n^2 \rangle - \langle n \rangle^2]^{1/2}$, воспроизводят расчёты по МВК в пределах 10%.

Отношение средних множественностей π^0 -мезонов в $\pi^- I^2C$ - и $\pi^- N$ -соударениях оказалось равным $R(\pi^0) = 1,10 \pm 0,08$, что в пределах погрешностей совпадает с $R(\pi^0)$ при 40 ГэВ/с, которое равно $1,18 \pm 0,02$.

Далее излагаются результаты изучения корреляции между $\langle n(\pi^0) \rangle$ и множественностями π^- -мезонов (n_-) и также протонов (n_p) в $\pi^- I^2C$ -взаимодействиях при 4 ГэВ/с. МВК при $n_- \geq 1$ воспроизводит экспериментальную зависимость $\langle n(\pi^0) \rangle$ от n_- , но значительно завышает среднюю множественность π^0 -мезонов при $n_- = 0$. Это, возможно, связано с переоценкой в модели вклада каналов с неупругой перезарядкой. Имеются слабые корреляции между $\langle n(\pi^0) \rangle$ и n_- . Показано, что в $\pi^- I^2C$ -взаимодействиях с увеличением множественности вторичных протонов (фрагмент ядра) возрастает эффект каскадного размножения π^0 -мезонов в области фрагментации ядра.

Полученные в эксперименте импульсные и угловые спектры γ -квантов в неупругих $\pi^- p$ - и $\pi^- n$ - взаимодействиях при 4 ГэВ/с неожиданно хорошо согласуются с предсказаниями МЛ (рис. 1 и 2). В связи с этим отметим, что при таких относительно малых энергиях в процессах множественного образования частиц влияние фазового объёма, очевидно, существенно сильнее, чем динамика взаимодействия, заложенного в той или иной модели.

Из анализа угловых спектров γ -квантов следует, что МВК /1/ предсказывает более сильную коллимацию γ -квантов в задней полусфере по сравнению с тем, что наблюдается в эксперименте. Форма угловых распределений γ -квантов с ростом первичной энергии с 4 до 40 ГэВ/с существенно изменяется, в частности возрастает степень анизотропии.

Средние значения коэффициента неупругости π^0 -мезонов при 4 ГэВ/с оказались равными: $\langle K_{\pi^0} \rangle_{\pi^- N} = 0,18 \pm 0,03$ в $\pi^- N$ -соударениях и $\langle K_{\pi^0} \rangle_{\pi^- C} = 0,19 \pm 0,02$ в $\pi^- I^2C$ -взаимодействиях, т.е. доля энергии, уносимая π^0 -мезоном, слабо зависит от массового числа ядра-мишени. Также значение $\langle K_{\pi^0} \rangle$ в пределах однократной ошибки совпадает с результатом при 40 ГэВ/с: $\langle K_{\pi^0} \rangle_{\pi^- C} = 0,22 \pm 0,01$.

В этой же главе изучаются характеристики кумулятивных γ -квантов,

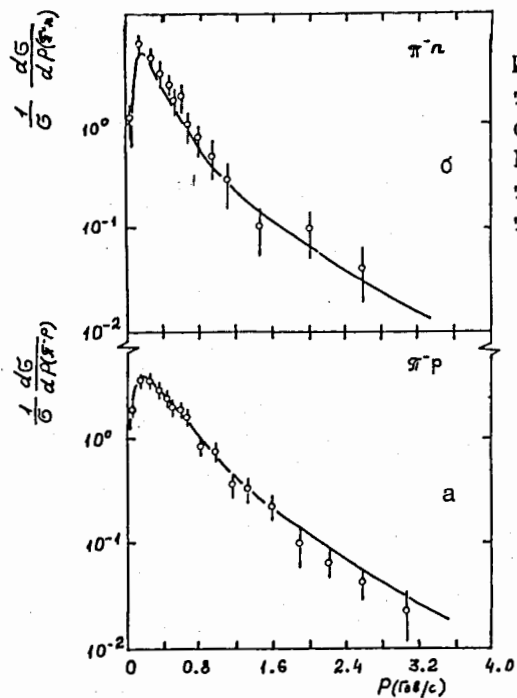


Рис.1
Импульсные спектры γ -квантов в π^-p (а)- и π^-n (б)-столкновениях при $P_{\Pi}=4$ ГэВ/с. Кривые соответствуют расчётам по кварковой фрагментационной Лунд-модели^[2].

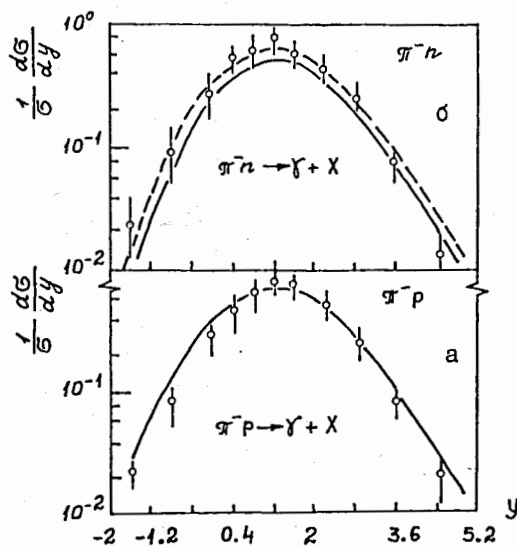


Рис.2
Спектры быстрых γ -квантов в π^-p (а)-и π^-n (б)-столкновениях при 4 ГэВ/с. Сплошные кривые-расчёты по Лунд-модели^[2]. Штриховая кривая на рис.б соответствует предсказанию МЛ с перенормировкой на экспериментальное значение средней множественности γ -квантов в π^-n -взаимодействиях.

образованных в $p^{-12}C$ - взаимодействиях при 4 ГэВ/с. Эти характеристики сравниваются с аналогичными данными при 40 ГэВ/с.

Средние значения множественностей γ -квантов, $\langle n_{\gamma}(\Theta_{\text{лаб}} \geq 90^\circ) \rangle$, вылетающих под углом $\geq 90^\circ$, получились равными: $0,19 \pm 0,02$ при 4 ГэВ/с и $0,21 \pm 0,02$ при 40 ГэВ/с, т.е. в пределах статистических ошибок значение $\langle n_{\gamma}(\Theta_{\text{лаб}} \geq 90^\circ) \rangle$ не меняется с первичной энергией.

Инвариантные дифференциальные сечения образования γ -квантов с $\Theta_{\text{лаб}} \geq 90^\circ$ в $p^{-12}C$ - взаимодействиях при 4 и 40 ГэВ/с совпали в пределах ошибок эксперимента для γ -квантов с импульсами $P_{\gamma} \geq 50$ МэВ/с. Из данных по множественности и инклюзивным спектрам γ -квантов с $\Theta_{\text{лаб}} \geq 90^\circ$ следует, что их абсолютные и дифференциальные выходы не меняются с ростом первичной энергии от 4 до 40 ГэВ/с.

