

Центральная библиотека ОИЯИ – 3 экз.



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

1-99-147

На правах рукописи  
УДК 539.171.1; 539.172.17

С-896

СУЛЕЙМАНОВ  
Маис Кязим оглы

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РЕЛЯТИВИСТСКИХ  
АДРОН-ЯДЕРНЫХ И ЯДРО-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ  
С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ РАЗРУШЕНИЯ ЯДЕР**

Специальность: 01.04.16 — физика ядра и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
доктора физико-математических наук

Дубна 1999

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

Научный консультант доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Водопьянов Александр Сергеевич.

### Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, профессор	Зиновьев Геннадий Михайлович
доктор физико-математических наук, профессор	Хубуа Джемал Иванович
доктор физико-математических наук, профессор	Панебратцев Юрий Анатолиевич

Ведущее научно-исследовательское учреждение:  
Научно-исследовательский институт ядерной физики Московского государственного университета

Защита диссертации состоится " 24 " 06 " 1999 года в " 15 " часов на заседании диссертационного совета Д-047.01.02 в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан " 20 " 05 " 1999 года

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор физико-математических наук,  
профессор

*М.Ф.Лихачев*

М.Ф.Лихачев

### Актуальность проблемы.

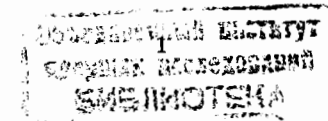
В начале 1970-го года в Лаборатории Высоких Энергий (ЛВЭ) Объединенного Института Ядерных Исследований (ОИЯИ) под руководством академика А.М. Балдина на синхрофазотроне были получены пучки релятивистских ядер. С этого времени в ОИЯИ начались систематические исследования в области релятивистской ядерной физики [1] и были получены первые результаты по ядерному кумулятивному эффекту [2].

В настоящее время для продолжения и расширения исследований в области физики релятивистских ядер в ЛВЭ введен в строй, созданный на основе сверхпроводящих магнитов, новый ускоритель Нуклотрон [3].

Пучки ультра-релятивистских ядер получены на ускорителях АGS-БНЛ (США) и SPS-ЦЕРН (Швейцария) с энергиями 10,6 А ГэВ и 160 А ГэВ соответственно. Проводятся работы по созданию новых ядерных коллайдеров RHIC-БНЛ (США) и LHC-ЦЕРН (Швейцария) на энергию в несколько ТэВ.

Одно из важнейших направлений исследований на существующих и строящихся ускорителях в области релятивистской ядерной физики является возможность получения ответа на вопрос о роли кварк-глюонных степеней свободы в ядрах [1] и о существовании нового состояния ядерной материи - кварк-глюонной плазмы [4].

Считается, что для возникновения новых состояний ядерного вещества наилучшими условиями являются ядро-ядерные столкновения при релятивистских энергиях с максимальным количеством нуклонов-участников во взаимодействии, или события, характеризующиеся центральными столкновениями взаимодействующих ядер. Для выделения таких событий рассматривают либо ядро-ядерные реакции с максимальной множественностью всех вторичных протонов (и легких фрагментов), либо реакции с полным развалом ядер [5]-[15],[A7] или события с минимальным потоком энергии вторичных частиц, вылетающих под углом ноль градусов в системе покоя мишени (центральные столкновения) [16]- [28]. В первом случае, в качестве меры разрушения ядер, используется количество протонов (и лёгких фрагментов), образующихся при взаимодействии, а во втором - измеряется



суммарная энергия вторичных частиц, вылетающих под углом ноль градусов.

В настоящее время в качестве основного триггера для выделения центральных столкновений используется именно условие минимальности потока энергии частиц под "нулевым" углом. Однако это условие может оказаться недостаточным для детектирования сигнала от новых состояний ядерного вещества. Поэтому для наблюдения этих сигналов необходимо использовать дополнительные условия. Такие условия, по нашему мнению, можно получить при исследовании процессов полного развала ядер во взаимодействиях релятивистских ядер [5]-[15],[A7]. В этой связи, одной из основных задач настоящей диссертационной работы является всестороннее экспериментальное исследование свойств реакций с полным развалом ядра углерода и установление связи этих реакций с другими процессами.

Изучение процессов полного разрушения ядер было начато профессором К.Д. Толстовым и его группой в ЛВЭ ОИЯИ с помощью методики ядерных фотоэмульсий [5].

Интерес к таким процессам связан со следующим:

1. Эти реакции относятся к случаям максимального возбуждения ядра с участием большого числа внутриядерных нуклонов, когда могут "раскрыться" многие степени свободы ядерного вещества, в том числе, и не нуклонные. В этих процессах могут проявляться коллективные свойства ядерной материи, а при больших плотностях – возможны проявления таких эффектов нового состояния адронной материи как кварк-глюонная плазма и генерация ядерных ударных волн.

2. Результаты исследований свойств процессов полного разрушения ядер при высоких энергиях могут быть использованы при создании модели деконфаймента адронной материи при ультра-релятивистских энергиях.

3. Процессы полного разрушения тяжелых ядер могут быть мощным источником нейтронов, необходимых для экспериментов, проводимых с целью создания электроядерных энергетических установок.

Наилучшим условием для изучения реакций с полным развалом ядер являются экспериментальные установки с  $4\pi$  геометрией. Такие условия достигаются при использовании ядерной фотоэмульсии, пузырьковых или стримерных искровых камер. С помощью этих установок уже получен большой объем экспериментального материала

как о множественности вторичных частиц, так и о разного рода корреляциях между ними. Однако эти приборы не позволяют достичь необходимых точностей в идентификации частиц и измерений их кинематических параметров, а также получить статистический материал, достаточный для однозначной интерпретации событий. Создаваемые в настоящее время электронные установки с почти  $4\pi$  геометрией измерения, такие как "ALICE" [29] на пучках LHC, "STAR" [30] на пучках RHIC, "СФЕРА" [31] на пучках Нуклотрона позволят получать информацию о множественных процессах с гораздо более высокой точностью идентификации и измерения кинематических характеристик частиц при достаточно большом объеме статистического материала. А это приведет к реальной возможности получения и анализа наиболее полной информации о свойствах отдельных событий.

Исследование процессов полного развала ядер в экспериментах с ядрами фотоэмульсии [5]-[12] привело к выводу о том, что реакции с полным развалом ядра-мишени, по-видимому, являются событиями, находящимися на "хвосте" распределения по числу зарегистрированных фрагментов ядра мишени, и не требуют каких-либо предположений об их особом механизме.

На наш взгляд, указанные выше выводы, в значительной мере, связаны с методическими трудностями фотоэмульсионных экспериментов, не позволяющими увидеть полную картину этих процессов.

Учитывая научную и практическую важность реакций с полным развалом ядра, мы изучали эти процессы в новом подходе. Этот новый подход заключается в следующем:

а) в расширении методических возможностей эксперимента. Мы используем экспериментальный материал, полученный при обработке стереофотоснимков с 2-х метровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ. Конструктивные особенности пузырьковой камеры и условия проведения эксперимента позволяют в условиях  $4\pi$ -геометрии регистрировать практически все вторичные частицы и определять их энергетические характеристики, а также заряды и множественность всех вторичных протонов события. Отметим, что применение камерной методики и определение множественности всех вторичных протонов для изучения процессов полного развала ядер делается впервые.

