

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Ш - 136

1-80-306

**ШАБРАТОВА**  
Галина Семеновна

**МНОЖЕСТВЕННОЕ РОЖДЕНИЕ ЧАСТИЦ НА ЯДРАХ  
ПРОТОНАМИ И ПИОНАМИ  
С ИМПУЛЬСАМИ 50-70 ГэВ/с,  
ДЕЙТРОНАМИ И ЯДРАМИ ГЕЛИЯ  
С ИМПУЛЬСАМИ 4,5 ГэВ/с НА НУКЛОН**

**Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика**

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

Дубна 1980

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий  
Объединённого института ядерных исследований.

Научный руководитель:  
доктор физико-математических наук ТОЛСТОВ  
старший научный сотрудник Константин Дмитриевич.

Официальные оппоненты:  
доктор физико-математических наук ВАЙСЕНБЕРГ  
старший научный сотрудник Александр Овсеевич,

доктор физико-математических наук БАРАШЕНКОВ  
старший научный сотрудник Владилен Сергеевич.

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Ленинградский  
институт ядерной физики, г. Гатчина.

Защита диссертации состоится "13" ИЮНЯ 1980 г.  
в 11 часов 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 ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан "12" МАЯ 1980 г.

Учёный секретарь *М. Ф. Лихачёв* М. Ф. Лихачёв  
Специализированного совета

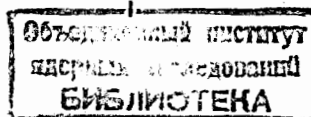
#### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Изучение процессов множественного рождения частиц на ядрах связано с решением ряда актуальных проблем современной физики. К ним относится проблема пространственно-временного развития адрон-адронного взаимодействия, которая может быть решена с помощью исследований адрон-ядерных столкновений. Здесь протяжённая ядерная среда играет уникальную роль анализатора взаимодействий адронов с нуклонами. В другом случае, при прохождении ядер через эту среду могут возникнуть условия для проявления экстремальных состояний ядерной материи и новых необычных форм её движения.

В настоящее время существует большое количество теоретических моделей, претендующих на описание взаимодействий адронов и ядер с ядрами. Естественно, что только сопоставление с экспериментальными данными позволит судить о справедливости той или иной теоретической картины.

Настоящая диссертация посвящена экспериментальному исследованию процессов множественного рождения однозарядных частиц с  $\beta > 0,7$  на группах лёгких и тяжёлых ядер эмульсии отрицательными пионами с импульсом 50, 60 ГэВ/с; протонами с импульсами 70 ГэВ/с, дейтерием и ядрами гелия с импульсами 4,5 ГэВ/с на нуклон. Экспериментальный материал был получен при облучении ядерных фотоэмульсий в адронных пучках ускорителя ИВЭ и пучках релятивистских ядер на синхрофазотроне ЛВЭ-ОИЯИ.

Основная цель работы состояла в получении экспериментальных данных для исследования вопросов множественного рождения частиц на группах лёгких и тяжёлых ядер эмульсии, как во взаимодействиях с ядром в целом, так и в столкновениях при фиксированном параметре удара. С целью выделения событий на различных группах ядер фотоэмульсионной группой ЛВЭ ОИЯИ была разработана и опробована методика с использованием ядерных фотоэмульсий



двух типов: типа БР-2 и аналогичной эмульсии с обогащением её лёгкими ядрами – водородом, углеродом и кислородом. Для исследования "центральных" столкновений протонов с тяжёлыми ядрами использовались ядерные фотоэмульсии типа БР-2 и эмульсии этого же типа с введением в них солей свинца. С целью решения проблемы разделения вторичных частиц по знакам зарядов было проведено облучение эмульсий отрицательными пионами с импульсом 50 ГэВ/с в магнитном поле напряжённостью 170 кГс. Для получения таких полей использовалась установка "Мамонт", любезно предоставленная ОИЯИ дирекцией ЦЕРНа.