В четвертой главе обсуждаются результаты исследований инклюзивных характеристик быстрых нейтронов, образованных в π^-p -, π^-n - и $p^{-12}C$ - взаимодействиях при 4,7,5 и 40 ГэВ/с; в pp -, pn -, $p^{20}Ne$ -соударениях при 300 ГэВ/с; pp -, $p^{12}C$ -взаимодействиях при 10 и 4,2 ГэВ/с; в d^12C -, ^{12}Cp - и $^{12}C^{12}C$ -соударениях при 4,2 ГэВ/с на нуклон; а также корреляции между множественностями нейтронов и заряженных частиц.

Средние множественности ($\langle n_n^f \rangle$) быстрых нейтронов ($P_n \geq 1$ ГэВ/с) в pp -, π^-p -, π^-n - и pn -соударениях приводятся в таблице 3. Здесь же даются полученные по парциальным сечениям из других работ средние множественности ($\langle n_n \rangle$) всех нейтронов и результаты расчётов по МЛ.

Таблица 3

Средние множественности быстрых ($\langle n_n^f \rangle$) и всех ($\langle n_n \rangle$) нейтронов в pN - и π^-N - взаимодействиях

Тип взаимодействия	P_0 (ГэВ/с)	Эксперимент		Лунд-модель	
		$\langle n_n^f \rangle$	$\langle n_n \rangle$	$\langle n_n^f \rangle$	$\langle n_n \rangle$
pp	4,2	$0,56 \pm 0,04$	$0,70 \pm 0,04$	-	0,63
pp	10,0	$0,70 \pm 0,14$	$0,60 \pm 0,10$	-	-
pp	300,0	$0,65 \pm 0,07$	$0,75 \pm 0,08$	0,59	0,72
π^-p	4,0	$0,30 \pm 0,04$	$0,39 \pm 0,04$	0,08	0,18
π^-p	7,5	$0,28 \pm 0,06$	$0,37 \pm 0,06$	0,16	0,28
π^-p	40,0	$0,28 \pm 0,04$	$0,37 \pm 0,04$	0,25	0,37
π^-n	4,0	$0,35 \pm 0,09$	$0,63 \pm 0,08$	0,31	0,80
π^-n	7,5	$0,37 \pm 0,16$	$0,64 \pm 0,16$	0,36	0,75
π^-n	40,0	$0,36 \pm 0,07$	$0,63 \pm 0,07$	0,37	0,73
pn	300,0	$0,67 \pm 0,15$	-	0,70	-

Как видно из табл. 3, $\langle n_n^f \rangle$ и $\langle n_n \rangle$ зависят от типа первичного взаимодействия и не зависят в пределах ошибок от энергии взаимодействия в исследованном нами интервале импульсов. Также видно, что для p^-n - взаимодействий при всех первичных энергиях имеет место согласие между моделью и экспериментом в пределах (10 - 15)%. Для p^-p -соударений же при 4 ГэВ/с модель предсказывает существенно меньшие значения $\langle n_n^f \rangle$ и $\langle n_n \rangle$, чем найдено в эксперименте. Эта разница несколько уменьшается при 7,5 ГэВ/с, а при 40 ГэВ/с расчёты по МЛ согласуются с экспериментальными значениями. Можно заключить, что расчёты $\langle n_n \rangle$ по МЛ ^{12/} и экспериментальные данные согласуются при относительно больших первичных энергиях ($E_0 \geq 10$ ГэВ).

Модификация МЛ для p^-p -взаимодействий с учётом зарядово-обменных каналов типа $p^-p \rightarrow n n p^0$ и "перемешивания" u - и d -кварков, которая произведена в работе ^{13/}, даёт удовлетворительное согласие по $\langle n_n \rangle$, начиная с $E_0 \approx 4$ ГэВ. Средние характеристики вторичных частиц и в pp -взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с, как показано в диссертации, хорошо описываются версией ^{13/} МЛ.

По данным множественностей всех вторичных нейтронов определены вероятности (λ) неупругой перезарядки нуклонов ($p \rightarrow n$ или $n \rightarrow p$). Показано, что значение неупругой перезарядки в пределах ошибок эксперимента не зависит от типа первичного взаимодействия (p^-p или pp) и является примерно постоянной величиной в интервале импульсов $4 + 300$ ГэВ/с:

$$\lambda(p \rightarrow n) \approx \lambda(n \rightarrow p) = 0,37 \pm 0,04.$$

Средние множественности быстрых нейтронов в p^-I^2C -, p^+I^2C - и $p^{20}Ne$ - взаимодействиях представлены в таблице 4.

Таблица 4

Средние множественности быстрых нейтронов в p^-I^2C -, p^+I^2C - и $p^{20}Ne$ - взаимодействиях

Тип взаимодействия	P_0 (ГэВ/с)	$\langle n_n^f \rangle$		
		эксперимент	МВК	КПМ
p^-I^2C	4,0	$0,40 \pm 0,04$	0,46	-
p^-I^2C	7,5	$0,37 \pm 0,06$	0,51	-
p^-I^2C	40,0	$0,57 \pm 0,05$	-	0,55
p^+I^2C	4,2	$0,76 \pm 0,05$	0,60	-
p^+I^2C	10,0	$0,89 \pm 0,08$	1,02	-
$p^{20}Ne$	300,0	$1,08 \pm 0,06$	-	1,21

Здесь же приводятся расчёты по модели внутриядерного каскада для

p^-I^2C -соударений (вариант ^{11/}) и для p^+I^2C -взаимодействий (вариант ^{14/}). Также приведены результаты расчётов по кварк-партонной модели (КПМ) для hA - взаимодействий ^{15/}.

Из таблицы 4 видно, что $\langle n_n^f \rangle$ слабо возрастает с первичной энергией. Расчёты по МВК и КПМ при соответствующих энергиях в пределах 20% воспроизводят данные по $\langle n_n^f \rangle$.

В данной главе анализируются и множественности быстрых нейтронов в $d p$ -, $d^{12}C$ -, I^2Cp - и I^2CI^2C - соударениях при 4,2 ГэВ/с на нуклон. Помимо изучения множественностей всех быстрых нейтронов в ядро-ядерных взаимодействиях ($\langle n_n^f \rangle$) были в отдельности изучены множественности нейтронов-спектаторов налетающего ядра ($\langle n_n^{ст} \rangle$) и нейтронов-участников ($\langle n_n^{уч} \rangle$). В табл.5 приведены средние числа множественностей быстрых нейтронов в ядро-ядерных взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с.н.

