

X-985

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1-90-256

ХУСАИНОВ  
Еркин Кадирович

УДК 539.172.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЧАСТИЦ  
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ЯДЕР С ЯДРАМИ  
ПРИ ЭНЕРГИИ 3,66 ГэВ НА НУКЛОН

Специальность: 01.04.16 - физика ядра  
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Дубна 1990

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий  
Объединенного института ядерных исследований

Научные руководители:

доктор физико-математических наук  
старший научный сотрудник

ОКОНОВ  
Эдгар Оскарович

Кандидат физико-математических наук  
научный сотрудник

НУРГОЖИН  
Ноғербек Нурмуқанович

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук  
старший научный сотрудник

ЛЮБИМОВ  
Валентин Борисович

кандидат физико-математических наук  
старший научный сотрудник

ЛЮКОВ  
Владимир Владимирович

Ведущее научно-исследовательское учреждение:  
Научно-исследовательский институт ядерной физики  
МГУ, Москва.

Защита диссертации состоится " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1990 г.  
в \_\_\_\_\_ час. на заседании Специализированного совета Д-047.01.02 при  
Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследо-  
ваний, г.Дубна Московской области, Лаборатория высоких энергий ОИЯИ,  
конференц-зал.

Автореферат разослан " \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1990 г.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ДВЭ ОИЯИ

Учёный секретарь  
Специализированного совета

*М.Ф. Лихачев*

М.Ф. Лихачев

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Ядро-ядерные взаимодействия при высоких энергиях предоставляют физикам уникальную возможность изучения ядерной материи в экстремальных условиях больших плотностей, давлений и температур. Интерес физиков-экспериментаторов к этой проблеме особенно возрос в связи с предсказаниями теории о существовании новых состояний ядерной материи (например, кварк-глюонной плазмы). Поиск таких состояний и их возможных проявлений требует детального анализа всех характеристик ядро-ядерных ( $A_p + A_t$ ) столкновений, и в особенности характеристик процессов рождения частиц. Одной из существенных характеристик ядро-ядерных взаимодействий является пространственно-временная картина процесса генерации вторичных частиц. Используемый метод интерферометрии позволяет получить информацию о размерах области испускания частиц, чрезвычайно важную для оценок критических плотностей, необходимых для перехода в кварк-глюонную плазму.

### Цель работы состояла:

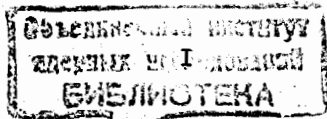
- в получении экспериментальных данных о процессах образования частиц в ядро-ядерных соударениях, в особенности при жестких критериях отбора центральных взаимодействий;
- в сравнении интегральных характеристик импульсных распределений  $\langle Pt \rangle$  для процессов пионообразования и рождения  $\Lambda$  - гиперонов в столкновениях ядер с различной степенью центральности;
- в изучении размеров области генерации  $P^-$  - мезонов методом интерферометрии.

Основные результаты диссертации, их новизна, научная ценность могут быть сформулированы в следующих положениях:

1. получены характеристики множественного образования частиц во взаимодействиях  $^{12}C + C$ ,  $^{19}F + Mg$  и  $^{24}Mg + Mg$  при энергии 3,66 А·ГэВ с использованием триггера центральных столкновений с вето-счётчиками, как для заряженных фрагментов, так и нейтронов - спектаторов налетающего ядра  $A_p$ ;

2. показано, что зависимость средней множественности  $P^-$ -мезонов от среднего числа провзаимодействовавших протонов для соударений близких по массе ядер имеет линейный характер и не зависит от степени центральности столкновений;

3. в рамках упрощенного термодинамического подхода сделана оценка температуры адронного вещества на стадии наибольшего возбуждения ( $T_0 \approx 120$  МэВ для  $^{12}C + C$  взаимодействий) по "удельной" множественности пионообразования и проведено сравнение полученной температуры с соответствующими бэвалаковскими результатами, которое указывает на



