

П 34

1-88-372

УДК 539.172.5

ПИСАРЕВ  
Игорь Львович

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛУКОГЕРЕНТНОГО  
УПРУГОГО | РАССЕЯНИЯ  $\pi^-$ -МЕЗОНОВ  
С ИМПУЛЬСАМИ 25 И 40 ГэВ/с НА УГЛЕРОДЕ  
И ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ  $\pi^-$ -МЕЗОНОВ  
С ИМПУЛЬСОМ 40 ГэВ/с С ЯДРАМИ C, Si, Pb  
С ИСПУСКАНИЕМ ПРОТОНОВ В ЗАДНЮЮ ПОЛУСФЕРУ,  
ВЫПОЛНЕННЫЕ НА МИС ОИЯИ

Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра  
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем  
Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:  
кандидат физико-математических  
наук

ВИШНЯКОВ Владимир  
Васильевич

Официальные оппоненты:  
доктор физико-математических наук

ГРИШИН Валентин  
Григорьевич

кандидат физико-математических  
наук

БАЖКОВ Юрий  
Денисович

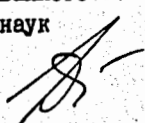
Ведущее научно-исследовательское учреждение:  
Институт физики высоких энергий, г.Серпухов.

Защита диссертации состоится "\_\_\_\_\_" 1988 г.  
в \_\_\_\_\_ часов на заседании специализированного Совета  
Д-047.01.03 при Лаборатории ядерных проблем Объединенного  
института ядерных исследований, Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "\_\_\_\_\_" 1988 г.

Ученый секретарь специализированного Совета  
доктор физико-математических наук

 П.А.Батуров

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Изучение взаимодействий адронов с ядрами представляет большой интерес с точки зрения исследования фундаментальных закономерностей, связанных с локальными свойствами адронной материи. Адрон-ядерные взаимодействия дают дополнительную информацию о сильном взаимодействии адронов, которую нельзя получить при изучении только адрон-адронных взаимодействий.

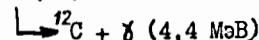
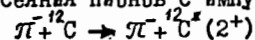
Большой интерес представляет получение новых экспериментальных данных по образованию кумулятивных протонов, особенно при импульсах падающих частиц в несколько десятков ГэВ/с, где имеется сравнительно мало данных. Получение новой экспериментальной информации необходимо для изучения пространственно-временной картины взаимодействия, а также коллективного поведения нуклонов в ядре.

Исследование полукогерентных взаимодействий адронов с ядрами представляет интерес, связанный с возможностью регистрации гамма-излучения возбужденных ядер, что позволяет выделить события с определенным конечным состоянием ядра. Изучение полукогерентных упругих взаимодействий дает экспериментальную информацию, необходимую для проверки моделей дифракции на нуклоне.

Диссертация посвящена экспериментальному изучению полукогерентного упругого рассеяния пионов на углероде и образованию кумулятивных протонов в пион-ядерных соударениях при высоких энергиях.

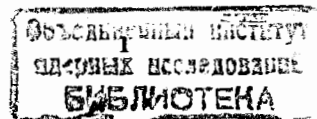
Работа выполнена на ускорителе ИВЭЗ в г.Серпухове с помощью магнитного искрового спектрометра МИС ОИЯИ.

Цель работы - экспериментальное исследование полукогерентного упругого рассеяния пионов с импульсами 25 и 40 ГэВ/с в реакции



и исследование инклюзивной реакции  $\pi^- + A \rightarrow p + X$ , где A (C, Si, Pb), при импульсах пионов 40 ГэВ/с.

Научная новизна. Новыми результатами, представленными в данной работе, являются экспериментально полученные данные для реакции полукогерентного упругого рассеяния пионов на углероде; интегральные сечения при импульсах 25 и 40 ГэВ/с; дифференциальные сечения при им-



пульсе 40 ГэВ/с. Приведенные в диссертации данные до сих пор являются единственными в области импульсов выше 10 ГэВ/с.

Впервые получены экспериментальные данные по образованию кумулятивных протонов в  $\pi A$  - взаимодействиях при импульсе пионов 40 ГэВ/с на разных ядерных мишенях. Получены инвариантные сечения, а также информация об угловой и  $A$ -зависимости сечений образования кумулятивных протонов.