Таблица 5

Средние множественности быстрых нейтронов в ядро-ядерных взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с на нуклон

Средние множественности	Тип взаимодействия	$d p$	$d^{12}C$	I^2Cp	I^2CI^2C
$\langle n_n^{уч} \rangle$		$0,55 \pm 0,08$	$1,20 \pm 0,06$	$0,40 \pm 0,07$	$2,50 \pm 0,20$
		-	0,94 (ДКМ)	-	2,70 (ДКМ)
$\langle n_n^{ст} \rangle$		$0,41 \pm 0,05$	$0,26 \pm 0,06$	$0,53 \pm 0,07$	$0,92 \pm 0,09$
		-	0,33 (ДКМ)	-	1,30 (ДКМ)
$\langle n_n^f \rangle$		$0,96 \pm 0,09$	$1,46 \pm 0,09$	$0,93 \pm 0,10$	$3,42 \pm 0,20$

Из табл.5 видно, что в CC - (или dC)-взаимодействиях образуется значительно больше быстрых нейтронов, чем в Cp - (или $d p$)-соударениях; при этом число ($\langle n_n^{уч} \rangle$) возрастает быстрее, чем число нейтронов-спектаторов. Это, очевидно, связано с тем, что в ядро-ядерных столкновениях значительно больше нуклонов ядра-снаряда участвуют во взаимодействиях, чем в случае столкновения этого ядра-снаряда с протоном.

Увеличение средней множественности нейтронов-стриппингов при переходе от dC - к CC -соударениям (см. табл.5), очевидно, указывает, что с ростом атомного номера ядра-снаряда все большая часть нуклонов из налетающего ядра не участвует во взаимодействиях с углеродной мишенью.

Полученная средняя множественность нейтронов-участников в CC -взаимодействиях согласуется с расчётом по МВК, однако среднее число ней-

тронов-стриппингов меньше расчётного значения по МВК (см.табл.5). По-видимому, это отражает неприменимость использованного в МВК /4/ механизма "испарения" нуклонов из возбужденных ядер. Показано, что среднее число нуклонов-спектаторов мишени из ^{12}C -соударений равно среднему числу нуклонов-спектаторов снаряда из ^{12}C p - столкновений при 4 ГэВ/с на нуклон.

Исследование корреляции между множественностями быстрых нейтронов и заряженных частиц показало, что с ростом первичной энергии появляются положительные корреляции между $\langle n_n^f \rangle$ и множественностью протонов-фрагментов ядра и релятивистских заряженных частиц (пионов), удовлетворительно описываемые соответствующими расчётами по МВК /1/ и КМ /5/.

Исследованы распределения по полному продольному и поперечному импульсу, а также по углам и быстротам вторичных нейтронов. В p^-p - и p^-n - взаимодействиях при 40 ГэВ/с и в pp -соударениях при 300 ГэВ/с экспериментальные данные качественно воспроизводятся расчётами по МЛ /2/ (рис.3 и 4).

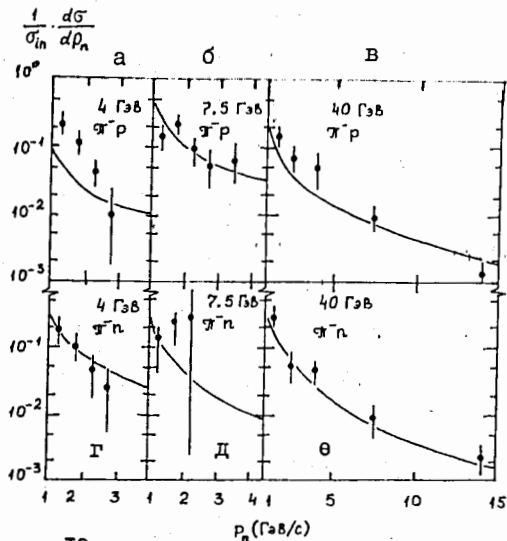


Рис.3 Импульсные спектры быстрых нейтронов в p^-p -и p^-n -взаимодействиях при 4, 7,5 и 40 ГэВ/с. Кривые-расчёты по Лунд-модели.

В $p^-^{12}\text{C}$ -соударениях при 4 и 7,5 ГэВ/с (рис.5), в $p^{12}\text{C}$ -столкновениях при 4,2 и 10 ГэВ/с, а также в $^{12}\text{C}^{12}\text{C}$ -взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с на нуклон импульсные и угловые спектры, в основном, согласуются с расчётами по модели внутриядерного каскада. Данные для $p^-^{12}\text{C}$ -взаимодействий при 40 ГэВ/с и $p^{20}\text{Ne}$ -соударений при 300 ГэВ/с удается качественно описать расчётами по КМ /5/.

Рис.4 Распределения быстрых нейтронов по P_{\perp}^2 (а) и $\cos \theta_{\text{лаб}}$ (б) в pp -соударениях при 300 ГэВ/с. Сплошные кривые - результаты расчетов по Лунд-модели.

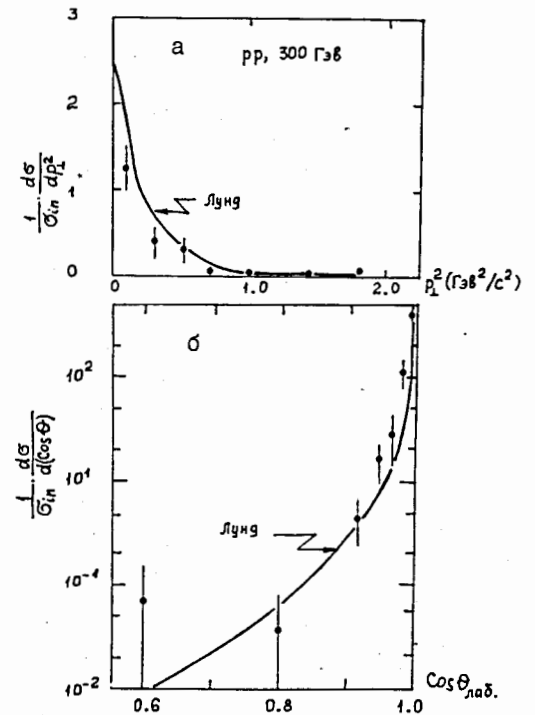
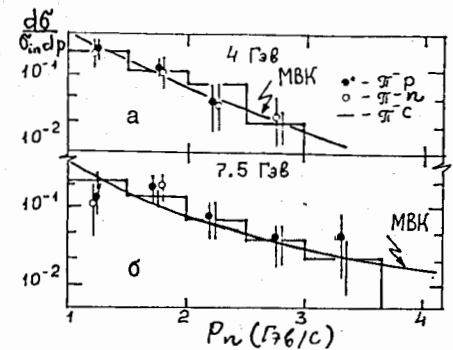


Рис.5 Инклюзивные спектры быстрых нейтронов в $p^-^{12}\text{C}$ -взаимодействиях при 4 ГэВ/с (а) и 7,5 ГэВ/с (б). Для сравнения показаны также данные для p^-p -и p^-n -соударений при соответствующих первичных импульсах. Кривые-расчёты по МВК.