степенной рост  $T_0$  с энергией ядер вплоть до 3,66 А ГэВ ;

4. Показано, что средние поперечные импульсы  $P^-$ -мезонов не обнаруживают существенных различий для неупругих и центральных взаимодействий ядер, в то время как для  $\Lambda$ -гиперонов они возрастают с увеличением степени центральности соударений ядер;

5. Определены размеры области испускания  $P^-$ -мезонов, образованных в столкновениях ядер гелия с  $Li$ ,  $C$ ,  $Ne$ , а также в центральных взаимодействиях ядер углерода с  $Ne$ ,  $Si$ , ядер кислорода с  $Ne$ ;

6. Для центральных  $^{12}C + Si$  взаимодействий получены данные о размерах и форме области испускания  $P^-$ -мезонов из среднего интервала быстрот, т.е. из наиболее возбужденной области, для которой получено указание на вытянутость формы области испускания пионов, что отличается от полученных при энергии 200 А·ГэВ в ЦЕРН<sup>е</sup> данных, свидетельствующих об увеличении поперечных размеров.

Полученные результаты могут найти практическое применение:

- для проверки различных моделей описания ядро-ядерных взаимодействий;
- для получения информации, необходимой для расчётов критических параметров возможных фазовых переходов;
- для планирования новых экспериментов по исследованию взаимодействий ядер с ядрами при высоких энергиях, особенно при жестких критериях отбора центральных столкновений.

В диссертации защищаются сформулированные выше основные результаты и положения, более подробно изложенные в заключении.

Апробация работы и публикации. Основные результаты диссертации обсуждались на семинарах ИФВЭ АН КазССР, ЛВЭ ОИЯИ и совещаниях международного сотрудничества по исследованиям на установках СКМ-200 и ГИЭС в Дубне, Алма-Ате. Они были представлены на международных конференциях в Балатонфюреде, ВНР (1983), в Аделаиде, Австралия (1990) и содержатся в работах /I-I4/, опубликованных в журналах "Приборы и техника эксперимента", "Ядерная физика", "Письма в ЖЭТФ", "Zeitschrift für Physik", "Nuclear Physics", в препринтах, сообщениях ОИЯИ и материалах вышеупомянутых конференций.

Объём диссертации. Текст состоит из введения, четырех глав и заключения с общим объёмом 89 страниц, включая 10 таблиц и 26 рисунков. Список литературы содержит 81 наименование.

#### СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обсуждается актуальность изучения ядро-ядерных взаимодействий при высоких энергиях, сформулирована цель работы, перечислены основные положения, защищаемые автором, отмечены их новизна

и научная ценность.

В первой главе описываются методические вопросы получения и обработки экспериментальной информации. Фильмовый материал получен с помощью стримерных спектрометров СКМ-200 и ГИЭС, облученных в пучках ускоренных на синхрофазотроне ОИЯИ до энергии 3,66 А·ГэВ ядер  $Ar \equiv ^4He, ^{12}C, ^{16}O, ^{19}F, ^{20}Ne, ^{24}Mg$ . Основой обеих установок является стримерная камера размером 200 x 100 x 60 см<sup>3</sup> в магнитном поле 0,8 + 1,0 Т. Использовались твёрдые, в том числе и металлические мишени ( $Li, C, Mg, Al, Si, Cu, Zr, Pb$ ) толщиной 0,2 + 1,5 г/см<sup>2</sup>. Мишенью служил также наполняющий камеру неон. Питание стримерной камеры осуществляется системой высоковольтного питания с характеристиками: амплитуда импульса 500 кВ, длительность импульса 12 нс, задержка выходного импульса относительно запускающего 500 нс, средняя частота выходных импульсов 0,1 Гц.

Триггерная система из сцинтилляционных счётчиков, работала в двух режимах: 1) отбора неупругих<sup>\*)</sup> взаимодействий (НВ) по выбыванию ядра-снаряда  $Ar$  из пучка; 2) отбора центральных взаимодействий (ЦВ), который осуществлялся с помощью установленных за камерой антисовпадательных счётчиков, перекрывающих угол вылета  $(2 + 3)^\circ$  стриппинговых частиц - спектаторов налетающего ядра.