б) в разработке нового критерия выделения реакций с полным раз-

валом ядра-мишени. Критерий основан на установлении факта, что когда число испущенных во время столкновения ядер протонов ( $Q$ ) достигает некоторого критического значения  $Q^*$ , то происходит смена режима в поведении свойств основных характеристик вторичных частиц в зависимости от  $Q$ . Предполагается, что эта смена режима соответствует переходу от основного состояния к качественно новому состоянию ядерной материи, характерной чертой которого является полный развал ядер. Поэтому, в качестве нового критерия отбора реакций с полным развалом ядер предлагается использовать условие

$$Q \geq Q^*. \quad (1)$$

Экспериментально новый подход к анализу реакций полного развала ядер реализуется путем изучения поведения разных характеристик вторичных частиц, испущенных в ядро-ядерных взаимодействиях, в зависимости от степени разрушения ядер. В качестве меры степени разрушения используется величина  $Q$ . Результаты, приведенные в наших работах [A22]-[A28], подтверждают основное предположение о существовании некоторого граничного значения  $Q^*$ , при превышении которого происходит полный развал ядер. Мы полагаем, что при наших энергиях подобная смена режимов может быть связана с проявлением ненуклонных и кварковых степеней свободы.

Исследования, описанные в диссертации, начаты с анализа взаимодействий  $\pi$ - мезонов с ядрами углерода, которые дают уникальную возможность для формулировки критериев выделения реакций с полным развалом ядер и для изучения свойств их характеристик, поскольку налетающий адрон - снаряд не имеет барионного заряда и все зарегистрированные в событии протоны являются только нуклонами ядра-мишени.

#### Цель работы:

- получение новых экспериментальных данных о характеристиках адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействий при высоких энергиях в зависимости от степени разрушения ядер-мишеней;
- выработка единого критерия для отбора событий с полным развалом ядер в адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях;
- выявление особенностей событий с полным развалом ядер;

- определение степени влияния центральности столкновений ядер на процессы полного разрушения ядер в ядро-ядерных столкновениях.

#### Научная новизна работы.

1. Впервые детально исследованы свойства адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействий при релятивистских энергиях в зависимости от степени разрушения ядер-мишеней углерода и тантала с использованием пучков:  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 40 ГэВ/с на ускорителе ИФВЭ (Серпухов), а также протонов, ядер  $d$ ,  ${}^4\text{He}$  и  ${}^{12}\text{C}$  с импульсом 4,2 А ГэВ/с на нуклон на синхрофазатроне ОИ-ЯИ (Дубна).
2. Впервые в качестве критериев выделения реакций с полным разрушением ядер использовалась множественность всех вторичных протонов, образованных в адрон-ядерных и ядро-ядерных столкновениях.
3. Впервые установлено, что в зависимости основных характеристик неупругих взаимодействий:  $\pi^-{}^{12}\text{C}$  при 40 ГэВ/с;  $p\text{C}$ ,  $d\text{C}$ ,  ${}^4\text{HeC}$  и  ${}^{12}\text{CC}$  при 4,2 А ГэВ/с от множественности всех вторичных протонов  $Q$  существует некоторое граничное значение  $Q^*$ , выше которого происходит смена режима в поведении их свойств и, что условие  $Q \geq Q^*$  является необходимым и достаточным критерием для отбора реакций с полным развалом ядер-мишеней.
4. Впервые выполнен анализ зависимости от  $Q$  обратных наклонов ( $T_i$ ) инвариантных инклюзивных спектров протонов и  $\pi^-$ -мезонов в указанных в п. 3 взаимодействиях и получено, что для  $\pi^-$ -мезонов при увеличении степени разрушения ядер до точки смены режима ( $Q^*$ ) значения  $T_i$  уменьшаются и достигают минимального значения; в области  $Q \geq Q^*$  значения  $T_i$  перестают уменьшаться для  ${}^4\text{HeC}$  взаимодействий, а в случае  ${}^{12}\text{CC}$  взаимодействий резко возрастают с ростом  $Q$ .
5. На основе детального анализа кинематических характеристик протонов, испущенных в событиях с полным развалом ядер, впервые показано, что средние импульсы протонов уменьшаются за счет подавления лидирующего эффекта и увеличения диссипации

энергии; средние скорости уменьшаются за счет увеличения доли нуклонов ядра мишени, а средние порядки кумулятивности увеличиваются.

6. Впервые изучены зависимости значений одночастичных корреляционных функций  $R$  от величины  $Q$ , т.е. от степени разрушения ядер в  $\pi^{-12}C$ - (при импульсе 40 ГэВ/с),  $pC$ -,  $dC$ -,  ${}^4HeC$ - и  ${}^{12}CC$ - взаимодействиях (при импульсах 4,2 А ГэВ/с) для  $\pi^-$ -мезонов и протонов. Обнаружено, что зависимость корреляционных функций  $R$  от  $Q$  имеет место при условии наличия в них переменной  $p_t$ ; они являются слабыми ( $R < 0.3$ ) корреляциями и имеют нелинейный характер. Обнаружено также сильное изменение как формы зависимости  $|R|$  от степени разрушения ядер, так и значений  $|R|$  от массы ядра-снаряда.

Установлено, что с увеличением массы ядра-снаряда значения функций  $R$  уменьшаются (т.е. корреляции слабеют) и в случае  ${}^{12}CC$ - взаимодействий становятся минимальными. При этом одновременно с ослаблением корреляций в области больших  $Q$  (в области полного развала ядер) изменяется и характер зависимости  $|R|$  от  $Q$ . Так, обнаружено, что для  $pC$ -,  $dC$ - взаимодействий эта зависимость имеет характер линии с "изломом", для  ${}^4HeC$ - взаимодействий - "ступенчатую" форму, а для  ${}^{12}CC$ - взаимодействий - "зигзагообразную" форму.

7. Впервые установлено существование связи центральных столкновений с реакциями полного развала ядра в  $pC$ ,  $dC$ ,  ${}^4HeC$  и  ${}^{12}CC$ - взаимодействиях.

#### Научная и практическая значимость.

Результаты, полученные в настоящей диссертации, являются установленными научными фактами, которые могут быть использованы при планировании новых экспериментов на таких установках как "ALICE" [29] на пучках LHC, "STAR" [30] на пучках RHIC, "СФЕРА" [31] на пучках Нуклотрона и т.д. Обнаруженная связь процессов с полным развалом ядер и центральными столкновениями может иметь важное значение для создания эффективных триггеров на указанных установках при поиске новых состояний ядерного вещества. Эти результа-

ты имеют также важное значение для теоретического рассмотрения механизма процессов полного развала ядер.

Процессы полного разрушения ядер имеют важное прикладное значение, т.к являются мощными источниками нейтронов, что необходимо в экспериментах, проводимых с целью создания электроядерных энергетических установок.