Изучение энергетической зависимости спектров быстрых нейтронов показало, что с ростом первичной энергии импульсные распределения становятся жестче. Угловые распределения быстрых нейтронов в л.с.к. обнаруживают пик в переднем направлении и имеют примерно одинаковый характер распределения в hN -, hA - и AA -соударениях. С ростом P_0 степень коллимации вперед в л.с. усиливается.

В работе проведен сравнительный анализ импульсных и угловых спектров быстрых нейтронов, образованных на ядерной и нуклонной

мишенях при одинаковых энергиях. Из данных следует, что на ядрах при $P \leq 5$ ГэВ/с нейтронов образуется больше, чем на нуклонной мишени.

В пятой главе диссертации рассмотрены распределения по множественностям сильноионизирующих (n_s) и релятивистских (n_r) частиц, их моменты и корреляции между ними, характеристики угловых распределений в рЕм- взаимодействиях при $P_0 = 3,1$ и $4,5$ ГэВ/с. Проведено сравнение полученных данных по рЕм- взаимодействиям с аналогичными данными при высоких энергиях (20 - 400 ГэВ) и с результатами, полученными в ядро-ядерных соударениях в фотоэмульсиях при одинаковой энергии на нуклон ядра-снаряда.

При $E_0 \sim 3 - 5$ ГэВ число g -частиц в р-СNO- соударениях заметно больше, а в р-Аg Вч - меньше, чем при высоких (20 - 400 ГэВ) энергиях. По оценкам режим "пределной фрагментации" ядер-мишеней (фотоэмульсии) в рА-взаимодействиях под действием высокоэнергичных протонов наступает в области первичных энергий ≥ 4 ГэВ.

Анализ n_s -распределений показал, что при $P_0 = 3,1$ ГэВ/с (n_s) уменьшается с увеличением А, т.е. поглощение g -частиц при прохождении через ядро сильнее, чем их мультипликация в результате повторных внутриядерных соударений. При $4,5$ ГэВ/с А-зависимость (n_s) в рассматриваемом интервале А (14 ± 95) очень слаба. Распределения при 3 - 5 ГэВ/с обнаруживают заметные отклонения от известных закономерностей, присущих взаимодействиям при высоких энергиях (20 - 400 ГэВ).

Показано, что при интерпретации результатов по множественностям различных типов вторичных частиц и корреляций между ними при небольших E_0 большую роль играют законы сохранения. Действительно, если при энергиях 20 - 400 ГэВ суммарная энергия, уносимая продуктами фрагментации мишени, незначительна в сравнении с энергией мезообразования, то при $P_0 = 3 + 5$ ГэВ/с эти энергии сравнимы. Это обстоятельство качественно объясняет значительную долю "аномалий", обнаруженных при умеренных E_0 .

Полученные данные сравнивались с расчётами по модели внутриядерного каскада в варианте, выполненном в работе [6]. При удовлетворительном описании n_s -распределений эта модель не описывает некоторые характеристики сильноионизирующих частиц. Отметим, что существующие варианты расчётов по каскадной модели частично противоречивы и требуются дальнейшие расчёты и анализ.

Далее проводился сравнительный анализ множественностей и угловых спектров в "ядро-ядро"- и "протон-ядро"-соударениях при одинаковых энергиях на нуклон снаряда (на примере ^{14}N Ем- и рЕм- соударений при 2,9 и 3,1 ГэВ/с на нуклон соответственно). Отношение средних

множественностей оказалось: $R_s = 6,3 \pm 0,2$ - для S-частиц и $R_g = 2,2 \pm 0,1$ для g-частиц, т.е. отношение R тем меньше, чем меньше энергия вторичных частиц.

Анализ отношения $\tau(\gamma)$ инклюзивных плотностей псевдобыстротных распределений S-частиц $\rho(\gamma)$ в ^{14}N Ем- и рЕм- соударениях показал, что

- при больших γ (малые θ) $\tau(\gamma) \approx 20$, т.е. в ^{14}N Ем- соударениях при $\gamma \geq 3$, вылетает примерно в 20 раз больше S-частиц, чем в рЕ, тогда как среднее число провзаимодействовавших с мишенью нуклонов ядра-снаряда $\langle \nu_c \rangle = 6,9 \pm 0,1$. Здесь доминируют однозарядные не-провзаимодействовавшие фрагменты ядра-снаряда;

- при малых γ отношение $\tau(\gamma)$ минимально и равно $\sim 3 - 4$, что значительно меньше $\langle \nu_c \rangle$. В этой области доминирует механизм внутриядерного каскада с заметным подавлением каскадов от отдельных нуклонов снаряда из-за экранизации;

- лишь в "центральной" области псевдобыстрот $\tau(\gamma)$ одного порядка с $\langle \nu_c \rangle$, однако разделение рЕм- соударений на СNO-и Аg Вч-подгруппы показывает, что и здесь имеется сильная А-зависимость формы $\tau(\gamma)$.

Все это отнюдь не свидетельствует в пользу простых "суперпозиционных" моделей; во всяком случае соударение ядро-ядро, по-видимому, не может быть сведено к простой сумме одинаковых нуклон-ядерных или нуклон-нуклонных столкновений.

В работе изучались парные "внутригрупповые" корреляции в поперечной плоскости столкновений (азимутальные корреляции). Основные результаты анализа таковы:

- наблюдаются обеспеченные азимутальные корреляции между S-частицами при обоих P_0 . Азимутальная асимметрия проявляется как в инклюзивных ансамблях, так и в индивидуальных актах. Она значительно слабее, чем в моделях статистического типа. Отметим, что в адрон-нуклонных соударениях при умеренных ($E_0 \leq 20$ ГэВ) энергиях глобальные азимутальные корреляции количественно совпадают с расчётами по статистической модели;

- обеспеченные корреляции проявляются и между g-частицами, что согласуется с независимостью образования медленных частиц;

- азимутальные корреляции между S-частицами зависят от их полярных углов (псевдобыстрот): при больших γ корреляции наиболее существенны, при малых γ они исчезающе малы;

- для g-частиц в пределах экспериментальных ошибок зависимости от угла θ не обнаружено;

- корреляции между g-частицами сохраняются в области $\theta > \pi/2$ -кинематически запрещенной в элементарном акте hN -взаимодействия.

Данные сравнения корреляционных явлений в $p\bar{p}$ - и $^{14}N\bar{p}$ -соударениях свидетельствуют, что чисто коллективные подходы к ядро-ядерным соударениям при E_0 в несколько ГэВ неадекватны опыту.

Наблюдаемые корреляционные характеристики исследованных событий представляют информацию для апробации различных моделей адрон- и ядро-ядерных соударений.