Отличительной особенностью постановки последних экспериментов на установке СКМ-200 и спектрометре ГИЭС является использование впервые в практике эксперимента специально разработанного триггера ЦВ с вето-счётчиками, как для заряженных фрагментов, так и нейтронов - спектаторов налетающего ядра  $Ar$  ("изотопически-симметричный" триггер).

Таким образом, использованная нами методика даёт возможность наблюдать в 4П-геометрии всю сложную картину многочастичных ядерных взаимодействий. С другой стороны, стримерная камера, являясь управляемым детектором, позволяет отбирать ЦВ с различной степенью центральности в зависимости от углов запрета ( $\Theta_{ch}$  и  $\Theta_n$ ) вылета заряженных и нейтральных фрагментов - спектаторов налетающего ядра.

\*) Термин "неупругий" чисто условный. Здесь и в дальнейшем под "неупругими" подразумевается полный невыборочный ансамбль всех взаимодействий.





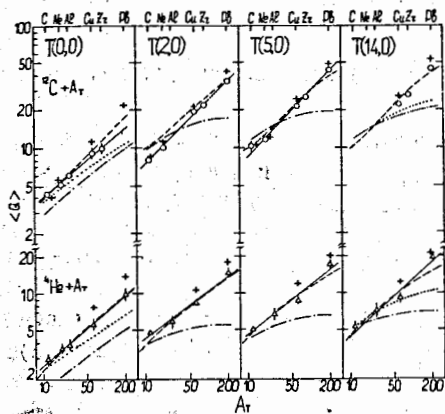


Рис.2. Зависимость от  $A_T$  среднего числа прозаимодействовавших протонов сталкивающихся ядер  $\langle Q \rangle$  в реакциях  $^{12}\text{C} + A_T$  (кружки) и  $^4\text{He} + A_T$  (треугольники) при четырех триггерах  $T(\vartheta_{ch}, \vartheta_n)$ . Сплошные прямые-аппроксимация данных зависимости  $C \cdot A_T$ . Крестики-расчет по ДКМ. Штриховые кривые-расчет по МОНВ.

Штрих-пунктирные линии-варианты расчёта по геометрической модели "твердых шариков" (МШ). Пунктирные линии-варианты расчёта по МШ: при

$T(0,0)$  геометрические сечения заменены на экспериментальные, а при  $T(14,0)$  вместо интегрирования от 0 до  $v_{гес}^{max} = \sqrt{6 \text{эксн} / 10 \text{э}}$  расчёт сделан для лобового удара -  $\beta = 0$ .

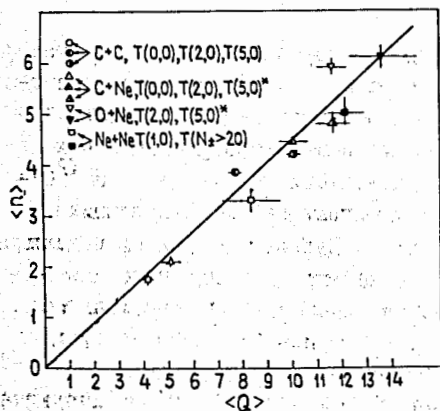


Рис.3. Зависимость средней множественности  $\Pi$ -мезонов, рожденных в неупругих и центральных ядро-ядерных взаимодействиях от среднего числа участвующих протонов  $\langle Q \rangle$ .

указывают на постоянство величины  $R = \langle n \rangle / \langle Q \rangle$  для симметричных систем от углерода до магния (усредненная по трём парам ядер (C-C, Ne-Ne, Mg-Mg)  $\langle R \rangle = 0,45 \pm 0,03$ ).