#### На защиту выдвигаются следующие результаты:

1. Исследование свойств адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействий при релятивистских энергиях в зависимости от степени разрушения ядер-мишени впервые проведены новой методикой с использованием уникального экспериментального материала, полученного при участии автора диссертации с помощью 2м пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ. При этом, информация о свойствах различных процессов проводилась в одних и тех же экспериментальных условиях с использованием пучков:  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 40 ГэВ/с на ускорителе ИФВЭ (Серпухов), а также - протонов, ядер  $d$ ,  ${}^4He$  и  ${}^{12}C$  с импульсом 4,2 А ГэВ/с на нуклон на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ (Дубна).
2. Обнаружено, что в зависимости основных характеристик адрон-ядерных и ядро-ядерных столкновений от множественности всех вторичных протонов  $Q$  существует некоторое граничное значение  $Q^*$ , выше которого происходит смена режима в поведении их свойств. Впервые детально исследованы свойства характеристик столкновений в областях  $Q < Q^*$  и  $Q \geq Q^*$  и сделан вывод, что условие  $Q \geq Q^*$  является необходимым и достаточным критерием для выделения реакций с полным развалом ядер-мишеней.
3. Установлено, что в неупругих взаимодействиях  $\pi^{-12}C$  (при 40 ГэВ/с),  $pC$ ,  $dC$ ,  ${}^4HeC$  и  ${}^{12}CC$  (при 4,2 А ГэВ/с), с ростом массы налетающего снаряда при неизменной массе ядра-мишени граничное значение  $Q^*$  смещается в сторону больших значений по  $Q$ .
4. На основе анализа характера поведения инвариантных инклюзивных спектров протонов и  $\pi^-$ -мезонов, образованных в указан-

ных в п. 3 взаимодействий, в зависимости от  $Q$  впервые обнаружены следующие закономерности:

- существование двух источников излучения вторичных частиц, характеризующихся разными значениями параметров наклона инвариантных инклюзивных спектров ( $b_1 = \frac{1}{T_1}$ ) и ( $b_2 = \frac{1}{T_2}$ ). При этом низкоэнергетическая часть спектров протонов (характеризуемая кинетической энергией в лабораторной системе координат (л.с.к.)  $T_1$ ) связана, в основном, с испарительными процессами, а высокоэнергетическая часть спектра (характеризуемая кинетической энергией в л.с.к.  $T_2$ ) с другими процессами;

- значения величины  $T_2$  резко возрастает с ростом массы налетающего ядра;

- в области  $Q < Q^*$  характер поведения величины  $T_2$  для протонов не зависит от значения величины  $Q$ , но в области  $Q \geq Q^*$  появляется резкая зависимость значения  $T_2$  от  $Q$ . В этой области значения  $T_2$  уменьшаются с ростом  $Q$ . Такое поведение связано с уменьшением примеси лидирующих (стриппинговых) фрагментов среди рассматриваемых протонов;

- в области  $Q < Q^*$  значения  $T_1$  и  $T_2$  для  $\pi^-$ -мезонов уменьшаются и достигают некоторого минимального значения, а в области  $Q \geq Q^*$  значения  $T_1$  и  $T_2$  перестают уменьшаться в случае  ${}^4\text{HeC}$ -взаимодействий и резко растут с ростом  $Q$  в случае  ${}^{12}\text{CC}$ -взаимодействий.

5. В результате анализа кинематических характеристик протонов реакций с полным развалом ядра показано, что средние импульсы протонов уменьшаются за счет подавления лидирующего эффекта и роста диссипации энергии; средние скорости уменьшаются за счет увеличения доли нуклонов ядра мишени; а средние порядки кумулятивности увеличиваются.

6. Установлено, что полный развал ядер мишеней происходит за счет разных механизмов, в том числе и за счет неизвестных ранее механизмов, например, за счет механизма генерации ядерных ударных волн. Доля событий с полным развалом ядра мишени от этих механизмов составляет около 18%.

7. Впервые детально исследованы зависимости значений одночас-

тичных корреляционных функций -  $R$  от величины  $Q$  (т.е. от степени разрушения ядер) в  $pC$ ,  $dC$ ,  ${}^4\text{HeC}$  и  ${}^{12}\text{CC}$ -взаимодействиях для  $\pi^-$ -мезонов и протонов. Обнаружено, что зависимость корреляционных функций  $R$  от  $Q$ , в основном имеет место при условии наличия в них переменной  $p_t$  и при значениях  $R < 0.3$  (т.е. наблюдаемые корреляции являются слабыми).

Обнаружено сильное изменение формы зависимости  $|R|$  от степени разрушения ядер и значений  $|R|$  от массы ядра-снаряда. Установлено также, что с увеличением массы ядра-снаряда корреляции слабеют и в случае  ${}^{12}\text{CC}$ -взаимодействий они становятся минимальными.

Обнаружено, что одновременно с ослаблением корреляций в области больших  $Q$  (в области полного развала ядер) изменяется и характер зависимости  $|R|$  от  $Q$ . Так, для  $pC$ -,  $dC$ -взаимодействий эта зависимость имеет характер линии с "изломом", для  ${}^4\text{HeC}$ -взаимодействий - "ступенчатую" форму, а для  ${}^{12}\text{CC}$ -взаимодействий - "зигзагообразную" форму.

8. На основе анализа зависимости средних значений потока энергии вторичных частиц с углами вылета  $\theta \leq 5^\circ$  в л.с.к. в  $pC$ ,  $dC$ ,  ${}^4\text{HeC}$  и  ${}^{12}\text{CC}$ -взаимодействиях от степени разрушения ядер-мишени впервые установлена связь центральных столкновений с событиями полного развала ядра.

### Апробация работы.

Основные материалы, изложенные в диссертации, были опубликованы в работах [A1]-[A28]. Они докладывались и обсуждались на семинарах Института Физики АН Аз.Республики, на специализированных семинарах по релятивистской ядерной физике ЛВЭ ОИЯИ, а также на семинарах НИИЯФ МГУ (Москва). Результаты, приведенные в диссертации, докладывались и обсуждались на международных конференциях и симпозиумах: XIII и XIV International Seminar on High Energy Physics Problems (Дубна, 1996 и 1998 гг. соответственно), The second Uzbekistan conference "Modern problems of nuclear physics" (Самарканд, 9-12 сентябрь 1997) и были представлены в виде стендовых докладов на: International Conference on Quark Lepton Nuclear

Physics ( QULEN97, May 20-23, 1997, Osaka, Japan); 6th International Conference on Nucleus-Nucleus Collisions (NN97, June 2 – 6, 1997, Gatlinburg, Tennessee, USA); The Thirteenth International Conference on Ultra-Relativistic Nucleus-Nucleus Collisions (QM97, December 1 - 5, 1997, Tsukuba, Japan); International Nuclear Physics Conference ( INPC98, August 24 – 28, Paris, France).

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 28 работ.

### Объем и структура работы.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Общий объем 179 страниц, включая 69 рисунка и 33 таблицы. Список литературы включает 122 наименования.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность проблемы и формулируется цель работы.

**Первая глава** посвящена методическим вопросам получения и обработки экспериментального материала.

В §1.1 даны общие сведения об эксперименте.

В §1.2 приведены характеристики двухметровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ (ТПК-500) и дается информация об условиях проведения эксперимента.

Вопросы, связанные с облучением ТПК-500 пучками  $\pi^-$ -мезонов с  $P_{\pi^-}=40$  ГэВ/с, обсуждаются в §1.3.

Характеристики пучка  $\pi^-$ -мезонов приведены в §1.4.