**Практическая ценность.** Экспериментальные результаты, представленные в диссертации, инициировали ряд теоретических исследований, а также использовались при проектировании экспериментов и анализе результатов других экспериментальных групп.

Разработанная система программного обеспечения для измерения снимков на автоматическом устройстве АЗЛТ - 2/160 находится в эксплуатации и используется для измерения снимков с информацией, полученной при изучении других физических процессов.

#### Автор защищает:

1. Разработку конкретных схем постановки экспериментов для исследования полукогерентного упругого рассеяния пионов на углероде и взаимодействий пионов с ядрами с вылетом протонов в заднюю полусферу л.с.к.

2. Создание программного обеспечения системы сканирования информации с фотоснимков на автоматическом устройстве АЗЛТ - 2/160 с контролем качества и точности измерений, а также математической системы обработки данных.

3. Результаты исследований полукогерентного упругого рассеяния пионов на углероде, в частности, интегральные сечения при импульсе  $\pi^-$ -мезонов 25 и 40 ГэВ/с и дифференциальные сечения при импульсе 40 ГэВ/с.

4. Инвариантные сечения вылета протонов на углы  $120-160^\circ$  л.с.к. при взаимодействии  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 40 ГэВ/с с ядрами меди и свинца, результаты по  $A$ -зависимости инвариантных сечений, результаты анализа данных на основе фибербольной модели кумулятивного эффекта барионов.

**Апробация результатов и публикации.** Результаты исследований, обобщенных в диссертации, докладывались на научных семинарах Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, Международном семинаре по развитию физики высоких энергий (Кампионе, Италия - 1977г.), Международной конференции по физике высоких энергий и структуре ядра (Цюрих - 1977г.), XIX

Международной конференции по физике высоких энергий (Токио - 1978г.), сессии отделения ядерной физики АН СССР (Москва - 1978г.), Международном симпозиуме по структуре адронов (Казимир - 1979г.), Всесоюзной конференции "Автоматизация научных исследований на основе применения ЭВМ" (Новосибирск - 1979г.), Всесоюзной конференции по планированию и автоматизации экспериментов в научных исследованиях (Москва - 1980г.), XXII Международной конференции по физике высоких энергий (Лейпциг - 1984г.). Материалы диссертации отражены в 12 научных работах. В основу диссертации положено 6 публикаций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. Содержит 107 страниц машинописного текста, включая 36 рисунков.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследований, перечислены основные результаты, вынесенные на защиту.

**В первой главе** представлен обзор теоретических и экспериментальных работ, посвященных полукогерентным процессам и образованию кумулятивных протонов.

Глава состоит из двух частей.

В первой части дано определение полукогерентных процессов, особенности их изучения при высоких энергиях. Рассматривается кинематика полукогерентного упругого рассеяния пионов на углероде, показано, что квадрат переданного 4-импульса равен  $t = -(P \cdot \theta)^2$ , где  $P$  - импульс  $\pi^-$ -мезона,  $\theta$  - угол вылета рассеянного  $\pi^-$ -мезона относительно падающего. Рассмотрен вопрос анизотропности углового распределения вторичных  $\chi$ -квантов. Обсуждаются схемы экспериментальных установок, отмечается, что в экспериментах по изучению полукогерентных процессов используется метод адрон-гамма совпадений. Сделан обзор экспериментальных данных, отмечается, что данные имелись при импульсах налетающих частиц меньше 10 ГэВ/с. Приведены теоретические модели, которые используются при описании полукогерентных процессов, отмечается расхождение теоретических полных сечений некоторых моделей с экспериментально измеренными. Отмечается необходимость получения новых экспериментальных данных при энергиях больше 10 ГэВ.

Вторая часть главы посвящена кумулятивным процессам. В ней дается определение кумулятивного эффекта - появление вторичных частиц в кинематической области, запрещенной при взаимодействии адрона со свобод-

ним нуклоном. Обсуждаются различные методы экспериментального изучения кумулятивных процессов (электронная и камерная методика). Описаны основные положения гипотез масштабной инвариантности поведения спектров кумулятивных частиц (Балдин А.М. 1971г.) и ядерного скейлинга для кумулятивных барионов (Лексин Г.А. и др. 1973г.). Приведены основные положения фибрбольной модели кумулятивного эффекта для барионов. Отмечается необходимость получения новой экспериментальной информации при энергиях в несколько десятков ГэВ.