В рамках упрощенного термодинамического подхода [197] сделана оценка температуры адронного вещества на стадии наибольшего возбуждения ( $T_0 \approx 120$  МэВ для C + C взаимодействий) по "удельной" множественности пинообразования ( $\langle n_\pi \rangle / A$ ), которую можно определить как отношение среднего числа образовавшихся пионов к суммарному числу

Таблица 1

Результаты аппроксимации средней множественности прозаимодействовавших протонов сталкивающихся ядер зависимостью  $\langle Q \rangle = C \cdot A_T^{\alpha}$

$A_p + A_T$	$T(\vartheta_{ch}, \vartheta_n)$	C	$\alpha$	$\chi^2/NDF$
$^4\text{He} + A_T$	T(0,0)	$0,96 \pm 0,16$	$0,43 \pm 0,04$	0,2
	I(2,0)	$1,79 \pm 0,19$	$0,38 \pm 0,03$	1,4
	T(5,0)	$1,80 \pm 0,24$	$0,41 \pm 0,04$	1,6
	T(14,0)	$1,51 \pm 0,29$	$0,46 \pm 0,04$	2,8
$^{12}\text{C} + A_T$	T(0,0)	$1,42 \pm 0,21$	$0,43 \pm 0,04$	0,1
	T(2,0)	$2,16 \pm 0,15$	$0,52 \pm 0,02$	0,7
	T(5,0)	$2,45 \pm 0,27$	$0,53 \pm 0,03$	1,4

Таблица 2

Результаты аппроксимации средней множественности прозаимодействовавших нуклонов ядра-мишени зависимостью  $\langle \nu_T \rangle = C \cdot A_T^{\alpha}$

$A_p + A_T$	$T(\vartheta_{ch}, \vartheta_n)$	C	$\alpha$	$\chi^2/NDF$
$^4\text{He} + A_T$	T(0,0)	$0,69 \pm 0,16$	$0,63 \pm 0,06$	0,2
	T(2,0)	$1,35 \pm 0,20$	$0,58 \pm 0,04$	1,5
	T(5,0)	$1,22 \pm 0,24$	$0,63 \pm 0,05$	2,0
	T(14,0)	$0,95 \pm 0,27$	$0,70 \pm 0,06$	2,2
$^{12}\text{C} + A_T$	T(0,0)	$0,83 \pm 0,18$	$0,65 \pm 0,07$	0,1
	T(2,0)	$1,14 \pm 0,07$	$0,78 \pm 0,02$	0,6
	T(5,0)	$0,92 \pm 0,19$	$0,87 \pm 0,05$	0,3

прозаимодействовавших нуклонов сталкивающихся ядер. Сравнение полученной температуры с соответствующими бэвалаковскими результатами указывает на степенной рост  $T_0$  с энергией ядер вплоть до 3,7 А·ГэВ (см.рис.4).

На рис.5 показаны зависимости средних поперечных импульсов  $\langle p_T \rangle$  отрицательных пионов и  $\Lambda$ -гиперонов, образовавшихся в неупругих и центральных ядро-ядерных взаимодействиях, от массового числа ядра-мишени  $A_T$ . Из рис.5 видно, что если для  $\Pi^-$ -мезонов значения  $\langle p_T \rangle$  в ЦВ остаются такими же, как и в неупругих взаимодействиях

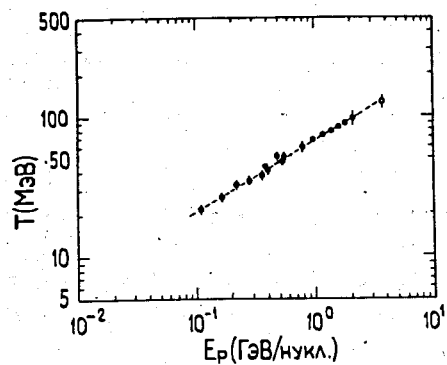


Рис. 4. Зависимость от энергии  $E_p$  температуры  $T_0$ , рассчитанная на основании экспериментальных данных по множественности пинообразования в рамках термодинамического описания /19/ ядерных взаимодействий в предположении, что средние значения плотности  $\rho \sim 2\rho_0$  при  $E_p \leq 0,4$  А·ГэВ и  $\rho = 4\rho_0$  при энергии  $E_p > 0,4$  А·ГэВ.