Научная новизна работы заключается в исследовании проблемы не только для столкновений с ядром в целом, но и для столкновений при разных параметрах удара. Ряд результатов был получен впервые при данной энергии. К ним относятся: данные по зависимости средней множественности, угловых распределений от атомного веса ядра-мишени; результаты изучения энергетических и зарядовых характеристик ливневых частиц из взаимодействий отрицательных пионов с ядрами эмульсии; данные по сечениям неупругого взаимодействия, сечениям фрагментации на одно- и двухзарядные частицы налетающих дейтерия и ядер гелия в их столкновениях с ядрами. Результаты исследования взаимодействий отрицательных пионов с ядрами эмульсии при импульсе 50 ГэВ/с и взаимодействий ядер гелия с группами ядер при импульсе 4,5 ГэВ/с на нуклон были получены в сотрудничестве с лабораториями Алма-Аты, Варшавы, Кошице (ЧССР), Ленинграда, Москвы, Ташкента, Улан-Батора.

Практическая ценность полученных результатов состоит в их использовании для проверки теоретических представлений о процессах, приводящих к множественному рождению частиц на ядрах адронами и ядрами.

Данные об уменьшении выхода быстрых вторичных частиц с увеличением степени возбуждения ядра-мишени в области фрагментации налетающего адрона для адрон-ядерных взаимодействий, в частности для событий "центральных" столкновений, вызвали интенсивное исследование поведения инклюзивных сечений в этой области в других экспериментах. Результаты изучения ядро-ядерных взаимодействий были использованы при планировании экспериментов на стримерной камере СКМ-200 и 2-метровой пропановой камере.

Методика разделения событий на группах ядер с использованием фотоэмульсий, различающихся концентрацией составляющих их ядер, может быть использована при проведении других экспериментов.

#### Для защиты выдвигаются:

1. Методика выделения взаимодействий с различными группами ядер фотоэмульсии.
2. Способ идентификации одно- и двухзарядных фрагментов ядра-снаряда.
3. Метод выделения событий с различными параметрами столкновения налетающих объектов с ядрами.
4. Данные по сечениям неупругого взаимодействия дейтерия и ядер гелия с ядрами, сечениям их фрагментации на одно- и двухзарядные частицы, по сечениям расщипления ядра гелия на два однозарядных фрагмента.
5. Данные по средним множественностям, распределениям по множественности, инклюзивным угловым распределениям для столкновений с различными группами ядер и при разных параметрах удара.
6. Результаты исследования энергетических и зарядовых характеристик быстрых вторичных частиц для взаимодействий отрицательных пионов с ядрами эмульсии при импульсе 50 ГэВ/с.
7. Результаты анализа экспериментальных данных, их сравнения с теоретическими моделями.

Апробация работы. Результаты, представленные в диссертации, докладывались и обсуждались на семинарах Лаборатории высоких энергий Объединённого института ядерных исследований, на международных рабочих совещаниях сотрудничества по исследованию взаимодействий быстрых адронов и ядер с ядрами в ОИЯИ, были представлены на IV Международную конференцию по физике высоких энергий и структуре ядра (г.Дубна, 1971), на IV Международную конференцию по проблемам столкновений при высоких энергиях (г.Оксфорд, 1972), на II Международную конференцию по элементарным частицам (г.Экс-эн-Прованс, 1973), на VI Международный симпозиум по многочастичной динамике (г.Оксфорд, 1975), на XVIII Международную конференцию по физике высоких энергий (г.Тбилиси, 1976), на XIX Международную конференцию по физике высоких энергий (г.Токио, 1978), VIII Международную конференцию по физике высоких

энергий и структуре ядра (г. Ванкувер, 1979), опубликованы в сообщениях ОИЯИ, журналах "Ядерная физика", "Письма в ЖЭТФ", "Nuclear Physics", "Zeitschrift für Physik A", "Acta Physica Slovackia".

### Объём работы

Диссертация состоит из введения, трёх глав, основных выводов и заключения, содержит 166 страниц машинописного текста, 35 рисунков и библиографический список из 145 названий.