Вторая глава посвящена постановке экспериментов на установке МИС ОИЯИ и методике обработки फिल्मовой информации.

Описаны основные узлы экспериментальной установки МИС ОИЯИ: система транспортировки и мониторинга пучка; магнитный искровой спектрометр; система счетчиков для выделения событий определенного вида.

Схема установки для исследования реакции полукогерентного упругого рассеяния  $\pi^-$ -мезонов на ядре  $^{12}\text{C}$  приведена на рис.1.

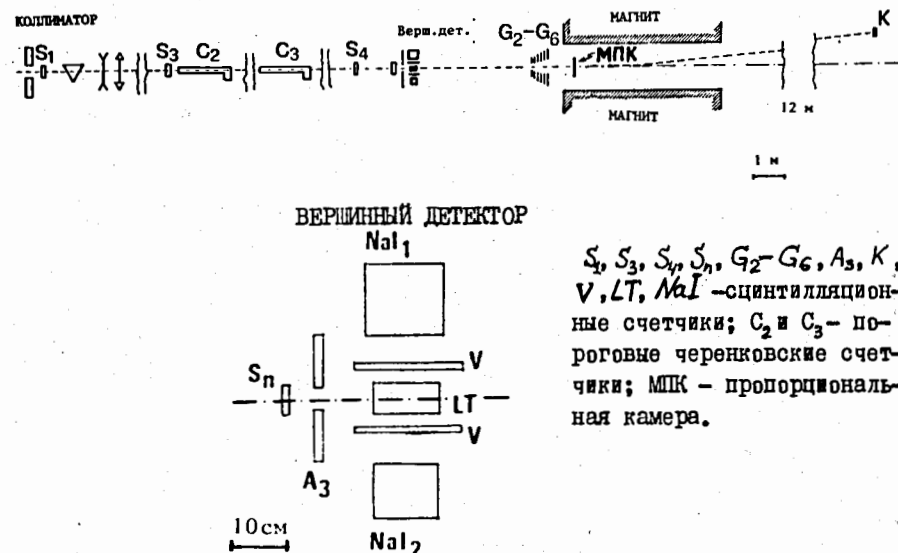
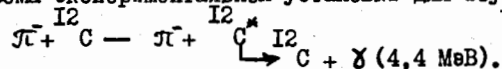


Рис.1. Схема экспериментальной установки для изучения реакции:



В качестве мишени LT использовался сцинтилляционный счетчик на основе полистирола (50% С, 50% Н). Поперечные размеры мишени  $5 \times 5 \text{ см}^2$ , длина

10 см. Вокруг мишени располагалась охранная система из трех счетчиков, которые запрещали регистрацию событий с попаданием заряженных частиц в счетчики гамма-квантов.

Два счетчика (на основе  $\text{NaI(Tl)}$  кристаллов) детектировали гамма-кванты, возникающие при взаимодействии пучковой частицы в мишени. Счетчики располагались с двух сторон от мишени, так что оси кристаллов  $\text{NaI}$  были перпендикулярны оси мишени в горизонтальной плоскости. В течение набора данных проводилась калибровка счетчиков  $\text{NaI}$  с помощью источника  $^{60}\text{Co}$  (1,17 МэВ, 1,32 МэВ).

Пропорциональная камера МПК ( $60 \times 60 \text{ см}^2$ ) запрещала регистрацию событий с множественностью заряженных частиц больше единицы.

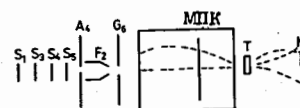
Набор данных проводился с триггером:

$$T = S_1 \cdot S_3 \cdot S_4 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot S_5 \cdot \bar{A}_4 \cdot \bar{K} \cdot \bar{L} \cdot \bar{T} \cdot \bar{V} \cdot G_{2-6} \cdot \bar{M} \cdot \bar{W} (X \geq 2 \text{ или } Y \geq 2) \cdot (\text{NaI}_1 \text{ или } \text{NaI}_2),$$

где  $M, W$  — логический сигнал с МПК.

Схема эксперимента для регистрации частиц, вылетающих в заднюю полусферу л.с.к., представлена на рис.2.

Рис.2. Схема опыта для изучения реакции  $\pi^- + A \rightarrow P + X$ .



