

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



СЗ46.48  
А-61

3/II-75

P1 - 8278

423 / 2-75

Н.С.Амаглобели, Ю.А.Будагов, В.Б.Виноградов,  
А.Г.Володько, В.П.Джелепов, В.С.Кладницкий,  
В.А.Кузнецов, Ю.Ф.Ломакин, Р.Г.Салуквадзе,  
В.Б.Флягин, Д.И.Хубуа, Л.Шандор

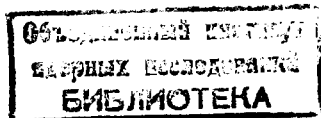
АНАЛИЗ РЕАКЦИИ  $\pi^- n \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^- n$   
ПРИ ЭНЕРГИИ 5 ГЭВ В ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ  
ПРОДОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ

**1974**

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Н.С.Амаглобели,\* Ю.А.Будагов, В.Б.Виноградов,  
А.Г.Володько, В.П.Джелепов, В.С.Кладницкий,  
В.А.Кузнецов, Ю.Ф.Ломакин, Р.Г.Салуквадзе,\*  
В.Б.Флягин, Д.И.Хубуа,\* Л.Шандор

АНАЛИЗ РЕАКЦИИ  $\pi^- n \rightarrow \pi^- \pi^+ \pi^- n$   
ПРИ ЭНЕРГИИ 5 ГЭВ В ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ  
ПРОДОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ



---

\* Тбилисский государственный университет.

При исследовании многочастичных конечных состояний в последние несколько лет успешно используется метод фазового пространства продольных импульсов / LPS - анализ/, предложенный Ван Ховом /1/. Результаты экспериментов /1-4,8/ по LPS -анализу четырехчастичных конечных состояний в  $\pi^{\pm} p$  -взаимодействиях при энергиях 8 ГэВ и выше позволяют сделать заключение о достаточно хорошем разделении механизмов взаимодействия, соответствующих различным областям LPS - диаграммы. В данной работе по изучению реакции

$$\pi^{-} n \rightarrow \pi^{-} \pi^{+} \pi^{-} n \quad /1/$$

будут показаны возможности LPS -анализа в применении к взаимодействиям при энергиях 5 ГэВ\*.

Исследуемое четырехчастичное конечное состояние образуется в результате взаимодействия отрицательных пионов с импульсом 5 ГэВ/с с квазисвободными нейтронами ядра углерода в метровой пропановой камере /5/ Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. На основании известных критериев отбора /6/ было найдено около 5,5 тыс. событий нужной топологии. После измерений и обсчета по программе идентификации каналов реакций для дальнейшего LPS -анализа было оставлено 1700 событий. По нашим оценкам /6/, среди этой группы событий примесь

---

\*Предварительные данные по этому анализу были представлены на ICHEP , 1972 /Батавия/.

от реакции  $\pi^- n \rightarrow p \pi^- \pi^- \pi^0$  составляет менее 15%. В дальнейшем будем полагать, что 1/ все 1700 событий принадлежат к реакции /1/; 2/ нейтрон мишени находится в покое. При последующем анализе будет учтен тот факт, что в исходном материале присутствуют события, обязанные когерентному рождению 3-х пионов на ядре углерода как целом. Этот процесс исследовался на том же материале нами ранее /6/.

При анализе четырехчастичных конечных состояний с двумя идентичными частицами методом LPS в качестве переменных удобно использовать приведенные

продольные импульсы  $x_i = \frac{2g_i}{\sum_i |g_i|}$ , где  $g_i$  - продольный

импульс  $i$ -той частицы в общей системе центра масс,  $i = f, s, +, n$ . Перечисленные индексы соответствуют быстрому отрицательному пиону, медленному отрицательному пиону, положительному пиону и нейтрону. В дальнейшем мы ограничимся рассмотрением только таких случаев, когда  $x_f > 0$  и  $x_n < 0$ . Это ограничение уменьшает нашу статистику на 446 событий /96 событий с  $x_+ > 0, x_i < 0, i = f, s, n$  и 350 событий с  $x_n > 0$  /. При указанных ограничениях вся область LPS будет состоять из четырех секторов /двух треугольных и двух четырехугольных/:

$$(I) \quad \pi^- n \rightarrow (\pi_f^- \pi_s^- \pi^+) n; \quad 0 < x_s; \quad 0 < x_+; \quad 2x_s + x_+ < 1.$$

$$(II) \quad \rightarrow (\pi_f^- \pi^+) (\pi_s^- n); \quad 0 < x_n < 1; \quad -1 < x_s < 0.$$

$$(III) \quad \rightarrow \pi_f^- (\pi_s^- \pi^+ n); \quad x_+ < 0; \quad x_s < 0; \quad x_s + x_+ > -1.$$

$$(IV) \quad \rightarrow (\pi_f^- \pi_s^-) (\pi^+ n); \quad -1 < x_+ < 0; \quad 0 < x_s < .50.$$

На рис. 1 представлены полученные в данном эксперименте невзвешенное  $\Delta$  /1а/ и взвешенное, т.е. реля-