Экспериментальный материал отбирался при просмотре стереофотоснимков с ТПК-500 на больших просмотрных столах ЛВТА ОИЯИ, позволявших использовать 4 или 6 объективов. Методика просмотра стереофотоснимков и отбор событий обсуждается в §1.5.

Измерения следов вторичных частиц в событиях, отобранных при просмотре стереофотоснимков с ТПК-500, проводились на полуавто-

матах типа "ПУОС", работающих на линии с ЭВМ. Методика измерения треков, отобранных событий, и определение кинематических параметров вторичных частиц дается в §1.6

В нашем эксперименте отбор событий и идентификация частиц производились визуально. Методика идентификации частиц обсуждается в §1.7.

В §1.8 описана методика выделения многоуклонных  $\pi^{-12}C$  - взаимодействий.

Вопросы связанные с облучением ТПК-500 пучками протонов, ядер дейтрона, гелия и углерода при импульсах 4.2 А ГэВ/с обсуждается в §1.9.

Основные результаты по главе I приведены в §1.10.

В настоящей диссертации проводится анализ свойств адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействий в зависимости от степени разрушения ядер. Исследования были начаты с анализа свойств релятивистских  $\pi^{-12}C$  - взаимодействий при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с. Этот экспериментальный материал дает уникальную возможность для выяснения влияния ядра - мишени на процессы множественного рождения частиц, так как адрон-снаряд не имеет барионного заряда, а все зарегистрированные в событии протоны являются нуклонами ядра-мишени. В качестве меры степени разрушения ядра используется множественность всех вторичных протонов, образованных после столкновения. При этом рассматривались отдельно три случая событий: события, в которых изучается множественность протонов с импульсами  $p \leq 1,0$  ГэВ/с; события, в которых анализируется множественность протонов, испущенных в заднюю полусферу в л.с.к. и, наконец, события, в которых рассматривается множественность всех вторичных протонов, включая и протоны с импульсами больше 1,0 ГэВ/с.

Во **второй** главе приведены результаты анализа данных  $\pi^{-12}C$  взаимодействий при 40 ГэВ/с в зависимости от множественности протонов ( $N_p$ ) с импульсами меньше 1,0 ГэВ/с и от множественности протонов, испущенных в заднюю полусферу. Распределение  $\pi^{-12}C$ -взаимодействий по  $N_p$  приведены в §2.2.

В §2.3 рассмотрены зависимости средних характеристик  $\pi^{-12}C$ -взаимодействий от  $N_p$ .

Обнаружено, что с ростом  $N_p$  эффект лидирования  $\pi^-$ -мезонов осла-

бевают, значения средних поперечных импульсов  $\pi^-$ -мезонов уменьшаются, а  $\pi^+$ -мезонов, в пределах ошибок, остаются постоянными. Установлено также, что средние значения быстроты для вторичных частиц сдвигаются в область фрагментации мишени а ядро - мишень углерода не оказывается полностью "прозрачным" для вторичных частиц.

В §2.4 исследованы характеристики  $\pi^{-12}C$  - взаимодействий с протонами, испущенными в заднюю полусферу. В результате установлено следующие факты:

- средние характеристики заряженных  $\pi$  - мезонов в событиях с протоном, испущенным назад, такие же как и во всех  $\pi^{-12}C$  - взаимодействиях.

- не наблюдается существенной зависимости средних множественностей  $\pi^\pm$  - мезонов от числа испущенных протонов назад и их импульсов.

- средние характеристики протонов в событиях с протоном, испущенным назад, и во всех  $\pi^{-12}C$  - взаимодействиях не отличаются друг от друга, за исключением средних множественностей протонов.

Зависимости инклюзивных спектров протонов в  $\pi^{-12}C$ - взаимодействиях от  $N_p$  рассмотрены в §2.5.

В §2.6 отмечены основные результаты главы II. На основе анализа полученных результатов делается утверждение, что с увеличением  $N_p$  основные характеристики событий изменяются и эти изменения имеют линейный характер (за исключением распределений  $\pi^{-12}C$ - взаимодействий по  $N_p$ ). С увеличением множественности протонов, испущенных в заднюю полусферу, основные характеристики событий не изменяются. Поэтому в дальнейших экспериментах по поиску новых состояний ядерного вещества необходимо включение в рассмотрение протонов с  $p \geq 1,0$  ГэВ/с и использование переменной  $Q$ , определение которой дано в первой главе диссертации.

В третьей главе обсуждается новый подход к исследованию процессов полного развала ядер в  $\pi^{-12}C$ -взаимодействиях при импульсе 40 ГэВ/с и результаты применения этого подхода для отбора событий с полным развалом ядер-мишеней.

§3.1 посвящена поиску и выработке критериев для выделения реакций с полным развалом ядра-мишени.

При отборе событий с полным развалом ядра углерода по крите-

рию  $N_p \geq 4$  (аналогичному тому, который используется в экспериментах с ядрами фотозмультисии для отбора событий с полным развалом ядер-мишеней) в рассмотрение не включается часть случаев, в которых значительному числу ядерных фрагментов передаются большие импульсы. Поэтому при разработке нового, более адекватного критерия выделения реакций с полным развалом ядра и искомым сигналам, необходимо включить в анализ все вторичные протоны, возникшие при столкновении. Установлено, что указанные фрагменты учитывает величина  $Q$ . Следовательно для выделения событий с полным развалом ядра углерода представляется естественным использовать новый критерий отбора таких реакций:

$$Q \geq 4 \quad (2)$$

Вероятность наблюдения в  $\pi^{-12}C$  - взаимодействиях при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с реакций с полным развалом ядра - мишени, отобранных с помощью нового критерия, приведена в §3.2. Для вероятности этих процессов получено значение  $W = (7,0 \pm 0,3)\%$ . Это значение почти в 2,5 раза больше, чем для событий, отобранных по старому критерию. Такое увеличение, в основном, происходит за счет включения в рассмотрение событий полного развала ядра с большой передачей импульса нуклонам ядра-мишени.

Свойства средних характеристик событий с полным развалом ядра - мишени, отобранных по новому критерию, приведены в §3.3.

В §3.4 приведены результаты анализа свойств инклюзивных спектров вторичных частиц, испущенных в событиях с полным развалом ядра мишени.

Результаты, полученные при изучение эффекта лидирования, приведены в §3.5.

Результат поиска аномалий в угловых распределениях протонов из событий с полным развалом ядра углерода приведен в §3.6. Обнаружено, что в событиях с полным развалом ядра, отобранных по новому критерию, в угловых распределениях протонов наблюдается второй четкий максимум в районе углов  $55-65^\circ$ . Этот результат может служить указанием на то, что события с полным развалом ядра, качественно отличаются от обычных  $\pi^{-12}C$ -взаимодействий.

В §3.7 приведены основные результаты главы III.

В четвертой главе описаны экспериментальные результаты по



исследованию корреляций вторичных частиц в событиях с полным развалом ядра мишени.

Во введении диссертационной работы было отмечено, что одной из основных задач исследований является поиск указаний на существование новых, ранее неизвестных механизмов, приводящих к полному разрушению ядер. В качестве одного из возможных путей решения этой задачи рассматривается установление связей между процессами полного развала ядер и кумулятивного образования частиц. Проявление качественно новых фундаментальных свойств ядерной материи в процессах кумулятивного рождения адронов считается установленным фактом [1]. Поэтому основной целью настоящей главы являлось исследование кумулятивного эффекта и его связи с процессами полного развала ядра-мишени.