$S_1, S_3, S_4, S_5, A_4, F_2, G_6, K$  — сцинтилляционные счетчики; МПК — пропорциональная камера; T — мишень; пунктирные линии показывают треки в искровых камерах.

Пучок отрицательных пионов с импульсом 40 ГэВ/с, выделенный системой сцинтилляционных счетчиков  $S_1, S_3, S_4, A_4, F_2$ , падал на мишень. Мишень помещалась внутри спектрометра после первых 10 искровых камер. Такое размещение мишени позволяло с большой эффективностью восстанавливать вершину взаимодействия, а также обеспечить высокую эффективность регистрации вторичных частиц. Использовались мишени из углерода 20 мм, меди 2 мм и свинца 1 и 2 мм.

Для отбора событий с вылетом заряженных частиц в заднюю полусферу л.с. использовался сцинтилляционный счетчик  $G_6$ , который был расположен на расстоянии 130 см перед мишенью и имел размеры  $60 \times 50 \text{ см}$ . При величине магнитного поля спектрометра  $H=1,8 \text{ Тл}$  регистрировались заряженные частицы с импульсом, большим 280 МэВ/с в интервале углов  $120 - 160^\circ$ . Триггер вырабатывался при прохождении через пропорциональную камеру не менее двух частиц, причем одна из них должна была пройти в центральной области камеры В. Триггер имел вид:

$$T = S_1 \cdot S_3 \cdot S_4 \cdot S_5 \cdot \bar{A}_4 \cdot \bar{F}_2 \cdot \bar{B} \cdot \bar{M} \cdot \bar{W} (X \geq 2 \text{ или } Y \geq 2) \cdot G_6 \cdot \bar{K}.$$

Фильмовый материал, полученный при изучении процесса образования кумулятивных частиц, был измерен на автоматическом устройстве на

электронно-лучевой трубке АЭЛТ-2/160. Снимки перед обработкой на АЭЛТ-2/160 просматривались на просмотрово-измерительных столах. При просмотре проводилось установление соответствия треков вторичных частиц на двух стереоснимках по определенным критериям (кривизне трека, количеству искр на треке, толщине и изломам искр на треке и т.д.), оформлялись схематические рисунки событий. При сканировании снимков на АЭЛТ-2 определялись центры реперных меток и информация о треках. На рис.3 приведены результаты сканирования фильма с вылетом частиц в заднюю полусферу на АЭЛТ-2/160. На рисунке видны отсчеты, соответствующие искрам в камере (4 - 8 отсчетов на искру).

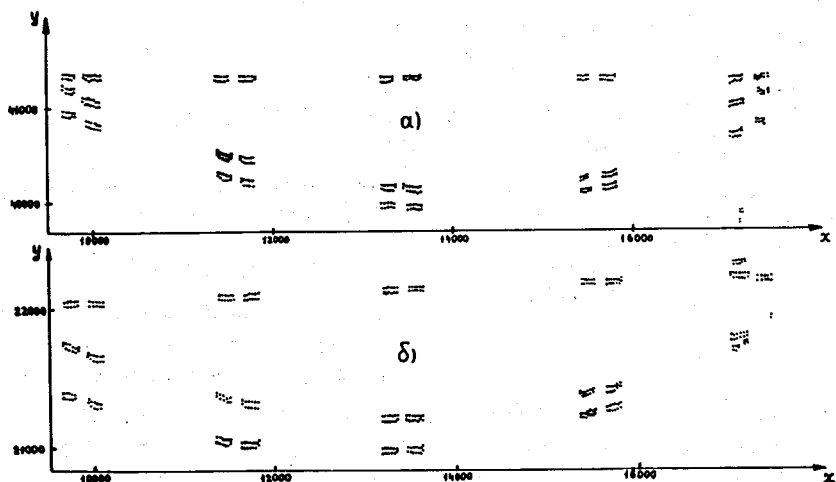


Рис.3. Трехлучевое событие с вылетом заряженных частиц в заднюю полусферу. Сканирование проведено на АЭЛТ-2/160, по осям отложены единицы измерения АЭЛТ-2/160, а) и б) - первая и вторая проекции.