Содержание работы. Основные результаты, изложенные в диссертации, представлены в работах /1-13/.

Введение диссертации указывает на актуальность изучения процессов множественного рождения частиц на ядрах. В нём сформулированы задачи и способы их решения. Отмечается, что мобильность метода ядерных фотоэмульсий позволила получить первые результаты в исследовании проблемы при серпуховских энергиях для адронов и при импульсах 4,5 ГэВ/с на нуклон для лёгких ядер. Изложены достоинства методики разделения взаимодействий с различными группами ядер, метода облучения ядерных эмульсий в сильном магнитном поле.

В первой главе рассмотрены методические вопросы, связанные с поиском, измерениями, критериями отбора событий. Излагается методика выделения событий на отдельных группах ядер. Приведена статистика экспериментального материала, на котором изучались адрон-ядерные и ядро-ядерные взаимодействия.

Во второй главе проводится исследование характеристик однозарядных частиц с  $\beta > 0,7$  ( $S$  - частиц или ливневых частиц) из взаимодействий отрицательных пионов при импульсах 50, 60 ГэВ/с и протонов при импульсах 67, 69 ГэВ/с с ядрами.

В первом разделе главы даётся краткое описание ряда современных теоретических моделей.

Изложение экспериментальных результатов, их обсуждение и сравнение с теоретическими схемами начинается с доказательства того, что события полного разрушения тяжёлых ядер (событий с числом частиц от разрушения ядра-мишени больше 28 для ядер Ag, Br и больше 40 для ядер свинца) отвечают столкновениям с нулевым параметром удара - "центральным" столкновением. Так,

отношение объёма цилиндра, вырезаемого протоном при его пролете по диаметру усредненного ядра брома и серебра, ко всему объёму такого ядра равно 0,041. Экспериментальное значение доли таких событий от числа неупругих взаимодействий равно  $0,030 \pm 0,008$ .

В исследовании характеристик по множественности получены данные по средним множественностям  $\langle n_s \rangle$ , дисперсиям распределений  $D_s = \sqrt{\langle n_s^2 \rangle - \langle n_s \rangle^2}$ , коэффициентам асимметрии  $\gamma_s = (\langle n_s^3 \rangle - 3\langle n_s \rangle \langle n_s^2 \rangle) / D_s^3$  (табл. I).

Рост числа ливневых частиц связан как с увеличением массы налетающего адрона, так и с увеличением длины пути, проходимого адронами в ядерном веществе.

При аппроксимации среднего числа этих частиц в виде зависимости  $\langle n_s \rangle \sim A_M^{\alpha_M}$ , где  $A_M$  - атомный вес ядра-мишени,  $\alpha_M^{\pi} = 0,09 \pm 0,02$ ,  $\alpha_M^p = 0,18 \pm 0,09$ . Различие в показателях  $\alpha_M^{\pi}$  и  $\alpha_M^p$  может быть объяснено различием сечений неупругого взаимодействия пионов и протонов с нуклонами и ядрами. Для "центральных" столкновений  $\alpha_M^{\text{центр}} = 0,11 \pm 0,09$ , что в пределах ошибок близко  $\alpha_M^p$ . Увеличение атомного веса ядра-мишени и длины пути, проходимого адронами в ядре, приводит к расширению распределений по множественности. При этом распределение для "центральных" столкновений оказывается уже распределением для "средних" взаимодействий - взаимодействий с ядром как целым.