Исследование адрон-ядерных взаимодействий, сопровождающихся испусканием адронов в заднюю полусферу в л.с.к., это, прежде всего, анализ явлений, связанных с фрагментацией ядра-мишени, который может дать существенную информацию о свойствах ядерной материи и, в частности, о процессах полного развала ядра-мишени.

В §4.2 приведены результаты исследования процессов испускания адронов в заднюю полусферу в л.с.к. в  $\pi^{-12}C$ - взаимодействиях при  $P_{\pi^{-}} = 40$  ГэВ/с.

Результаты изучения процессов кумулятивного рождения адронов приведены в §4.3.

В §4.4 исследуются корреляционные явления в  $\pi^{-12}C$ - взаимодействиях при  $P_{\pi^{-}} = 40$  ГэВ/с, сопровождаемые испусканием кумулятивных  $\pi$ -мезонов и протонов. Рассмотрены различные характеристики  $\pi^{-12}C$ - взаимодействий в зависимости от наибольшего значения кумулятивного числа  $n_c^{max}$ , отдельно для вторичных  $\pi$ -мезонов и для идентифицированных протонов.

Поскольку кумулятивное число является аддитивным параметром, то представляет интерес изучать характеристики кумулятивных событий в зависимости от значений  $n_c$ , определяемых как

$$n_c = \sum_{i=1}^{N_b} n_c^i, \quad (3)$$

где  $N_b$  - число частиц, испущенных в заднюю полусферу в л.с.к..

Анализировались свойства  $\pi^{-12}C$ - взаимодействий при  $P_{\pi^{-}} = 40$  ГэВ/с в зависимости от переменной  $n_c$ . Были рассмотрены свойства  $\pi^{\pm}$ -мезонов,

вторичных протонов и лидирующих  $\pi^{\pm}$ - мезонов. Лидирующим считался  $\pi$ - мезон с максимальным импульсом в данном событии.

Впервые установлено, что кумулятивные процессы и реакции с полным развалом ядра являются связанными процессами.

Важным выводом исследования является также то, что значение кумулятивного числа  $n_c = 0,6$  является граничным, после которого происходит смена режимов процессов множественного образования частиц на ядрах. В области  $n_c \geq 0,6$  значение средних множественностей и углов испускания вторичных заряженных частиц больше, а значение их средних импульсов меньше, чем во всех остальных событиях. Это можно объяснить тем, что в кумулятивных событиях взаимодействие происходит на мишени, масса которой больше массы нуклона (напр. флуктон, кластер и т.д.).

Исследования корреляционных явлений в реакциях с кумулятивными протонами показывает на выделенность событий в области  $n_c^{max} \geq 1,2$ , которую естественно отнести к области кумулятивного рождения протонов. Совокупность полученных данных по кумулятивным протонам и корреляционным явлениям в процессах кумулятивного рождения протонов показала на независимость механизмов испускания кумулятивных протонов и  $\pi$ - мезонов.

В §4.5 приведены основные результаты главы IV.

Пятая глава посвящена исследованию свойств ядро-ядерных взаимодействий с разными степенями разрушения ядер. В анализе использовались взаимодействия ядер  $d$ ,  ${}^4He$  и  ${}^{12}C$  с ядрами углерода и ядер  $d$  и  ${}^{12}C$  с ядрами  $Ta$  при импульсе 4,2 А ГэВ/с.

Рассмотрен качественно новый, по сравнению с ранее используемыми, критерий для отбора событий с полным развалом ядер. Необходимость в выработке нового критерия связано с тем, что для ядро-ядерных столкновений критерий, использованный в  $\pi^{-12}C$  - взаимодействиях, не применим, так как в случае снаряда с барионным зарядом отличным от нуля условия, заложенные в упомянутом критерии, будут выполняться как за счет протонов, испущенных из ядра-мишени, так и за счет протонов ядра-снаряда. При этом может иметь место кажущийся рост сечения изучаемых процессов не за счет динамики процесса, а за счет изменения множественности протонов, т. е., среди отобранных событий будет много таких, которые не связаны с процессами полного развала ядер, и будет трудно определить ядро,

из которого вылетел данный протон (или фрагмент).

В §5.2 приведены результаты исследования характеристик адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействий в зависимости от множественности всех вторичных протонов ( $Q$ ). Получен результат, указывающий на существование некоторого граничного значения множественности всех вторичных протонов ( $Q^*$ ), при превышении которого происходит полный развал ядер. Исходя из этого, в случае ядро-ядерных столкновений, предложено использовать в качестве критерия отбора событий с полным развалом ядра-мишени условие

$$Q \geq Q^* \quad (4)$$

§5.3 рассмотрены свойства характеристик процессов взаимодействия ядер  $d$  и  $^{12}C$  с тяжелым ядром-мишенью  $Ta$  при импульсе 4,2 А ГэВ/с. Анализ показал, что в поведении характеристик этих процессов в зависимости от степени разрушения ядер не наблюдается каких-либо признаков смены режимов, как это было в случае взаимодействий с ядрами углерода. Это можно объяснить тем, что в этих взаимодействиях, в основном, видны фрагменты, являющиеся результатом сильного торможения легкого ядра-снаряда в тяжелом ядре  $Ta$  и сопровождаемые каскадными процессами.

В §5.4 рассматриваются свойства основных характеристик ядро-ядерных реакций с разными степенями разрушения ядер с целью уточнения критерия отбора событий с полным развалом ядра. Для этого использованы группы событий со значениями  $Q \geq 1$ ,  $Q \geq 2$ , ... и анализировались свойства основных характеристик протонов, полученные в каждой из этих групп событий, в зависимости от нижней границы суммирования по  $Q$ . Представлены средние значения импульсов, быстрот и порядков кумулятивности протонов.

Далее исследуются инклюзивные свойства событий с разной степенью разрушения ядра. Для этого использованы экспериментальные данные по  $^4HeC$ - и по  $^{12}CC$ - взаимодействиям при импульсе 4,2 А ГэВ/с. Чтобы разделить события по степени разрушения ядер, мы воспользовались следующими значениями величины  $Q$ :

$$\begin{array}{ll} Q \geq 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 & \text{для } ^4HeC\text{-взаимодействий и} \\ Q \geq 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11 & \text{для } ^{12}CC\text{-взаимодействий} \end{array}$$

Затем для каждой группы событий были получены инвариантные инклюзивные сечения  $f = \frac{E}{\sigma} \frac{d^3\sigma}{dp^3} \pi^-$ -мезонов и протонов в зависимости от кинетической энергии ( $T$ ) в л.с.к.. Все полученные спектры были аппроксимированы выражением вида

$$\sum_{i=1}^n a_i \exp(-b_i T), \quad (5)$$

где  $a_i$  и  $b_i$  являются свободными параметрами. Рассматривались зависимости обратных значений наклонов  $b_i$  от  $Q$ .

Совокупность данных, характеризующих поведение основных характеристик протонов и  $\pi^-$ -мезонов, образующихся в ядро-ядерных взаимодействиях, подтверждает существование смены режима их свойств в зависимости от  $Q$ .