Результаты обработки фильма на АЭЛТ-2 записывались на магнитную ленту, передавались по линии связи в ЭВМ CDC-6500. В специальной программе осуществлялась фильтрация данных сканирования, проводилось построение треков на отдельных проекциях, определялись элементы треков (искры), корректировались результаты на основе калибровочных данных, проводился контроль данных и формирование выходной информации для дальнейшей обработки.

Автомат АЭЛТ-2/160 обеспечивает точность, которая не уступает точности, достигаемой при использовании известных прецизионных измерительных устройств. Эффективность работы измерительной системы, по-

строенной на основе автомата АЭЛТ-2/160, в условиях 2-кратного повторения измерений оценивается как равная 90-95%.

Третья глава посвящена исследованию образования кумулятивных протонов в  $\pi^+$ -соударениях при импульсе  $\pi^+$ -мезонов 40 ГэВ/с.

Большинство экспериментальных данных по кумулятивному образованию частиц представляется в виде зависимости инвариантного сечения от кинетической энергии (или квадрата импульса) и угла вылета вторичных частиц.

Для построения инвариантных инклюзивных сечений образования кумулятивных протонов проводился отбор событий, прошедших геометрическую реконструкцию. Отбирались события с учетом вероятности нахождения вершины взаимодействия и положения вершины в пространстве. Из отобранных событий выбирались треки, для которых  $\Delta p/p \leq 3\%$ , и выполнялось условие прохождения трека через счетчик  $G_6$ . Таким образом, после отбора по вышеуказанным критериям имелся следующий статистический материал.

Таблица 1

мишень	положит.	отриц.
C -20мм	413	74
Cu -2мм	1691	92
Pb -1мм	1166	22
Pb -2мм	1802	51

Спектры импульсов протонов получены путем вычитания спектров импульсов отрицательных частиц из спектров импульсов положительных частиц в предположении, что спектры импульсов пионов обоих знаков близки, а отрицательные частицы в основном  $\pi^-$ -мезоны. С

учетом геометрической эффективности регистрации вторичных частиц и ионизационных потерь в мишени вторичных частиц из спектров импульсов протонов были построены инвариантные сечения (структурные функции):

$$F(p^2, \theta) = \frac{E \cdot p \cdot \theta}{p^2 \cdot dp \cdot d\Omega} \quad \text{где } E, p, \theta - \text{соответственно полная энергия, импульс и угол протона в л.с.}$$

На рис.4 приведены значения структурных функций, нормированных на  $\sigma_{abs}$ , для ядер C, Cu, Pb для интервала углов  $120^\circ \div 160^\circ$ ,  $\sigma_{abs}$  - сечение поглощения  $\pi^-$ -мезонов ядрами при импульсе  $p_\pi = 40$  ГэВ/с (Аллаби Д.В. и др. ЯФ, 1970, т.12, вып.3, с.538-556). В исследуемом угловом интервале структурные функции были параметризованы в виде:

Таблица 2

ядро	$C(\text{ГэВ}^2 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1})$	$B(\text{ГэВ}/\text{с})^2$
C	$0,77 \pm 0,12$	$10,02 \pm 0,49$
Cu	$2,61 \pm 0,15$	$9,42 \pm 0,19$
Pb	$7,12 \pm 0,49$	$9,30 \pm 0,15$

$$\frac{1}{\sigma_{abs}} F(p^2) = C \cdot \exp(-B \cdot p^2).$$

В таблице 2 приведены значения коэффициентов C и параметров наклона B. Можно сделать вывод о том, что изменения значений параметров наклона B в зависимости от атомного номера не превышают 7%.

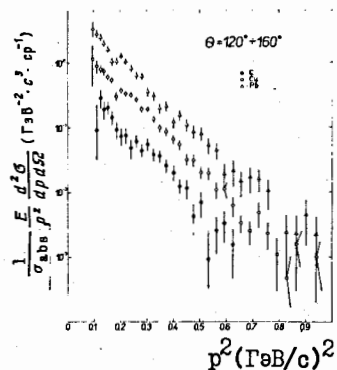


Рис.4. Инвариантные сечения, нормированные  $\sigma_{abs}$ .