Рассматриваются корреляции между характеристиками ливневых частиц по множественности и степени разрушения ядра-мишени, т.е. числом сильно ионизирующих частиц ( $h$  - частиц). Отмечается совпадение корреляций  $R = \langle n_s \rangle / \langle n_{ch} \rangle = f(N_h)$  при столкновении с ядрами C, N, O пионов и протонов ( $\langle n_{ch} \rangle$  - среднее число заряженных частиц из взаимодействий этих адронов с протонами). Для взаимодействий с ядрами брома и серебра эти корреляции различны. Так, если  $R = B + C N_h$ , то для взаимодействий пионов и протонов с этими ядрами получаем

$$\begin{aligned} B_{p-Br, Ag} &= 0,85 \pm 0,08; & C_{p-Br, Ag} &= 0,098 \pm 0,009; \\ B_{\pi-Br, Ag} &= 1,15 \pm 0,09; & C_{\pi-Br, Ag} &= 0,048 \pm 0,004. \end{aligned}$$

Исследование инклюзивных распределений по квазибыстроте  $p = -\ln \text{tg } \Theta/2$  показало, что увеличение атомного веса ядра-мишени и длины пути, проходимого адроном в ядре, смещает

ТАБЛИЦА I

значения средних множественностей, дисперсии, коэффициентов асимметрии

Ядро - мишень	пион, 60 ГэВ/с		протон, 67, 69 ГэВ/с	
	$\langle n_s \rangle$	$\sigma_s$	$\langle n_s \rangle$	$\sigma_s$
$\langle A \rangle = 14$	7,4±0,2	3,9±0,2	0,7±0,2	1,9±0,1
$\langle A \rangle = 95$	8,9±0,3	5,3±0,2	1,0±0,2	1,7±0,1
"центральные" (Br, Ag, Pb)	20,5±0,7	7,3±0,5	0,4±0,3	2,8±0,2

центр распределения в область меньших значений квазибыстрот (больших углов вылета). Ширина распределений в пределах ошибок не зависит ни от массы налетающего адрона, ни от атомного веса ядра-мишени в случае "средних" взаимодействий. Для "центральных" столкновений распределение по квазибыстроте оказывается много уже распределений для "средних" взаимодействий (табл.2).

Таблица 2

Значения средних квазибыстрот и стандартных отклонений для взаимодействий пионов и протонов с ядрами

Ядро-мишень	Пион		Протон	
	$\langle \eta \rangle$	$\sigma_\eta$	$\langle \eta \rangle$	$\sigma_\eta$
C, N, O	2,72±0,04	1,36±0,02	2,53±0,04	1,35±0,02
Br, Ag	2,09±0,04	1,34±0,02	2,24±0,04	1,34±0,02
"центральные"			1,76±0,02	1,18±0,01

Показано, что изменение формы инклюзивных спектров с изменением атомного веса ядра-мишени различно для разных интервалов квазибыстрот. При параметризации  $(\frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{d\eta})_{p, Br, Ag} / (\frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{d\eta})_{p, C, N, O} \sim A^{\alpha_M}$

значения показателей степени  $\alpha_M$  для интервалов  $\eta > 3,6$ ;  $1,5 < \eta < 3,6$ ;  $\eta < 1,5$  (что соответствует условиям  $x = \rho^{с.ч.м.} / \rho_{макс}^{с.ч.м.} > 0,1; -0,1 < x^{с.ч.м.} < 0,1$ ;  $x^{с.ч.м.} \leq -0,1$ ) равны соответственно  $0,01 \pm 0,07$ ;  $0,28 \pm 0,07$ ;  $0,36 \pm 0,07$ . Поведение спектра в области  $\eta > 3,6$  для "центральных" столкновений показано на рис. I.

Исследовано отношение инклюзивных спектров по квазибыстроте для взаимодействий пионов и протонов с ядрами  $Z \pi / p$ . Показано, что для столкновений с ядрами брома и серебра  $Z \pi / p$  близко к 1 при  $\eta < 1,4$  и равно  $0,8 \pm 0,1$  при  $1,4 < \eta < 3,0$ .

Рассмотрено поведение зарядовых и энергетических характеристик ливневых частиц на материале облучения ядерных фотоэмульсий отрицательными пионами с импульсом 50 ГэВ/с в сильном магнитном поле напряжённостью 170 кГс.

Проведено сравнение экспериментальных результатов с расчётами по ряду теоретических моделей и показано, что в лучшей степени экспериментальным данным отвечают предсказания моделей аддитивных кварков.