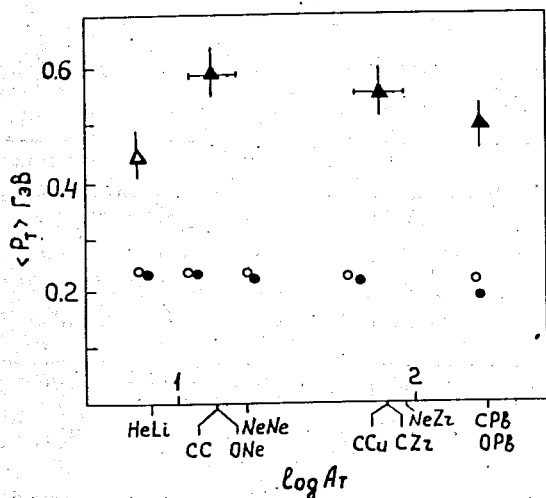


Рис. 5 Зависимость среднего значения  $\langle P_T \rangle$  для образовавшихся  $\Lambda$  - гиперонов ( $\blacktriangle$ ) и пионов (O) от массового числа ядра-мишени  $A_T$  в неупругих и центральных взаимодействиях (открытые и черные значки).

(или несколько меньшими - при больших  $A_T$ ), то для  $\Lambda$  - гиперонов средние значения поперечных импульсов оказались заметно большими в центральных соударениях, чем в неупругих как при малых, так и при больших  $A_T$ . Температура  $T_0$ , полученная в бoльшмановском приближении из соотношения между величинами  $\langle P_T \rangle$  и  $T_0$ , для  $\Pi^-$  - мезонов равна  $90 \pm 5$  МэВ, а для  $\Lambda$  - гиперонов достигает больших значений ( $\sim 150$  МэВ). Различие величин "пионных" температур, полученных таким способом и с использованием "удельной" множественности, характеризует, по-видимому разную степень возбуждения адронного вещества на различных стадиях развития процесса.

В четвертой главе представлены результаты и анализ исследования размеров и формы области испускания вторичных  $\Pi^-$  - мезонов в неупругих и центральных взаимодействиях ядер при энергии 3,66 А·ГэВ. В начале даётся краткое описание используемого для этих целей метода интерферометрии /20,21/, который позволяет получить информацию о пространственно-временных характеристиках процесса генерации частиц. Из-за недостаточной статистической обеспеченности данных для различных пар ядер в  ${}^4\text{He} + \text{At}$  неупругих взаимодействиях они были объединены в одну группу, также как и центральные взаимодействия близких по массе пар ядер  ${}^{12}\text{C} + \text{Ne}$  и  ${}^{16}\text{O} + \text{Ne}$ . Полученные в предположении сферически-симметричной формы области эмиссии значения радиуса области испускания  $\Pi^-$  - мезонов для этих групп и центральных  ${}^{12}\text{C} + \text{Cu}$  - взаимодействий оказались не отличающимися друг от друга в пределах ошибок ( $r \sim 4$  фм).

Для центральных  ${}^{12}\text{C} + \text{Cu}$  столкновений был проведен анализ продольных и поперечных размеров области генерации  $\Pi^-$  - мезонов для разных областей быстрот, как и в работе /22/. Рис.6 представляет распределение по быстротам всех  $\Pi^-$  - мезонов. Среднее значение быстроты равно  $\langle y \rangle = 0,90 \pm 0,05$ . Этому значению соответствует скорость системы центра масс ( $\beta_{CM} = 0,716$ ) в которой ядро-снаряд  ${}^{12}\text{C}$  с импульсом 4,5 ГэВ/с на нуклон сталкивается с 22 нуклонами мишени. На рис.6

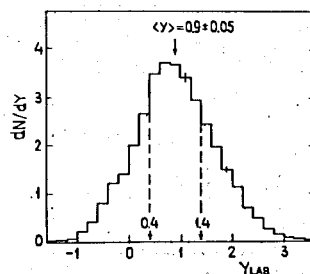


Рис.6 Быстротное распределение  $\Pi^-$  - мезонов. Стрелками выделена центральная область распределения.