На рис.5 показана зависимость величины  $R(A) = [F(A)/A] / [F(C)/A_C]$  от атомного номера ядра мишени для интервала углов  $120 \div 160^\circ$  и импульсов протонов 0,57 ГэВ/с. Для сравнения на этом же рисунке приведены результаты работы (Вауков Yu.D. et al. Phys.Rev.C, 1979, v.20, p.764) для угла  $137^\circ$  и  $p = 0,58$  ГэВ/с. Сравнение результатов показывает, что  $A$  – зависимость величины  $F(A)/A$  одинакова для налетающих  $\pi^-$ -мезонов и протонов. В диссертации также показано, что зависимость  $F(A)/A$  не меняется при изменении импульсов первичных  $\pi^-$ -мезонов от 5 до 40 ГэВ/с.

В исследуемом угловом интервале вылета вторичных протонов  $120 \div 160^\circ$  инвариантные сечения были параметризованы в виде

$$F(p, \theta) \sim \exp \left( - \frac{E - p \sqrt{1 - \beta^2} \cos \theta}{T \sqrt{1 - \beta^2}} \right),$$

где  $E, p, \theta$  – энергия, импульс и угол вылета вторичной частицы;  $T$  и  $\beta$  – параметры, следующие из файербольной модели кумулятивного эффекта для барионов. В таблице 3 представлены значения параметров, полученные

Таблица 3

ядро	$\beta$	$T$ (МэВ)
C	$0,17 \pm 0,12$	$58,9 \pm 12,6$
Si	$0,15 \pm 0,06$	$63,3 \pm 6,4$
Pb	$0,16 \pm 0,07$	$66,9 \pm 8,3$

методом максимального правдоподобия для ядер C, Si, Pb. Из таблицы следует, что значения параметров  $\beta$  и  $T$  в пределах ошибок не зависят от атомного номера мишени.

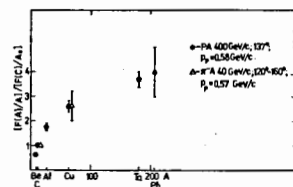


Рис.5. Зависимость инвариантных сечений, нормированных на нуклон, от атомного номера ядра мишени для интервала углов  $120 \div 160^\circ$ . Инвариантные сечения нормированы на инвариантное сечение на C.

Четвертая глава посвящена изучению полукогерентного упругого пион-углеродного рассеяния при импульсах 25 и 40 ГэВ/с.

Анализ данных был проведен на статистике 35000 полукогерентных триггеров, соответствующих  $1,13 \times 10^8$  падающих на мишень  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 40 ГэВ/с, и 10000 событий, соответствующих  $2,33 \times 10^7$  падающих  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 25 ГэВ/с.

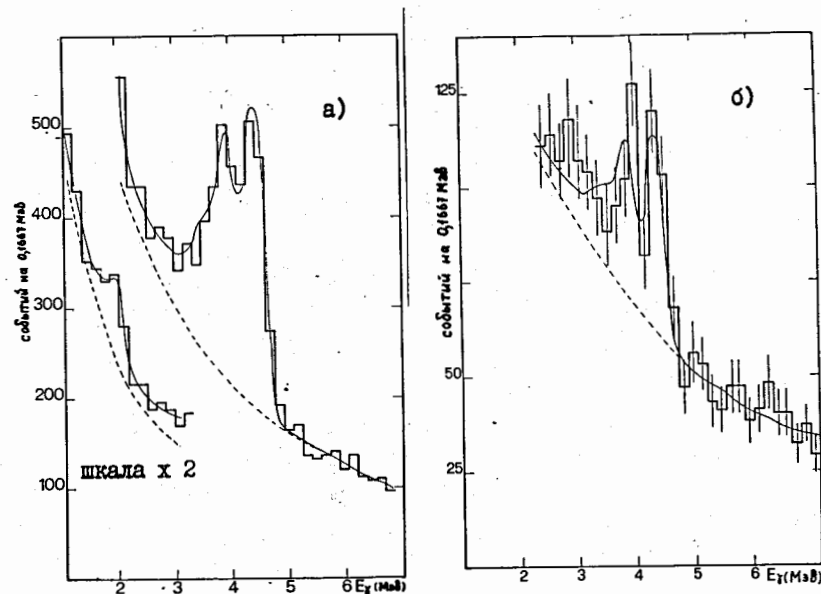


Рис.6. Амплитудный спектр с NaI – детектора, полученный при использовании полукогерентного триггера; а) импульс  $\pi^-$  40 ГэВ/с, б) импульс  $\pi^-$  25 ГэВ/с. Непрерывная линия – результат фитирования; пунктирная линия – фон, полученный при фитировании.