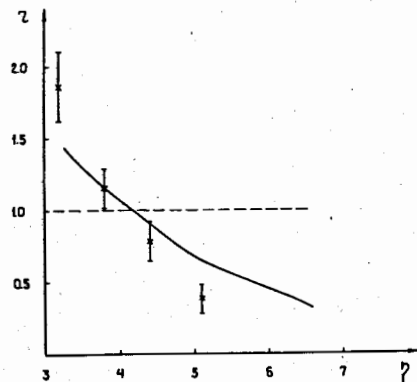


Рис.1. Отношение  $\tau = \left(\frac{I}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{центр.}} / \left(\frac{I}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{p-p}$

в области  $\rho > 3,6$ . Сплошная кривая - расчет по партонной модели.

В третьей главе рассмотрены столкновения дейтронов и ядер гелия с группами ядер H, C, O и Br, Ag. В начале главы кратко излагаются основные положения ряда теоретических моделей.

Экспериментальная часть начинается с обоснования критериев выделения одно- и двухзарядных частиц при фрагментации ядра-снаряда на основе угловых распределений и распределений по  $p\beta$  для этих частиц. Определяется среднее число провзаимодействовавших нуклонов ядра-снаряда для событий с  $Z = 0; 1; 2$  (где  $Z$  - суммарный заряд, уносимый частицами-фрагментами).

Определяются сечения неупругого взаимодействия дейтерия и ядер гелия с ядрами, входящими в состав эмульсии; сечения фрагментации налетающих ядер на одно- и двухзарядные фрагменты; сечения расщепления ядра гелия на два однозарядных фрагмента. На рис. 2 представлены полученные сечения неупругого взаимодействия.

Прямая - результат фитирования  $\sigma_{in} = \pi \tau_0^2 (A_C^{1/2} + A_M^{1/2} - B)^2$ , где  $\tau_0 = 1,48 \pm 0,03$ ,  $B = 1,32 \pm 0,05$ .  $A_C, A_M$  - атомные веса ядра-снаряда и ядра-мишени.

Исследованы характеристики по множественности. Данные по зависимости средней множественности ливневых частиц от атомных весов ядра-снаряда и мишени даны в табл.3, где  $\alpha_C$  -

показатель степени при  $A_C$  с фиксированным значением  $A_M$ ,  $\alpha_M$  - показатель степени при  $A_M$  с фиксированием  $A_C$ .

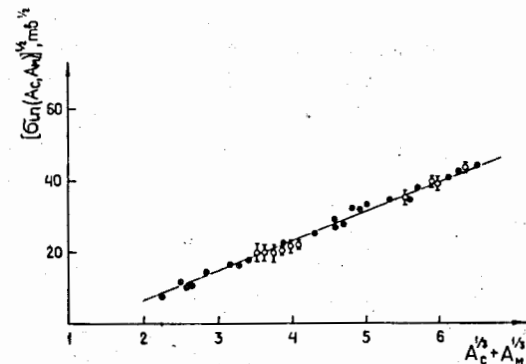


Рис.2. Сечения неупругого взаимодействия ядер с ядрами. Зачерненные кружки - данные других групп, полые - наши данные.

Таблица 3

Зависимость  $\langle n_s \rangle$  от  $A_C$  и  $A_M$

Дейтрон	$\alpha_M$			$\alpha_C$	
	ядро гелия			H, C, O	Br, Ag
	Все	$Z = 0$	$Z = 1$	$Z = 2$	
	$0,13 \pm 0,08$	$0,16 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,03$	$0,08 \pm 0,02$	$0,2 \pm 0,1$
				$0,5 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,2$

Изучение дисперсий распределений показало, что распределения для "средних" взаимодействий оказываются шире распределений для столкновений протонов с протонами. Зависимость  $\mathcal{D}_s = f(\langle n_s \rangle)$  для взаимодействий ядер гелия с ядрами при различных параметрах удара, когда  $Z = 0; 1; 2$ , отлична от зависимости для "средних" столкновений и протон-протонных взаимодействий. Параметр наклона первой зависимости  $B = 0,25 \pm 0,03$ , а двух последних ( $Z = 0; 1; 2$ )  $B = 0,58 \pm 0,01$ .