формулам:

$$R(Q_T) = A(1 + \lambda_T \exp(-Q_T^2 R_T^2 / 2)) \quad (*)$$

$$R(Q_L) = A(1 + \lambda_L \exp(-Q_L^2 R_L^2 / \lambda_L)), \quad (*)$$

где  $R_T(Q_T)$  - параметр распределения, характеризующий поперечный ( продольный ) радиус области, излучающей пионы.  $A$  и  $\lambda_T$  ( $\lambda_L$ ) - свободные параметры.

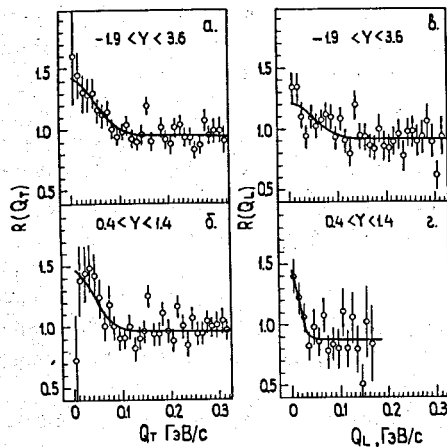


Рис.7. Экспериментальные распределения  $R(Q_T)$  и  $R(Q_L)$ . Кривые представляют результаты фитирования по формулам (\*).

дают в пределах ошибок с соответствующими значениями, полученными для центральных  $^{16}O + Au$  столкновений при 200 А·ГэВ. Что же касается

Для проверки устойчивости результатов относительно выбора интервалов распределения были построены распределения с более крупным шагом. Результаты фитирования этих распределений приведены в таблице 3. Для всего быстротного интервала продольные и поперечные размеры близки, что соответствует сферически-симметричной форме, для центральной части быстротного распределения продольные размеры больше поперечных, чему соответствует вытянутая форма области генерации пионов. Таким образом, абсолютные значения  $R_T$  и  $R_L$  области испускания пионов, взятых во всей области быстрот, совпадают

Таблица 3.

Результаты фитирования экспериментальных распределений по формулам (\*)

Интервал $Y$	Интервал $Q_T, Q_L$	$\lambda_T$	$R_T$	$\lambda_L$	$R_L$
-1,9 < Y < 3,6	10 МэВ/с	0,49 ± 0,11	4,3 ± 0,8	0,32 ± 0,08	4,1 ± 1,1
	20 МэВ/с	0,47 ± 0,11	4,3 ± 0,8	0,30 ± 0,08	3,9 ± 1,2
0,4 < Y < 1,4	10 МэВ/с	0,52 ± 0,18	4,7 ± 1,1	0,65 ± 0,19	13 ± 4
	20 МэВ/с	0,57 ± 0,18	4,9 ± 1,1	0,59 ± 0,25	15 ± 9

пионов из центрального интервала быстротного распределения, то мы получили в отличие от результатов эксперимента МА 35 указание на увеличение только продольных размеров, в то время как  $R_T$  не претерпевает изменения в пределах ошибок. Полученный результат указывает на разную природу эффектов, наблюдаемых для разных энергий налетающих ядер.

В заключении приводятся основные результаты и выводы диссертации.

1. Разработан и создан с участием автора высоковольтный генератор наносекундных импульсов (ВВГНИ), обеспечивающий питание стримерной камеры спектрометра ГИЭС высоковольтными наносекундными импульсами с параметрами: амплитуда 500 кВ, нестабильность амплитуды (0,5 + 1,5)%, длительность импульса на полувысоте 12 нс, задержка выходного импульса относительно запускающего 500 нс, нестабильность задержки (2,5 + 5)%, средняя частота выходных импульсов 0,1 Гц.