На рис.6 приведены амплитудные спектры с NaI детектора для  $\pi^-$  с импульсами 25 и 40 ГэВ/с. Для увеличения доли полезных событий использовалась информация об энергетических потерях частиц в полистироловой мишени LT.

Для анализа амплитудных спектров, полученных с NaI детекторов, было проведено моделирование спектров  $\gamma$ -квантов в NaI(Tl) кристаллах, которое проводилось с помощью адаптированной программы GAMMA (Belluscia M. et al., Nucl.Instr., 118, p.553, 1974). Полученные энергетические распределения и полиномиальный фон использовались для опи-

сания экспериментальных данных методом минимизации  $\chi^2$ . Эта процедура была проделана для спектров с  $NaI$ , полученных при 40 ГэВ/с и 25 ГэВ/с с учетом информации с мишени-детектора  $LT$  и без ее учета.

Для определения интегральных сечений полукогерентного упругого пион-углеродного рассеяния использовали следующие коррекции: конверсионная эффективность регистрации  $\gamma$ -квантов  $NaI$  детектором; геометрическая эффективность регистрации  $\gamma$ -квантов; двойные взаимодействия в мишени; поглощение  $\gamma$ -квантов в мишени и системе охранных счетчиков.

Проведена оценка вклада в амплитудный спектр  $NaI$  детектора  $\gamma$ -квантов от возбуждения ядер  $^{12}C$  и  $^{13}C$ .

Определенные в результате фитирования полукогерентные упругие события с возбуждением уровня 4,4 МэВ с учетом поправок были пересчитаны в интегральные сечения. Получены интегральные сечения:

$\sigma = 1,19 \pm 0,12$  мб при импульсе  $\pi$ -мезонов 40 ГэВ/с, в области  $t = [(0,0032 \pm 0,0013) + (0,27 \pm 0,032)]$  (ГэВ/с) $^2$ ;

$\sigma = 0,8 \pm 0,25$  мб при импульсе  $\pi$ -мезонов 25 ГэВ/с, в области  $t = [(0,0013 \pm 0,0006) + (0,10 \pm 0,02)]$  (ГэВ/с) $^2$ .

Для определения дифференциальных сечений было получено 15000 стереофотографий при импульсе  $\pi$ -мезонов 40 ГэВ/с. На рис. 7 приведено распределение  $d\sigma/dt$  для 760 отобранных полукогерентных событий.

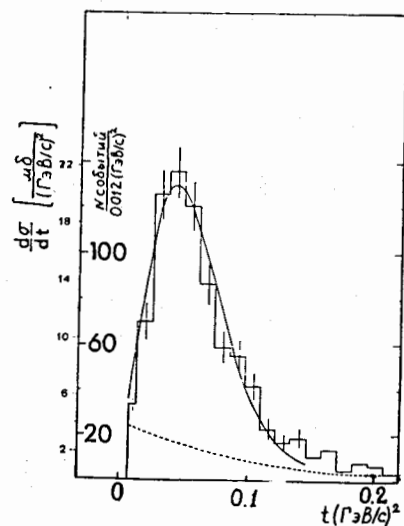


Рис. 7. Дифференциальное сечение  $d\sigma/dt$  возбуждения ядра  $^{12}C$  в состоянии  $2^+(4,4$  МэВ) при импульсе 40 ГэВ/с.

Экспериментальные дифференциальные сечения были сравнены с теоретическими вычислениями, основанными на теории Глаубера (Bertocchi L. and Trnka C., *Nucl. Cim.*, 45A, p. 238, 1978). На рис. 7 экспериментальное распределение  $d\sigma/dt$  представлено с теоретической кривой и экспоненциальным фоном (порядка 150 событий). Можно отметить хорошее согласие теоретических дифференциальных и интегральных сечений с представленными в диссертации экспериментальными.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации:

1. Разработана постановка экспериментов по исследованию полукогерентного упругого рассеяния  $\pi$ -мезонов на углеводе и исследованию инклюзивной реакции  $\pi + A \rightarrow p + X$  на магнитном искровом спектрометре.

2. Разработана система измерений фоновой информации на автоматическом устройстве АЭЛТ-2/160 с контролем качества и точности измерений. С помощью этой системы обработано  $\approx 15000$  событий с вылетом частиц в заднюю полушару л.с.к.