Исследованы инклюзивные угловые распределения по  $\cos \theta$  и псевдобистроте  $\rho$ . Показано, что увеличение атомного веса ядра-мишени приводит к смещению центров распределений в область больших значений  $\theta$  и некоторому расширению распределений. Изменение параметра столкновения практически не влияет на средние значения и ширину распределений. Увеличение атомного веса ядра-снаряда приводит к большей коллимации вылета ливневых частиц. Так, число частиц, вылетающих в переднюю полусферу в лабораторной системе, пропорционально  $A_C^{0,8 \pm 0,2}$ .

Показано, что поведение распределений по  $\rho$  как функции атомного веса ядра-мишени подобно поведению аналогичных распределений для взаимодействий протонов с ядрами при импульсе 69 ГэВ/с. Показатели  $\alpha_M$  в областях  $\rho > 1,4$ ;  $0,8 < \rho < 1,4$ ;  $\rho < 0,8$  ( $x_{с.ч.м.} > 0,1$ ;  $-0,1 < x_{с.ч.м.} < 0,1$ ;  $x_{с.ч.м.} < -0,1$ ) равны соответственно  $-0,02 \pm 0,06$ ;  $0,33 \pm 0,09$ ;  $0,43 \pm 0,09$  для взаимодействий ядер гелия с ядрами.

Сопоставление полученных результатов с теоретическими моделями показало, что ядро-ядерные взаимодействия можно успешно трактовать в рамках каскадно-испарительной модели и моделей глауберовского типа.

#### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Разработана методика выделения взаимодействий на группах лёгких и тяжёлых ядер с использованием фотоэмульсий, различающихся концентрацией составляющих их ядер.

2. Показано, что средние множественности однозарядных частиц с  $\beta > 0,7$  слабо зависят от атомного веса ядра-мишени. При аппроксимации  $\langle n_s \rangle \sim A_M^{\alpha_M}$   $\alpha_M = 0,09 \pm 0,02$ ;  $0,18 \pm 0,03$ ;  $0,13 \pm 0,08$ ;  $0,16 \pm 0,02$  для пионов, протонов, дейтронов и ядер гелия соответственно. Различие в  $\langle n_s \rangle$  для пионов и протонов связано с меньшими сечениями взаимодействия пионов с протонами и ядрами.

3. Отмечено, что распределения по числу ливневых частиц для всех столкновений пионов, протонов и ядер гелия с ядрами, а также распределения для взаимодействий при фиксированных параметрах удара отличаются от пуассоновских. Эти распределения шире распределений для взаимодействий адронов с нуклонами. В случае "центральных" столкновений распределения оказываются уже распределений для всех взаимодействий.

4. Показано, что корреляции между средним числом быстрых частиц и степенью разрушения ядра-мишени при столкновении протонов и пионов с ядрами C, N, O оказываются одинаковыми. Для взаимодействий протонов с ядрами Br, Ag среднее число быстрых частиц растёт быстрее с увеличением степени возбуждения ядра, чем в случае взаимодействия пионов с этими ядрами.

5. Отмечено, что инклюзивные спектры по квазибистроте для ливневых частиц как функции атомного веса ядра-мишени в столкновениях адронов и ядер с ядрами ведут себя подобным образом. При аппроксимации этой зависимости степенной функцией показатель степени с ростом квазибистроты уменьшается от значения, равного  $\sim 1/3$ , до отрицательных значений. В области квазибистрот от 1,4 до 3,0 отношение инклюзивных спектров для столкновений пионов и протонов с ядрами серебра и брома равно  $0,8 \pm 0,1$ .

6. Показано, что в столкновениях отрицательных пионов с ядрами увеличение их атомного веса приводит к увеличению избытка положительного заряда за счёт вылета быстрых положительных частиц в заднюю полусферу с.ч.м. пцион-нуклон.