В шестой главе представлены данные по множественности вторичных заряженных частиц, образованных в $p\bar{p}$ -, $n\bar{p}$ - и ^{20}Ne - взаимодействиях в интервале импульсов $(I + 200)$ ГэВ/с. Подробно обсуждаются данные по множественностям π^\pm - мезонов и протонов в $p\bar{p}$ -, $n\bar{p}$ - и $n\bar{p}$ ^{181}Ta - взаимодействиях при $P = I$ и $I, 7$ ГэВ/с; а также множественности, импульсные и угловые спектры заряженных частиц, образованных в $p\bar{p}$ -, $n\bar{p}$ - и $n\bar{p}$ ^{181}Ta -соударениях при $4, 2$ ГэВ/с. Экспериментальные результаты изучения $n\bar{p}$ - и $n\bar{p}$ ^{181}Ta -взаимодействий сравниваются с аналогичными данными для заряженных частиц, образованных при соответствующих энергиях в $d\bar{p}$ ^{12}C -, $d\bar{p}$ ^{181}Ta -, $p\bar{p}$ ^{12}C - и $p\bar{p}$ ^{181}Ta -столкновениях, а также с расчётами по МВК /3/.

Размножение π^- - мезонов в ядрах при небольших значениях первичной энергии $(I - 4$ ГэВ) не происходит, часть рожденных π^- - мезонов поглощается в ядрах.

Из анализа множественности идентифицированных протонов (n_p) в $n\bar{p}$ - взаимодействиях следует, что для данного ядра распределение по n_p в пределах погрешностей постоянно в широком интервале энергий нейтронов. Это может быть следствием слабой зависимости числа участвующих во взаимодействии нуклонов ядра-мишени от первичной энергии в изучаемом интервале импульсов.

На основании данных по средним множественностям нейтронов и протонов в изотопически-сопряженных реакциях ($p\bar{p}$ ^{20}Ne и $n\bar{p}$ ^{20}Ne) определены средние множественности всех нуклонов, образованных при фрагментации ядра неона. Показано, что эта величина составляет $\langle n_n \rangle \approx \langle \nu \rangle^2$, где $\langle \nu \rangle$ - среднее число внутриядерных соударений в нуклон-ядерных взаимодействиях.

В работе показано, что в $n\bar{p}$ ^{181}Ta - взаимодействиях импульсные спектры вторичных π^- - мезонов и протонов мягче, чем в $n\bar{p}$ ^{12}C -соударениях. С ростом атомного веса ядра-мишени значительно увеличивается число протонов в области фрагментации ядра-мишени.

Угловые распределения π^- - мезонов и протонов из $n\bar{p}$ - и $n\bar{p}$ ^{181}Ta - взаимодействий при $4, 2$ ГэВ/с в с.ц.м. нуклон-нуклон асимметричны и тем сильнее, чем тяжелее ядро-мишень. Каскадная модель /4/ предсказывает более мягкие импульсные спектры π^- - мезонов и протонов, чем экспериментальные, более широкие их угловые распределения и заметно меньший средний поперечный импульс.

В заключении изложены основные результаты и выводы работы:

1. Разработана методика идентификации частиц по ионизации и δ^- -электронам в пропановой пузырьковой камере.

2. Разработана методика регистрации и определения энергии быстрых ($P_n \gg I$ ГэВ/с) вторичных нейтронов в пузырьковых камерах с тяжелым наполнением.

3. Выполнено систематическое экспериментальное исследование характеристик π^- ^{12}C - и π^- N - взаимодействий с образованием π^0 - мезонов (γ -квантов) при импульсе 4 ГэВ, основные результаты которого следующие:

- показано, что на ядрах углерода рождается в среднем больше π^0 - мезонов, чем в пион-нуклонных соударениях, и установлено различие в форме импульсных спектров γ -квантов в этих взаимодействиях;

- величина $\langle n_{\pi^0} \rangle$ линейно убывает со множественностью π^- - мезонов в π^- ^{12}C - взаимодействиях при 4 ГэВ/с, и с ростом первичной энергии характер зависимости $\langle n_{\pi^0} \rangle = f(n_-)$ резко изменяется;

- показано, что скейлинг по множественности пионов в $n\bar{p}$ -соударениях имеет место и для взаимодействий с фиксированным числом участвовавших в соударении нуклонов ядра-мишени;

- обнаружен эффект сильного возрастания сечения образования нейтральных странных частиц в π^- ^{12}C - взаимодействиях при 4 ГэВ/с, сопровождающихся одиночной или двойной перезарядкой первичных π^- - мезонов;

- показано, что в π^- ^{12}C - взаимодействиях в области фрагментации ядра углерода имеет место предельная фрагментация.

4. При регистрации в условиях 4 π -геометрии исследованы множественности, импульсные и угловые спектры быстрых нейтронов в неупругих π^- p -, π^- n -, π^- ^{12}C -, pp -, pn -, $p\bar{p}$ ^{12}C -, $p\bar{p}$ ^{20}Ne -, $d\bar{p}$ ^{12}C -, ^{12}C p - и ^{12}C ^{12}C - взаимодействиях в интервале первичных импульсов $(4 - 300)$ ГэВ/с. Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

- средняя множественность вторичных быстрых нейтронов ($\langle n_n^+ \rangle$) в pp -, $p\bar{p}$ ^{12}C -, $p\bar{p}$ ^{20}Ne - столкновениях в исследованном интервале $P_0 = (4, 2 + 300)$ ГэВ/с и также в π^- p -, π^- ^{12}C -соударениях в интервале $P_0 = (4 + 40)$ ГэВ/с в пределах ошибок эксперимента не зависит от энергии взаимодействия; в то же время $\langle n_n^+ \rangle$ сильно зависит от типа адрона-снаряда (π^- или p);

- значение вероятности неупругой перезарядки $\lambda(p \rightarrow n) = 0,37 \pm 0,04$ постоянно в пределах ошибок эксперимента, не зависит от энергии и типа (π^- p или pp) взаимодействия в интервале первичных импульсов $(4 - 300)$ ГэВ/с;

- из сравнения данных, полученных для ядер и нуклонов, следует, что среднее число быстрых нейтронов, выбитых из ядра-мишени в \bar{n}_A - взаимодействиях, пропорционально среднему числу внутриядерных нуклонов, участвовавших в соударении;

- анализ pp -взаимодействий при 300 ГэВ/с показал, что приблизительно 30% нейтронов, рожденных в центральной области, являются продуктами образования нуклон-антинуклонных пар.