3. Для полукогерентного упругого рассеяния на углеводе впервые получены:

- а) интегральные сечения при импульсе  $\pi$ -мезонов 25 и 40 ГэВ/с,
- б) дифференциальные сечения при импульсе  $\pi$ -мезонов 40 ГэВ/с.

Проведено сравнение экспериментальных данных с теоретическими расчетами, выполненными в рамках модели Глаубера. Получено хорошее согласие экспериментально определенных полных и дифференциальных сечений с теоретически рассчитанными.

4. Определены инвариантные сечения вылета протонов в заднюю полушару при взаимодействии  $\pi$ -мезонов с импульсом 40 ГэВ/с с ядрами углевода, меди и свинца; основными результатами этих исследований являются:

а) параметр  $B$  в параметризации инвариантных сечений в виде  $F(p^2) = C \cdot \exp(-B \cdot p^2)$ , где  $p$  — импульс протона, слабо зависит от атомного номера мишени; параметр  $B$  зависит от угла вылета протонов и возрастает с увеличением угла;

б)  $A$ -зависимость нормированных на нуклон инвариантных сечений в исследованной реакции и в реакции  $p + A \rightarrow p + X$  близки;  $A$ -зависимость инвариантных сечений в исследованной реакции слабо меняется в интервале импульсов от 5 до 40 ГэВ/с;

в) определены параметры фибербольной модели барионного кумулятивного эффекта; найденные значения параметров в пределах ошибок не зависят от атомного номера мишени и согласуются с параметрами, полученными при других энергиях.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Bettinazzi T., Frabetti P.L., Manfredi P.F., Micheletti S., Pisarev I., Ragusa F., Vegni G., Vishniakov V.,  $\pi$ -carbon semicoherent elastic cross-section at 40 GeV/c., Proc. Triangle Seminar on Recent developments in high-energy physics, Campione d'Italia, 1977.
2. Frabetti P.L., Bellini G., Bettinazzi T., Di Corato M., Meroni E., Micheletti S., Palombo F., Ragusa F., Rancoita P.G., Vegni G., Chernenko L., Ivanshin Yu., Pisarev I., Sychkov S., Tjapkin A., Vishniakov V., Zaimidoroга O., Manfredi P.F., Nucl. Phys., B 158, p.57, 1979.
3. Frabetti P.L., Albini E., Bettinazzi T., D Angelo P., Di Corato M., Meroni C., Meroni E., Palombo F., Ragusa F., Sala A., Sala S., Vegni G., Chernenko L., Ivanshin Yu., Litkin L., Pisarev I., Sychkov S., Tjapkin A., Vishniakov V., Zaimidoroга O., Analysis of the angular distribution in the pion-carbon elastic semi-coherent scattering at 40 GeV/c, Lett. Nuov. Cim., v.28, N3, p.89, 1980.
4. Байла И., Баранчук М.К., Барашенкова Н.В., Вишняков В.В., Займидорога О.А., Карлов А.А., Кучугурная Л.Д., Лапчик Э.Д., Лыткин Л.К., Мещеряков М.Г., Наумов Б.П., Писарев И.Л., Тутышкина Л.В., Шкунденков В.Н. Система обработки снимков с установки МИС на сканирующем автомате АЗЛТ-2/160, ОИЯИ, РГО-80-430, Дубна, 1980.
5. Вишняков В.В., Писарев И.Л., Об угловой зависимости инвариантных сечений реакции  $\pi^+A \rightarrow p_{\text{назад}} X$  при импульсе пионов 40 ГэВ/с, ОИЯИ, РГ-85-221, Дубна, 1985.
6. Альбяни Е., Антипов В.В., Беллини Д., Василевский И.М., Виттоне М., Вишняков В.В., Гальперин А.Г., Ди Корато М., Займидорога О.А., Кропина О.А., Лыткин Л.К., Моисеенко В.А., Паломбо Ф., Петров В.А., Писарев И.Л., Тяпкин А.А., Фрабетти П.-Л., Черненко Л.П. Исследование инклюзивного процесса  $\pi^+A \rightarrow p_{\text{назад}} X$  при импульсе 40 ГэВ/с, ЯФ, т.43, вып.4, стр.917, 1986.

Рукопись поступила в издательский отдел  
27 мая 1988 года.