В §5.5 рассмотрены одночастичные двумерные корреляционные функции  $R(x, z)$ , определяемые как

$$R(x, z) = \frac{\sigma \frac{d^2\sigma}{dx dz}}{\frac{d\sigma}{dx} \frac{d\sigma}{dz}} - 1, \quad (6)$$

В анализе использовались  $\pi^-^{12}C$ -взаимодействия при  $P_{\pi^-} = 40 \text{ ГэВ/с}$ , события  $pC^-$ ,  $dC^-$ ,  $^4HeC^-$  и  $^{12}CC^-$  взаимодействий при 4,2 А ГэВ/с.

Все перечисленные выше события были разделены на группы по значениям величины  $Q$  следующим образом:

$$Q \geq 1; 2; 3; \dots Q^*; \dots \quad (7)$$

Анализ зависимости от  $Q$  был проведен для следующих корреляционных функций:  $R(p, \theta)$ ,  $R(p, p_t)$ ,  $R(p, y)$ ,  $R(p, \beta^0)$ ,  $R(\theta, p_t)$ ,  $R(\theta, y)$ ,  $R(\theta, \beta^0)$ ,  $R(p_t, y)$ ,  $R(p_t, \beta^0)$ ,  $R(y, \beta^0)$ . Здесь использованы следующие обозначения:  $p$  - модуль импульса частиц в л.с.к.;  $\theta$  - угол испускания частиц в л.с.к.;  $p_t$  - поперечный импульс частицы;  $y$  - быстрота частицы в л.с.к.;  $\beta^0$  - порядок кумулятивности (Здесь  $\beta^0 = (E - p_L) / m_N$ ,  $E$  - полная энергия в л.с.к.,  $p_L$  - продольный импульс в л.с.к., а  $m_N$  - масса нуклона  $\beta^0 = n_c$  см. главу IV).

Обнаружено, что по характеру установленной зависимости  $R$  от  $Q$  изучаемые события можно разделить на две группы: I группа - события, практически независимые от  $Q$  и II группа - события, существенно зависящие от  $Q$ . На рисунках 1 и 2 (кривые проведены от

руки) в качестве примера показаны абсолютные значения  $R$  в зависимости от  $Q$  для II группы событий.

В результате анализа установлено:

- зависимость функций  $R(x, z)$  от  $Q$ , для II группы событий в основном, наблюдается в тех случаях, когда одна из переменных  $x$  или  $z$  является  $p_t$ ;

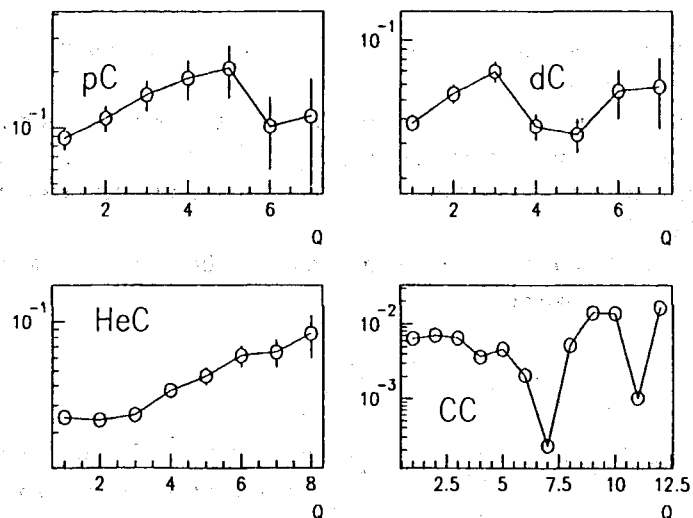


Рис. 1. Зависимость значений  $|R(p_t, y)|$  для  $\pi^-$ -мезонов.

- зависимость  $R$  от  $Q$  в основном, имеет нелинейный характер и можно выделить области с разными характерами зависимости  $R$  от  $Q$ ;

- совокупность анализируемых данных позволила определить граничные значения  $Q = Q^*$ , соответствующие переходу из одной области зависимости значений  $R$  от  $Q$  в другую;

- событие из II группы имеют место значения  $R < 0.3$ , т.е. имеют, в основном, связанные с переменной  $p_t$  слабые корреляции, зависящие от  $Q$ ;

- наблюдается сильное изменение как формы зависимости  $|R|$  от  $Q$ , так и значений  $|R|$  от  $A_p$ . Установлено, что с увеличением  $A_p$  корреляции ослабевают, а в случае  $^{12}CC$ -взаимодействий они становятся минимальными. Обнаружено также, что одновременно с ослаблением корреляций в области больших  $Q$  ( в области полного развала ядер)

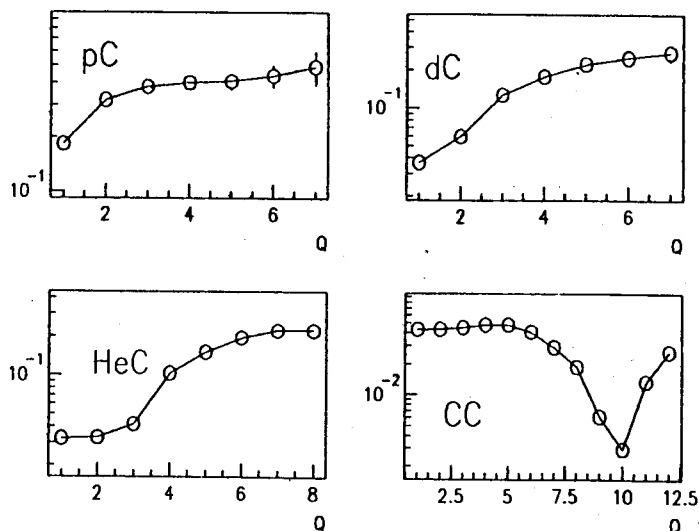


Рис. 2. Зависимость значений  $|R(p_t, y)|$  для протонов.

меняется и характер зависимости  $|R|$  от  $Q$ . Для  $pC$ -,  $dC$ - взаимодействий эта зависимость имеет характер линии с изломом, для  $^4HeC$ - взаимодействий - "ступенчатую" форму, а для  $^{12}CC$ -взаимодействий - "зигзагообразную" форму(см. рис. 1 и 2).

В §5.6 рассмотрена одна из возможностей для выявления связей между процессами полного развала ядер и центральными столкновениями. Для анализа мы воспользовались данными  $pC$ -,  $dC$ -,  $^4HeC$ - и  $^{12}CC$ - взаимодействий, разделенными по значениям величины  $Q$  следующим образом:

$$Q \geq 1; 2; 3; \dots Q^{max}. \quad (8)$$

В качестве  $Q^{max}$  для  $^{12}CC$  взаимодействий мы брали значение 11, а для остальных типов взаимодействий -  $Q^{max}=7$ . Это основано на том, что если процессы с полным развалом ядер и центральными столкновениями коррелируют между собой, то с увеличением  $Q$  средние значения величины

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n p_i^2}{\sum_{i=j}^N p_j^2} \quad (9)$$

для событий с минимальным потоком энергии при углах вылета близких к 0 градусам, должны резко уменьшаться и достигать некоторого

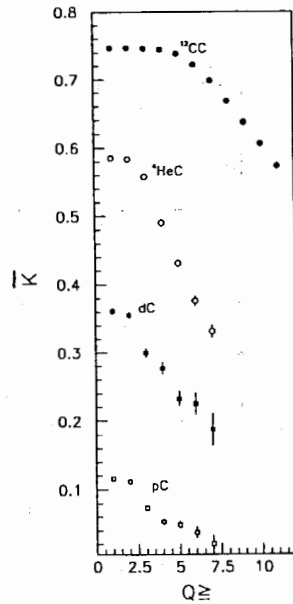


Рис. 3:  $Q$ -зависимость значений величин  $\bar{K}$  для  $^{12}\text{CC}$ ,  $^4\text{HeC}$ ,  $dC$  и  $pC$  взаимодействий.