5. При экспериментальном исследовании pEm - взаимодействий при 3,1 и 4,5 ГэВ/с определены средние множественности q - и s - частиц и их A -зависимость в интервале $A = I_4 + 95$, изучены скейлинговые свойства распределений по множественности и корреляции между множественностями различных типов частиц, а также корреляции между полярными и азимутальными углами вылета вторичных частиц. Проведено систематическое сравнение большого числа экспериментальных характеристик процессов множественного рождения и фрагментации ядер в pA -соударениях при E_0 в несколько ГэВ и высоких (20 - 400 ГэВ) энергиях. При этом получены, в основном, следующие результаты:

- оценены энергетические "пороги" для компенсации процессов поглощения и мультипликации быстрых частиц при прохождении через ядро и наступления режима предельной фрагментации ядер под действием высокоэнергичных протонов;

- на примере pEm - и ^{14}NEm - соударений проведено сопоставление основных характеристик частиц из протон-ядерных и ядро-ядерных соударений при $E_0 \sim$ несколько ГэВ, получены отношения средних множественностей различных типов вторичных частиц;

- показано, что отношения дифференциальных множественностей релятивистских частиц существенно зависят от псевдобыстроты, изменяясь почти на порядок от максимальных до минимальных её значений;

- показано, что корреляционные связи между вторичными частицами в протон-ядерных и ядро-ядерных событиях заметно различаются, обсуждена качественная интерпретация этого эффекта.

6. Получены средние значения множественностей вторичных π^- - мезонов и протонов в n_p -, $n^{12}C$ - и $n^{20}Ne$ - взаимодействиях в интервале первичных импульсов ($I - 200$) ГэВ/с:

- в интервале импульсов ($I - 6$) ГэВ/с в n_p - соударениях множественность вторичных π^- - мезонов в пределах ошибок эксперимента не зависит от энергии взаимодействия, доминирующими (более 95%) в этом случае являются каналы реакции с образованием одного π^- -мезона;

- в области первичных импульсов (3 - 6) ГэВ/с значения $\langle n_{\pi^-} \rangle_{nc}$ возрастают от $1,15 \pm 0,20$ до $2,2 \pm 0,4$ с ростом энергии взаимодейст-

вия, т.е. с увеличением P_n каналы $n^{12}C$ -взаимодействия с рождением двух и более π^- -мезонов становятся основными, канал с рождением одного π^- -мезона подавляется;

- в дальнейшем с ростом P_n от 6 ГэВ/с до 200 ГэВ/с множественности π^- - мезонов во всех рассмотренных типах взаимодействий возрастают быстрее, чем ожидается из логарифмической зависимости;

- множественность идентифицированных вторичных протонов (с импульсами $0,14 \leq P \leq 0,75$ ГэВ/с и $0,12 \leq P \leq 1,2$ ГэВ/с соответственно в $n^{12}C$ - и $n^{20}Ne$ -соударениях) практически не зависит от первичной энергии;

- из данных по множественности вторичных протонов в изотопически-сопряженных реакциях ($n^{12}C$ и $p^{12}C$; $n^{20}Ne$ и $p^{20}Ne$) определены средние множественности всех нуклонов, выбитых из ядра-мишени; показано, что их множественность зависит от массового числа ядра-мишени не слабее, чем $A^{2/3}$.

7. Получены прямые экспериментальные данные по образованию стрипинговых нейтронов в $d(C_3H_8)$ - и $d^{181}Ta$ -соударениях при 1,0, 1,7 и 4,2 ГэВ/с на нуклон и определены средние характеристики, импульсные и угловые спектры вторичных заряженных частиц в n_p -, $n^{12}C$ - и $n^{181}Ta$ -взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с. При этом, в частности, получены следующие результаты:

- оценен вклад в образование π^- - мезонов вторичных взаимодействий стрипинговых нуклонов из первичных столкновений дейтронов с ядрами углерода. С учётом вторичных взаимодействий определен выход π^- -мезонов на один падающий дейтрон в dC - соударениях при 1,7 и 4,2 ГэВ/с на нуклон;

- сравнение нейтрон-ядерных и протон-ядерных взаимодействий показывает существенный вклад в число рождающихся π^- -мезонов при 4,2 ГэВ/с каналов с диссоциацией налетающего нейтрона ($n \rightarrow p\pi^-$);

- импульсные и угловые характеристики π^- - мезонов и протонов, рожденных в $n^{12}C$ - и $n^{181}Ta$ -взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с, указывают на существенную роль вторичных перерассеяний в ядре тантала в процессе образования пионов и протонов.

8. Полученные экспериментальные данные сравнены с предсказаниями моделей взаимодействия при высоких энергиях:

а) сравнения корреляционных явлений в pA - и AA - взаимодействиях показывают, что модели чисто коллективного типа неадекватны эксперименту при энергиях меньше 5 ГэВ; определяющую роль в формировании конечных состояний в \bar{n}_A - и AA - соударениях играют механизмы внутриядерных перерассеяний и каскада;

б) модель внутриядерного каскада ^{1,4/} в π^- -, ρ^- -, π^- -, n - π^+ - взаимодействиях при $E_{\text{с}} \leq 10$ ГэВ удовлетворительно описывает множественности, угловые и импульсные характеристики вторичных быстрых нейтронов и заряженных частиц, но занижает выходы π^0 -мезонов и не описывает инклюзивные спектры γ -квантов в π^- - взаимодействиях при 4 ГэВ/с. Также значительное расхождение с моделью наблюдается для пионов и протонов с большими поперечными импульсами в n -и n - π^+ -соударениях при 4,2 ГэВ/с.

Расчёты по МВК ^{4/} в пределах ошибок эксперимента воспроизводят значения характеристик быстрых вторичных нейтронов в d - и CS -взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с, за исключением превышения на 30% среднего числа стриппинговых нейтронов;

в) кварк-партоновая модель ^{5/} с учётом эффектов внутриядерного размножения частиц качественно описывает основные характеристики быстрых нейтронов в π^- -соударениях при 40 ГэВ/с и в p - n -взаимодействиях при 300 ГэВ/с;

г) кварковая фрагментационная Лунд-модель ^{2,3/} удовлетворительно описывает средние характеристики вторичных частиц в hN -взаимодействиях в интервале импульсов (4 - 10) ГэВ/с. При более высоких энергиях ($E \geq 40$ ГэВ) МЛ описывает и часть инклюзивных характеристик вторичных частиц, в частности импульсные и угловые распределения вторичных нейтронов.

Таким образом, в данной работе проведено систематическое исследование множественных процессов с помощью единой методики в условиях 4П-геометрии в интервале импульсов 1-300 ГэВ/с. Большая часть данных получена впервые, особенно это относится к образованию нейтральных частиц (γ , π^0 и n). Эти данные позволили провести сравнение полученных результатов с современными теоретическими моделями и найти область их применимости, что необходимо для дальнейшего развития теории сильных взаимодействий.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Бэм Я., Гришин В.Г., Кривенцова А.Г., Муминов М.М., Трка З. Идентификация заряженных частиц по ионизации и дельта-электронам в пропановой камере. Сообщения ОИЯИ, Р-2842, Дубна, 1966.
2. Бэм Я., Гришин В.Г., Кистнев Э.П., Копылова Д.К., Кривенцова А.Г., Муминов М.М., Му Цзянь, Рябцов В.Д., Трка З. Исследование реакций $\pi^- + p \rightarrow \pi^+ + n + m\pi^0 + n$ и $\pi^- + p \rightarrow 2\pi^+ + 2\pi^- + m\pi^0 + n$ при импульсе π^- -мезонов 4 ГэВ/с. - ЯФ, 1967, т.5, с.1054.
3. Гришин В.Г., Иреш М., Кривенцова А.Г., Муминов М.М., Трка З. Программа вычисления средних весов событий с γ -квантами. Сообщения ОИЯИ, I-3574, Дубна, 1967.