2. При участии автора с помощью установки СКМ-200 и спектрометра ГИЭС получены экспериментальные данные по взаимодействиям ядер гелия с  $Li, C, Me, Al, Cu, Pb$ ; ядер углерода с  $C, Ne, Si, Cu, Zr$ ; ядер кислорода с  $Me, Pb$ ; ядер фтора с  $Mg$ ; ядер неона с  $Ne, Zr$  и ядер магния с  $Mg$  ( всего около 25000 событий ) при энергии 3,66 ГэВ на нуклон. Разработана методика обработки снимков со стримерной камеры и организована в ИФВЭ АН Каз.ССР обработка части снимков на просмотровых столах и измерение событий на ПУОС в линии связи с БЭСМ-4.

3. Получены распределения по множественности отрицательных пионов в центральных взаимодействиях ядер углерода с  $C$ , ядер фтора с  $Mg$  и ядер магния с  $Mg$ . Рассмотрены источники возможных систематических ошибок и сделаны оценки обусловленных ими неопределенностей. Для рассматриваемых пар ядер приведены средние множественности и дисперсии распределений с ошибкой 5%.

4. Получены с точностью 5 + 20% данные о средних числах провзаимодействовавших протонов сталкивающихся ядер и нуклонов ядра-мишени в НВ  $^4He + At, ^{12}C + At$  и ЦВ  $^4He + At, ^{12}C + At, ^{19}F + Mg, ^{24}Mg + Mg$ , а также отношения средних множественностей отрицательных пионов и провзаимодействовавших протонов. Проведено сравнение полу-



ченных данных с рядом моделей ядро-ядерных взаимодействий и показано, что модели независимых нуклон-нуклонных взаимодействий удовлетворительно описывают данные по средним числам провзаимодействовавших нуклонов.

5. Рассмотрена зависимость средней множественности  $\pi^-$ -мезонов от числа протонов ( $Q$ ), участвующих в ядро-ядерных взаимодействиях при энергии 3,66 А·ГэВ и показано, что для столкновений близких по массе ядер ( $A_p \approx A_t$ ) эта зависимость как и при более низких энергиях, имеет линейный характер, что позволяет провести простую экстраполяцию для предельного случая ( $Q_{max} = Z_p + Z_t$ ). В рамках упрощенного термодинамического подхода, который достаточно хорошо описывает зависимости множественности пинообразования от энергии ядер, сделана оценка температуры адронного вещества на стадии, близкой к наибольшему возбуждению с использованием для этой цели величины выхода пионов, полученной в результате проведенной экстраполяции. Сравнение полученной температуры ( $T_0 \approx 120$  МэВ) для  $^{12}\text{C} + \text{C}$  взаимодействий с соответствующими бевалаковскими результатами указывает на степенной рост  $T_0$  с энергией ядер вплоть до 3,7 А·ГэВ. Различие температуры  $T_0$ , определенной таким способом и температуры  $T = 90 \pm 5$  МэВ, полученной в бальцмановском приближении из соотношения между величинами  $\langle R_T \rangle$  и  $T$ , характеризует разную степень возбуждения адронного вещества на различных стадиях развития процесса.

6. В результате проведенного анализа импульсных характеристик пинообразования и рождения  $\Lambda$ -гиперонов было показано, что средние поперечные импульсы  $\pi^-$ -мезонов не обнаруживают существенных различий для неупругих и центральных взаимодействий, так же как и отношения средних множественностей  $\pi^-$ -мезонов к среднему числу провзаимодействовавших протонов для пары близких по массе ядер.

В противоположность такой устойчивости свойств пионов импульсные распределения  $\Lambda$ -гиперонов заметно меняются, что приводит в частности, к увеличению среднего поперечного импульса и соответственно температуры, которая достигает (при бальцмановском спектре) больших значений ( $\sim 150$  МэВ).