минимального значения. В выражении (9) величина  $p_i^2$  - квадрат импульса  $i$ -й заряженной частицы с углом вылета  $\theta \leq 5^\circ$  в л.с.к.,  $n$  - число этих частиц, а  $p_j^2$  и  $N$  - соответственно квадрат импульса любой  $j$ -й заряженной частицы и число всех заряженных частиц в событии.

Если большие значения  $Q$  действительно соответствуют центральным столкновениям, то с ростом  $Q$  средние значения прицельного параметра  $\bar{b}$  должны уменьшаться. Для определения значений  $\bar{b}$  использовались данные расчета по модели кварк-глюонной струны [32, 33].

На рис. 3 показаны зависимости величин  $\bar{K}$  от  $Q$ . Можно видеть, что значения  $\bar{K}$  уменьшаются с ростом  $Q$ : для  $^{12}\text{CC}$  взаимодействий в области  $Q \geq 6$ , для  $^4\text{HeC}$  взаимодействий в области  $Q \geq 4$  и для  $pC$ - и  $dC$ -взаимодействий в области  $Q \geq 3$ .

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в области больших значений  $Q$ , (то есть в области полного развала ядер) значения  $\bar{K}$  с ростом величины  $Q$  уменьшаются и при достижении максимального значения  $Q$  величина  $\bar{K}$  достигает своего минимального значения.

Отсюда следует, что события с полным развалом ядер соответствуют событиям с минимальным потоком энергии заряженных частиц, вылетающих под углом  $\leq 5^\circ$ .

Обнаружено также, что с ростом  $Q$  величина  $\bar{b}$  уменьшается и при максимальном значении  $Q$  она достигает своего минимального значения. Это означает, что в рамках модели кварк-глюонных струн процессы полного развала ядер, отбираемые с помощью условия  $Q \geq Q^*$ , соответствуют событиям с наиболее высокой степенью центральности столкновения.

В §5.7 приведены основные результаты главы V.

В заключении дается краткая формулировка основных результатов исследований, изложенных в диссертации.

Основные результаты диссертации изложены в работах:

A1. Ангелов Н.,..., Сулейманов М.К и др. "Изучение взаимодействий  $\pi^-$ -мезонов с ядрами углерода при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с", ЯФ, 25 (1977) 1013.

A2. Ангелов Н.,..., Сулейманов М.К и др. "Изучение множественности вторичных заряженных частиц в  $\pi^-C$  взаимодействиях при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с", ЯФ, 25 (1977) 1009.

A3. Ангелов Н.,..., Сулейманов М.К и др. "О множественности вторичных частиц, образованных при взаимодействии  $\pi^-$  - мезонов с  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с с несколькими нуклонами ядра углерода", ЯФ, 26 (1977) 811.

A4 Ангелов Н.,..., Сулейманов М.К и др. "Парциальные коэффициенты неупругости в  $\pi^-C$  взаимодействиях при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с", ЯФ, 27 (1978) 190.

A5. Ангелов Н.,..., Сулейманов М.К и др. "Взаимодействие  $\pi^-$ -мезонов с ядрами углерода при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с и эффект "ядерной прозрачности" для высокоэнергичных адронов", ЯФ, 27 (1978) 1240.

A6. Аношин А.И.,..., Сулейманов М.К и др. "Свойства лидирующих мезонов, образованных во взаимодействиях  $\pi^-$  - мезонов с ядрами углерода и нуклонами при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с", ЯФ, 27 (1978) 1001.

A7. Ангелов Н.,..., Сулейманов М.К и др. "Полный развал ядра углерода  $\pi^-$  - мезонами с импульсами 40 ГэВ/с", ЯФ, 28 (1978) 684.

A8. Ангелов Н.,..., Сулейманов М.К и др. "Изучение инклюзивных спектров вторичных частиц образованных в  $\pi^-C$  взаимодействиях при 40 ГэВ/с", ЯФ, 28 (1978) 688.

A9. Ангелов Н.,..., Сулейманов М.К и др. "Импульсные характеристики взаимодействий  $\pi^-$  - мезонов с несколькими нуклонами ядра углерода", Препринт ОИЯИ, P1-11506, Дубна, 1978.

A10. Аношин А.И.,..., Сулейманов М.К и др. "Быстрая и медленная компонента для частиц, образующихся в  $\pi^-C$  взаимодействиях при 40 ГэВ/с. Распределение по быстротам", ЯФ, 29 (1979) 674.

A11. Ангелов Н.,..., Сулейманов М.К и др. "Анализ  $\pi^-p$  и  $\pi^-C$  вза-

имодействий с испусканием адронов в заднюю полусферу в лабораторной системе координат при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с", ЯФ, 29 (1979) 1227.

A12. Ангелов Н.,..., Сулейманов М.К и др. "Изучение реакций  $\pi^- + C \rightarrow P + ..$  при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с", ЯФ, 30 (1979) 400.

A13. Аношин А.И.,..., Сулейманов М.К и др. "Изучение  $p^-C$  взаимодействий при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с, сопровождающихся испусканием кумулятивных  $\pi$ -мезонов", ЯФ, 31 (1980) 668.

A14. Канарек Т.,..., Сулейманов М.К и др. "Параметры наклона структурной функции для мало- и многолучевых  $\pi^-P$  и  $\pi^-C$  взаимодействий при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с", Сообщение ОИЯИ, P1-12898, Дубна, 1979.

A15. Аношин А.И.,..., Сулейманов М.К и др. "Структура угловых распределений протонов, испущенных из событий с полным развалом ядра углерода  $\pi^-$ -мезонами с  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с", ЯФ, 33 (1981) 164.

A16. Аношин А.И.,..., Сулейманов М.К и др. "Изучение корреляций в  $\pi^-C$  взаимодействиях при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с в кумулятивной области", ЯФ, 36 (1982) 409.

A17. Аношин А.И.,..., Сулейманов М.К и др. "Инвариантные инклюзивные сечения образования кумулятивных  $\pi^-$ -мезонов в  $\pi^-C$  взаимодействиях при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с в функции их кумулятивного числа и поперечного импульса. Сечение образование кумулятивных струй", ЯФ, 36 (1982) 685.

A18. Аношин А.И.,..., Сулейманов М.К и др. "Свойства  $\pi^-C$  взаимодействий в зависимости от кумулятивного числа  $\pi$ -мезонов, испущенных в заднюю полусферу лабораторной системы координат", Препринт ОИЯИ, 1-81-214, Дубна, 1981.