4. Бэм Я., Гришин В.Г., Муминов М.М. Измерения малых смещений осей треков в пропановой пузырьковой камере. Сообщения ОИЯИ, I-4080, Дубна, 1968.
5. Бэм Я., Гришин В.Г., Муминов М.М., Стрельцов В.Н. Исследование образования (e^+e^-) -пар электронами с энергией (1,25 + 4) ГэВ. ЯФ, 1969, т.9, с.580.
6. Басова Е.С., Гулямов У.Г., Ибатов Р.М., Муминов М.М., Чернов Г.М. Общие характеристики неупругих взаимодействий протонов с ядрами эмульсии при энергиях 2,26 ГэВ. ДАН УзССР, № 8, 1980, с.28.
7. Басова Е.С., Бондаренко Р.А., Гуламов К.Г., Гулямов У.Г., Ибатов Р.М., Муминов М.М., Насыров Ш.З., Чернов Г.М. Азимутальные корреляции между вторичными частицами из протон-ядерных соударений при 3,1 и 4,5 ГэВ/с. Препринт ИЯФ АН УзССР Р-7-65, Ташкент, 1981.
8. Ибатов Р.М., Муминов М.М. Взаимодействия протонов с легкими (CMO) и тяжелыми (Ag, W) ядрами эмульсии при 2,26 ГэВ. ДАН УзССР, № 4, 1982, с.30.
9. Гулямов У.Г., Ибатов Р.М., Муминов М.М., Чернов Г.М. Двухчастичные корреляции между углами вылета сильноионизирующих частиц из протон-ядерных соударений при $P_0 = 3,1$ и 4,5 ГэВ/с. - ДАН УзССР, № 3, 1982, с.24.
10. Басова Е.С., Бенгус Л.Е., Бондаренко Р.А., Гуламов К.Г., Гулямов У.Г., Ибатов Р.М., Муминов М.М., Чернов Г.М. Лидирующие частицы в протон-ядерных взаимодействиях при $P_0 = 3,1$ и 4,5 ГэВ/с. - ЯФ, 1981, т.34, с.1524.
11. Bubnov V.J., ..., Tolstov K.D., Ibatov R.M., Muminov M.M., ..., Chadraa B. Nuclear Interactions of 4.5 GeV/c Protons in Emulsion and the Cascade - Evaporation Model. - Z.Phys., 1981, v. A302, p. 133.
12. Басова Е.С., Бондаренко Р.А., Гуламов К.Г., Гулямов У.Г., Ибатов Р.М., Муминов М.М., Чернов Г.М. Общие характеристики неупругих взаимодействий протонов с ядрами фотоэмульсии при 4,5 ГэВ/с. - Изв.АН УзССР, сер.физ.-мат.наук, № 2, 1982, с.38.
13. Ибатов Р.М., Муминов М.М. Исследование неупругих взаимодействий протонов с ядрами фотоэмульсии при энергиях 2,26 и 3,6 ГэВ. Труды СамГУ, Самарканд, 1982, с.39.
14. Ибатов Р.М., Муминов М.М., Чернов Г.М. Относительные спектры вторичных частиц в ядро-ядерных и протон-ядерных соударениях при энергиях ускорителей ЛБЛ (Беркли) и ОИЯИ (Дубна). Труды СамГУ, Самарканд, 1982, с.35.

15. Бадалов Н.Б., Исматова Ф.А., Лутпуллаев С.Л., Муминов М.М., Мусалова Л.М., Клдашев Б.С. О фрагментации ядер углерода под воздействием Π^- - мезонов с импульсом 4 ГэВ/с - Изв.АН УзССР, 1981, сер.физ.-мат.наук, № 4, с.42.
16. Исматова Ф.А., Муминов М.М., Лутпуллаев С.Л., Мусалова Л.М. Инклюзивное рождение γ - квантов в неупругих Π^-p - и Π^-C - взаимодействиях при 4 ГэВ/с - ДАН УзССР, 1982, № 7, с.28.
17. Бекмирзаев Р.Н., Гришин В.Г., Муминов М.М., Соловьев М.И., Суванов И., Трка З., Тркова Я., Троян Ю.А. Множественность вторичных заряженных частиц в неупругих взаимодействиях дейтронов и нейтронов с ядрами тантала и углерода при импульсе 1 ГэВ/с на нуклон. Сообщения ОИЯИ, PI-83-481, Дубна, 1983.
18. Бекмирзаев Р.Н., Гаспарян А.П., Гришин В.Г., Долейши И., Муминов М.М., Прокопиева С.А., Соловьев М.И., Суванов И., Трка З., Тркова Я. Множественность вторичных заряженных частиц в неупругих взаимодействиях дейтронов и нейтронов с ядрами тантала и углерода при $P_0 = 1,7$ ГэВ/с·нуклон - ЯФ, 1984, т.40, с.1477.
19. Бекмирзаев Р.Н., Гришин В.Г., Долейши И., Муминов М.М., Соловьев М.И., Трка З., Тркова Я., Шеркулов У. Характеристики стриппинговых нейтронов в d (C_3H_8) - взаимодействиях при $P = 1,0$ и $1,7$ ГэВ/с·нуклон. Препринт ОИЯИ, PI-84-733, Дубна, 1984.
20. Азимов С.А.,..., Гришин В.Г., Муминов М.М., Суванов И., Трка З.,..., Клдашев Б.С. Множественность заряженных частиц в соударениях нейтронов с протонами, ядрами углерода и неона в интервале импульсов (1-200)ГэВ/с. Препринт ФТИ АН УзССР, 20-84-ФВЭ, Ташкент, 1984.
- Czech. J. Phys., 1985, B35, p. 832.
21. Гришин В.Г., Корбел Э., Муминов М.М., Мусалова Л.М., Суванов И., Трка З., Тркова Я., Холян П., Яничко П. Характеристики вторичных нейтронов в Π^-p -, Π^-n - и $\Pi^-^{12}C$ - взаимодействиях при 40 ГэВ/с - ЯФ, 1983, т.37, с.641.
22. Бекмирзаев Р.Н.; Гришин В.Г., Муминов М.М., Суванов И., Трка З., Тркова Я. Среднее число нейтронов в Π^-p , Π^-n - и $\Pi^-^{12}C$ - взаимодействиях при $P = 4$ ГэВ/с. ЯФ, 1984, т.39, с.1212.
23. Бекмирзаев Р.Н., Гришин В.Г., Муминов М.М., Суванов И., Трка З., Тркова Я., Шеркулов У.Д. Среднее число нейтронов в Π^-p , Π^-n и $\Pi^-^{12}C$ - взаимодействиях при 7,5 ГэВ/с. Сообщения ОИЯИ, I-84-734, Дубна, 1984.
24. Муминов М.М., Суванов И. Изучение нейтральных звезд при импульсе 40 ГэВ/с. Труды СамГУ, Самарканд, 1984, с.39.
25. Азимов С.А.,..., Муминов М.М., Суванов И., Трка З., Клдашев Б.С.