Число отрицательных пионов с импульсом  $\rho > 0,5 \rho_0$  падает пропорционально  $A_M^{-(0,23 \pm 0,08)}$ .

7. Замечено, что полный коэффициент неупругости при взаимодействии отрицательных пионов с ядрами слабо растёт с ростом веса ядра-мишени  $A_M^{0,05 \pm 0,01}$ .

8. Получены сечения неупругих столкновений дейтронов и ядер He<sup>4</sup> с ядрами, которые хорошо аппроксимируются зависимостью

$$\sigma_{in} = \pi z_0^2 (A_C^{1/3} + A_M^{1/3} - B)^2,$$

где  $z_0 = 1,48 \pm 0,03$  Фн;  $B = 1,32 \pm 0,05$ .

9. Показано, что сечения фрагментации дейтронов и ядер гелия на частицы с зарядом 1 и 2 зависят от атомного веса ядра-мишени как  $A_M^{2/3}$ , а сечение расщепления ядра He<sup>4</sup> на два изотопа водорода пропорционально  $A_M$ .

10. Проведено сопоставление с существующими теоретическими моделями взаимодействий адронов и ядер с ядрами. Показано, что основная часть результатов по рождению быстрых адронов на ядрах адронами хорошо описывается моделями аддитивных кварков.

Столкновения ядер с ядрами описываются каскадно-испарительной моделью и моделями глауберовского типа.

Результаты диссертации опубликованы в работах

1. N.Dalkhazhav, G.S.Shabratova et.al.  
Nucl. Phys., A222 (1974) 614 .
2. K.M.Abdo, N.Dalkhazhav, R.A.Khoshmukhamedov,  
G.S.Shabratova, K.D.Tolstov.  
JINR, E1-7548, Dubna (1973) .
3. K.M.Abdo, N.Dalkhazhav, R.A.Khoshmukhamedov,  
G.S.Shabratova, K.D.Tolstov.  
Proc. of II<sup>nd</sup> Intern. Conf. on Elementary Particles,  
Aix-en-Provence (1973).
4. K.M.Abdo, N.Dalkhazhav, R.A.Khoshmukhamedov, J.A.Salomov,  
G.S.Shabratova, K.D.Tolstov.  
JINR, E1-8021, Dubna (1974) .
5. К.Д.Толстов, ..., Г.С.Шабратова и др.  
ОИЯИ, Р1-8313, Дубна (1974).
6. Дж.А.Саломов, ..., Г.С.Шабратова и др.  
ОИЯИ, Р1-9217, Дубна (1975); Письма ЖЭТФ, 22 (1975), 56 .
7. Бокова Л.Н., ..., Шабратова Г.С. и др.  
ОИЯИ, Р1-9364, Дубна (1975).
8. В.Г.Воинов, А.Ш.Гайтинов, ..., Г.С.Шабратова и др.  
Препринт ФИАН 106, Москва (1976); ЯФ, 25 (1977), 1003.
9. В.Г.Воинов, А.Ш.Гайтинов, ..., Г.С.Шабратова и др.  
Препринт ФИАН 159, Москва (1976); ЯФ, 26 (1977), 1237.
10. Б.П.Банник, Р.Ибатов, ..., Г.С.Шабратова и др.  
ОИЯИ, Р1-10762, Дубна (1977); Zeitsch. für Phys. A  
284 (1978), 283.
11. Дж.А.Саломов, К.Д.Толстов, Г.С.Шабратова, А.Эль-Наги.  
ОИЯИ, Р1-10724, Дубна (1977); ЯФ 27 (1978), 1008.
12. Shabratova G.S., Tolstov K.D., et.al.  
Acta Phys.Slov., 28 (1978) 132.
13. Г.С.Шабратова. ОИЯИ, Р1-12869, Дубна (1979).  
Рукопись поступила в издательский отдел  
21 апреля 1980 года.