A19. Anoshin A.I.,..., Suleimanov M.K. et al. "Correlation effect in multiple particle production on nuclei in cumulative region", Препринт ОИЯИ, E1-82-352, Дубна, 1982.

A20. Любимов В.Б.,..., Сулейманов М.К и др. "Корреляции в адрон-ядерных взаимодействиях сопровождающихся испусканием кумулятивных протонов", Препринт ОИЯИ, E1-82-352, Дубна, 1982.

A21. Сулейманов М.К. "О возможности экспериментального из-

учения кварк-кварковых взаимодействий в адронных процессах", ДАН СССР, 273 (1983) 1359.

A22. Абдинов О.Б.,..., Сулейманов М.К. и др. "Исследование процессов полного развала ядер в ядро-ядерных столкновениях при импульсах 4,2 А ГэВ/с", Краткие сообщения ОИЯИ, N 1[75]-96, 1996, 51.

A23. Абдинов О.Б.,..., Сулейманов М.К. и др. "Изучение характеристик частиц в реакции  $\pi^-$ ,  $p$ ,  $d$ ,  $HeC$ ,  $C + C$  с полным развалом ядра углерода", Краткие сообщения ОИЯИ, N 1[81]-97, 1997, 109.

A24. Abdinov O.B.,..., Suleimanov M.K. et al. "On the possibility of experimental investigation of extreme states of nuclear matter. The invariant inclusive spectra of secondary particles production in  $\pi^-$ ,  $p$ ,  $d$ ,  $^4He$ ,  $^{12}C + C$  interactions", Сообщения ОИЯИ, E1-97-178, Дубна 1997.

A25. Abdinov O.B.,..., Suleimanov M.K. et al. "Inclusive spectra of emitted protons and  $\pi^-$ -mesons in  $^4HeC$  and  $^{12}CC$  interactions with the total disintegration of nuclei", Краткие сообщения ОИЯИ, 5[91]-98, 1998, 41.

A26. Suleimanov M.K. et al. "Single - particle correlations in events with the total disintegration of nuclei" Phys. Rev. C., 58 (1998) 351.

A27. Suleimanov M.K., R.R. Mekhdiyev. "Study of the processes of the total disintegration of nuclei in nucleus-nucleus collisions", Proceedings of the XIII International Seminar on High Energy Physics Problems, 2 (1998) 96.

A28. Suleimanov M.K. et al. "Centrality of collisions and total disintegration of nuclei", Сообщение ОИЯИ, E1-98-328, Дубна, 1998.

## Литература

- [1] Балдин А.М. // ЭЧАЯ. - 1977. - т.8, N3. - с.429-477.
- [2] Балдин А.М. // ЯФ. - том 20. - 1974 - с. 1201 - 1213.
- [3] Kovalenko A.D. // Preceedings, High Energy problems - vol. 2 - Dubna, JINR - 1986 - p. 324 - 333.
- [4] Hwa Ed.R. Quark Gluon Plasma // World Scientific - 1990.

- [5] Беляков В.А. и др. Препринт ОИЯИ, P-331, Дубна, 1959.
- [6] Ахроров О. и др //Препринт ОИЯИ - P1-9963 - Дубна -1976.
- [7] Толстов К.Д., Хошмухамедов Р.А. //Препринт ОИЯИ - P1-6897 - Дубна - 1973.
- [8] Ахроров О., Банник Б.П., Попова А.К., Саломов Дж.А., Толстов К.Д., Шабратова Г.С., Шериф М., Эль-Наги А. //Препринт ОИЯИ - P1-9963 - Дубна - 1976.
- [9] Jakobsson V., Otterlund J., Kristiansson K. // Preprint LUIP - CR-74-14 - Lund - 1974.
- [10] Сотрудничество-АА-Б-Г-Д-Д-Е-К-К-М-Р-СП-С-Т-Т-УБ-У. //ЯФ. - т.55, вып.4. - 1992 - с.1010-1020.
- [11] Багданов В.Г., и др. // ЯФ - т.38 - 1983 - с.1493.
- [12] Гагарин Ю.Ф., Иванова Н.С. и Мышкин В.Е. // Известия АН СССР. " Серия Физическая" - т.38, N 5. - 1974 - с.989- 992.
- [13] Бондаренко А.И. и др. // ЯФ. - т. 60, вып. 11 - 1997 - с.2004 - 2013
- [14] Бондаренко А.И. и др. //Препринт ОИЯИ - P1-98-155 - Дубна - 1998.
- [15] Dabrowska A. et al.// Phys. Rev. - D47 - 1993 - p. 1751.
- [16] Barrette J. et al. (E814 Collaboration) // Phys. Rev. - C50 - 1994 - p.3047.
- [17] Wang G. et al. (E900 Collaboration) // Phys. Rev. - C53 - 1996 - p. 1811.
- [18] Akiba Y. et. al. (E802 Collaboration) // Phys. Rev. - C56 - 1997 - p. 1544.
- [19] Hong B. et al. (FOPI Collaboration) // Phys. Rev. - C57 - 1998 - p. 244.
- [20] Miskowicz D. et. al (KaoS Collaboration) // Phys. Rev. Lett. - 72 - 1994 - p. 3650

- [21] Hsi W.C. et al. (ALA DIN Collaboration) // Phys. Rev. Lett. - 73 - 1994 - p. 3367
- [22] Aggarwal M.M. et al. (WA80, WA93, WA98 Collaboration) // Phys. Rev. C. - 56 - 1997 - p.1160
- [23] Alber T. et al. (NA35 and NA49 Collaborations) // Nucl. Phys. - A590 - 1995 - p. 453.
- [24] Bachler J. et al (NA35 Collaborations) // Z. Phys. C - 58 - 1993 - p.541
- [25] Appelshauser H. et al. (NA49 Collaborations) // Eur.Phys.J. - C2 - 1998 - p. 661.
- [26] Chkhaidze L., et al. // Physicac Letters B - vol. 411, N 1,2 - 1997 - p.26-32.
- [27] Ahle L., Akiba Y. , et al. // Phys. Rew. C - vol. 55, N 5. - 1997 - p.2604-2614.
- [28] Tretyakova M.I. EMU-01 Collaboration. // Proceeding of the XIth International Seminar on High Energy Physics Problems. Dubna, JINR - 1994 - p.616-626.
- [29] Schukraft J. and ALICE Collaboration . Proceedings X International Conference on Ultra-Relativistic Nucleus-Nucleus Collisios, Borlange, Sweden, June 20-24, 1993// Nucl.Phys. - A566 - 1994 - p.311.
- [30] Harris J.W. and STAR Collaboration. Proceedings X International Conference on Ultra-Relativistic Nucleus-Nucleus Collisios, Borlange, Sweden, June 20-24, 1993 // Nucl.Phys. - A566 - 1994 - p.277.
- [31] Аверичев С. А. и др. // Препринт ОИЯИ - 85-512 - Дубн - 1985.
- [32] Амелин Н.С., Бравина Л.В. // ЯФ. - том 51 - 1990 - с.211.
- [33] Амелин Н.С. и др. // ЯФ. - том 52 - 1990 - с. 272.

Рукопись поступила в издательский отдел  
14 мая 1999 года.