- Исследования характеристик быстрых вторичных нейтронов в $p^{20}Ne$ -, pp - взаимодействиях при 300 ГэВ/с. Препринт ФТИ АН УзССР, 23-84-ФВЭ, Ташкент, 1984;
- Czech. J. Phys., 1985, B35, p.920.
26. Муминов М.М., Суванов И. Исследование характеристик вторичных нейтронов в Π^-p -, Π^-n -, $\Pi^-^{12}C$ - взаимодействиях при 4 и 40 ГэВ/с. Труды СамГУ, Самарканд, 1985, с.38.
27. Исматова Ф.А., Лутпуллаев С.Л., Муминов М.М., Клдашев А.А., Клдашев Б.С. "Исследование $\Pi^-^{12}C$ - взаимодействий с образованием γ - квантов при 4 ГэВ/с". Труды СамГУ, 1985, Самарканд, с.45.
28. Исматова Ф.А., Лутпуллаев С.Л., Муминов М.М., Клдашев А.А., Клдашев Б.С. Характеристики кумулятивных γ - квантов в $\Pi^-^{12}C$ - взаимодействиях при 4 и 40 ГэВ/с. ЯФ, 1985, т.41, с.935.
29. Исматова Ф.А., Артиков Х.Х., Едгоров С.О.,..., Муминов М.М., Клдашев Б.С., Клдашев А.А. Множественность заряженных и нейтральных частиц в $\Pi^-^{12}C$ - взаимодействиях при 4 ГэВ/с - ЯФ, 1986, т.43, с.924.
30. Артиков Х.Х., Елисеев С.М.,..., Исматова Ф.А., Муминов М.М., Клдашев Б.С. Инклюзивные характеристики γ - квантов в $\Pi^-^{12}C$ - взаимодействиях при 4 ГэВ/с - ЯФ, 1986, т.44, с.400.
31. Бекмирзаев Р.Н., Гришин В.Г., Долейши И., Ивановская И.А., Муминов М.М., Прокопиева С.А., Трка З. Исследование множественности Π^- - мезонов, образованных в nC - и nTa - взаимодействиях при $P=4,2$ ГэВ/с - ЯФ, 1986, т.44, с.406.
32. Суванов И., Шарипова С.А., Муминов М.М., Шеркулов У.Д. Среднее число стриппинговых нейтронов, образованных в d (C_3H_8) - взаимодействиях при 1,0 и 1,7 ГэВ/нуклон. Труды СамГУ, 1986, Самарканд, с.10.
33. Муминов М.М., Бекмирзаев Р.Н. Подобие распределений по множественности вторичных отрицательных частиц, образованных в dTa , nTa -, d (C_3H_8) - и n (C_3H_8) - соударениях при импульсах 1,0 и 1,7 ГэВ/с·нуклон. Труды СамГУ, Самарканд, 1986, с.13.
34. Бекмирзаев Р.Н., Гришин В.Г., Гришина О.В., Долейши И., Ибатов Р.М., Муминов М.М., Суванов И., Трка З. Изучение образования быстрых нейтронов ($P_n \gg 1$ ГэВ/с) в pp - и $p^{12}C$ - взаимодействиях при $P_p = 4,2$ ГэВ/с. Препринт ОИЯИ, PI-87-652, Дубна, 1987.
35. Бекмирзаев Р.Н., Гришин В.Г., Долейши И., Кладнищкая Б.Н., Муминов М.М., Суванов И., Трка З. Характеристики быстрых вторичных нейтронов в pp - и $p^{12}C$ - взаимодействиях при $P=10$ ГэВ/с. Препринт ОИЯИ, PI-87-443, Дубна, 1987.
36. Бекмирзаев Р.Н., Гришин В.Г., Долейши И., Муминов М.М., Султанов М.У.,

- Тас П., Трка З. Образование быстрых нейтронов ($P_n \gg 1$ ГэВ/с) в ^{12}C - и $^{12}\text{C}^{12}\text{C}$ - взаимодействиях при 4,2 ГэВ/с на нуклон. Сообщения ОИЯИ, РИ-88-192, Дубна, 1988.
37. Бекмирзаев Р.Н., Гришина О.В., Долейши И., Муминов М.М., Султанов М.У., Тас П., Трка З. Исследование взаимодействий нейтронов с протонами и ядрами углерода при $P = 4,2$ ГэВ/с. Сообщения ОИЯИ, РИ-88-617, Дубна, 1988.
38. Бекмирзаев Р.Н., Гришин В.Г., Долейши И., Ивановская И.А., Муминов М.М., Прокопиева С.А., Трка З. Импульсные и угловые характеристики Π^- - мезонов, образованных во взаимодействиях n , p , n С- и n Та - при импульсе $P = 4,2$ ГэВ/с - ЯФ, 1988, т.47, с.1284.
39. Bekmirzaev R.N., Chubarian M.Ya., ..., Muminov M.M. et al. Study of meson characteristics in the interactions of 1.7 GeV/c deuterium with hydrogen and carbon nuclei. - Muon Catalyzed Fusion, 1988, v. 3, p. 537.
40. Бекмирзаев Р.Н., Ивановская И.А., Муминов М.М., Прокопиева С. Исследования импульсных и угловых характеристик протонов из n С- и n Та - взаимодействий при импульсе 4,2 ГэВ/с. ЯФ, 1989, т.49, с.488.
41. Бекмирзаев Р.Н., Гришин В.Г., Гришина О.В., Долейши И., Ибатов Р.М., Муминов М.М., Суванов И., Тркова Я., Трка З. Изучение образования быстрых нейтронов ($P_n \gg 1$ ГэВ/с) в pp - и $p^{12}\text{C}$ - взаимодействиях при $P_p = 4,2$ и 10 ГэВ/с. ЯФ, 1989, т.49, с.1030.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Гришин В.Г., Блиссеев С.М., Иногамова Т.Я. ЯФ, 1976, т.23, с.191-207.
2. Andersson B. et al. Phys. Reports, 1983, v.97, p. 31-275.
3. Виноградов В.Б., Кульчинский Ю.А. ОИЯИ, РИ-86-619, Дубна, 1986.
4. Гудима К.К., Тонеев В.Д. ЯФ, 1978, т.27, с.658-669.
5. Левченко Б.Б., Николаев Н.Н. ЯФ, 1983, т.37, с.1016-1029.
6. Гудима К.К. и др. ОИЯИ, Р2-10220, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 июля 1989 года.