7. Определены размеры области испускания отрицательных пионов, образованных в столкновениях ядер гелия с  $\text{Li}$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{Ne}$ , а также в центральных взаимодействиях ядер углерода с  $\text{Ne}$ ,  $\text{Si}$ ; ядер кислорода с  $\text{Ne}$ .

Полученные величины ( $r \sim 4$  фм) не обнаружили выходящие за пределы ошибок различия по сравнению с соответствующими результатами других экспериментов с релятивистскими ядрами меньших энергий с более жестким отбором по степени центральности взаимодействий.

Для центральных  $^{12}\text{C} + \text{Si}$  взаимодействий определены размеры и форма области испускания  $\pi^-$ -мезонов.

Показано, что в отличие от результатов эксперимента  $\text{NA 35}$  (ЦЕРН) при энергии 200 А·ГэВ при энергии 3,66 А·ГэВ не наблюдается увеличения поперечных размеров области испускания пионов из центрального интервала быстрой.

Основные результаты диссертации содержатся в опубликованных работах:

1. Aksinenko V.D., ..., Khusainov E.K. et al. Nucl. Phys., A348, p.518, 1980.
  2. Аксиненко В.Д., Хусаинов Е.К. и др. ПТЭ № 3, с.97, 1987.
  3. Аксиненко В.Д., Хусаинов Е.К. и др. СМЯИ, I3-87-773, Дубна, 1987.
  4. Abdurakhimov F., ..., Khusainov E.K. et al. Nucl. Phys., A362, p. 376, 1981.
  5. Anikina V., ..., Khusainov E.K. et al. Report EI-84-785, JINR, 1984.
  6. Anikina M., ..., Khusainov E.K. et al. Z. Phys., C25, p. I, 1984.
  7. Аникина М.Х., Хусаинов Е.К. и др. СМЯИ № I [34] - 89. Дубна, 1989.
  8. Аникина М.Х., Хусаинов Е.К. и др. Письма в ЖЭТФ, т. 36, с.270.1982.
  9. Anikina M., ..., Khusainov E.K. et al. Proc. 6-th Balaton Int. Conf. on High Energy Nuclear Physics, Balatonfured - Budapest, p.433, 1983.
  10. Аникина М.Х., Хусаинов Е.К. и др. ЯФ, т.38, с.1480. 1983.
  11. Аникина М.Х., Хусаинов Е.К. и др. СМЯИ, PI-86-477, 1986; ЯФ, т.45, с.1680, 1987.
  12. Оконов Э.О. и Хусаинов Е.К. СМЯИ, PI-88-546, Дубна, 1988.
  13. Абдурахимов А.У., ..., Хусаинов Е.К. и др. СМЯИ, PI-88-406, Дубна, 1988.
  14. Абдурахимов А.У., ..., Хусаинов Е.К. и др. СМЯИ, PI-89-272, Дубна, 1989; Proc. 21 st Int. Cosmic Ray Conf., Adelaide, Australia, v.8. p.71, 1990.
- Цитированная литература:
15. Гудима К.К. и Тонеев В.Д. ЯФ, т.37, с.658, 1978.
  16. Toneev W.D. and Gudima K.K. Nucl. Phys., A400, p.173, 1983.
  17. Варденга Г.Л., СМЯИ, I-87-651, Дубна, 1987.
  18. Gosset J. et al. Phys.Rev., C16, p.629, 1977.
  19. Hahn D. and Stocker H. Nucl. Phys., A452, p. 728, 1986.
  20. Кошлов Г.И. и Подгорецкий М.И. ЯФ, т.15, с.392, 1972; ЯФ, т.19, с.434, 1974; ЖЭТФ, т.69, с.414, 1975.
  21. Подгорецкий М.И. ЭЧАЯ, т.20, с.628, 1989.
  22. Bamberger A. et al. Phys. Lett., B203, p.320, 1988.

Рукопись поступила в издательский отдел  
9 апреля 1990 года.