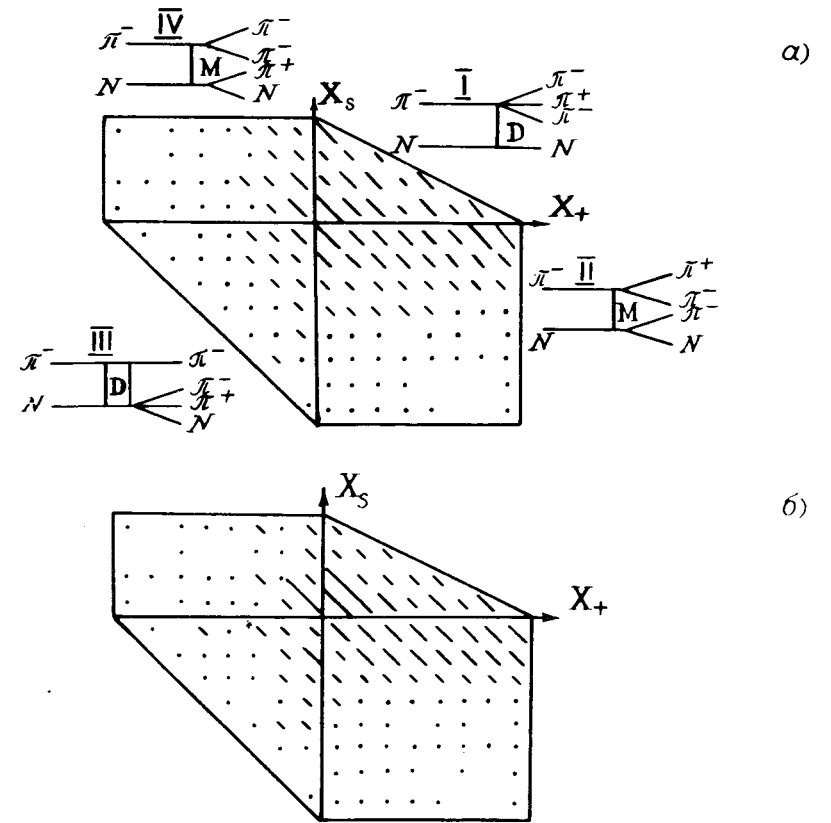


Рис. 1. Невзвешенное /а/ и взвешенное /б/ LPS -распределения для  $\pi^- n \rightarrow \pi^- \pi^- \pi^+ n$  при 5 ГэВ/с. Диаграммы представляют простейшие механизмы обмена, доминирующие в различных секторах.

тивистски инвариантное,  $\Delta_w$  /1б/ LPS -распределения событий в четырех рассматриваемых секторах /для каждого события из /1а/ вес  $W = 1$ , из /1б/ -

$$W = \left[ \sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{E_i} \right] \left[ \prod_i E_i \right] \left[ \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n |g_i| \right]^{-1},$$

где  $E_i$  - энергия  $i$ -той частицы в общей с.ц.н./ . Размер ячеек равен 0,125 x 0,125 за исключением примыкающих

к линии  $x_+ + x_s = -1$  и имеющих площадь, в два раза меньшую.

Там же показаны простейшие диаграммы, представляющие механизмы обмена, доминирующие в указанных секторах при достаточно высоких энергиях. /Р обозначает померон, М - заряженный мезон с  $G = -1$  /.

Рассмотрим особенности  $\Delta$ -распределений по секторам.

Сектор I. [ $\pi^- n \rightarrow (\pi_s^- \pi^+ \pi_i^-) n$ ]. Наиболее интересной особенностью  $\Delta_W$ -распределения в рассматриваемом секторе является сильное заселение граничной области /малые  $x_s$  /.

Процессы когерентного рождения пионов на ядре как целом, о которых упоминалось выше и которые в принципе невозможно отделить от исследуемого процесса /1/, дают вклад именно в этот сектор.

В экспериментах при 11 и 16 ГэВ/с<sup>3,4</sup>/ заселение сектора было более равномерным. В работе /7/ при 11,7 ГэВ/с, посвященной исследованию когерентного рождения трех пионов на ядрах, заселение сектора I также было равномерным. Следовательно, неоднородность  $\Delta_W$ -распределения в нашем случае, по-видимому, нельзя отнести за счет присутствия когерентного рождения.

Такое поведение связано с существенно меньшей энергией пучка в данном случае по сравнению с указанными экспериментами и свидетельствует о наличии выделенных /лидирующих/ частиц в реакции /1/ при 5 ГэВ.

На рис. 2 /а,б/ представлены распределения по эффективным массам трех и двух пионов соответственно. Широкий максимум на рис. 2а в области масс 0,9 ÷ 1,3 ГэВ является характерным для дифракционных процессов. На рис. 2б хорошо виден пик в области массы  $\rho^0$ -мезона, если отбирать комбинации  $(\pi^+ \pi_i^-)$ .

На рис. 3а представлено распределение по переданным 4-импульсам  $t' = |t - t_{\min}|$  для событий из сектора I. Поведение этого распределения при малых  $t'$  является типичным для когерентного рождения трех пионов на ядрах. Параметры наклона  $A_1 = /50,2 \pm 20,4/ /ГэВ/с/^{-2}$  и  $A_2 = /7,0 \pm 1,9/ /ГэВ/с/^{-2}$  ( $d\sigma/dt' \sim \lambda e^{-A_1 t'} + \beta e^{-A_2 t'}$ )

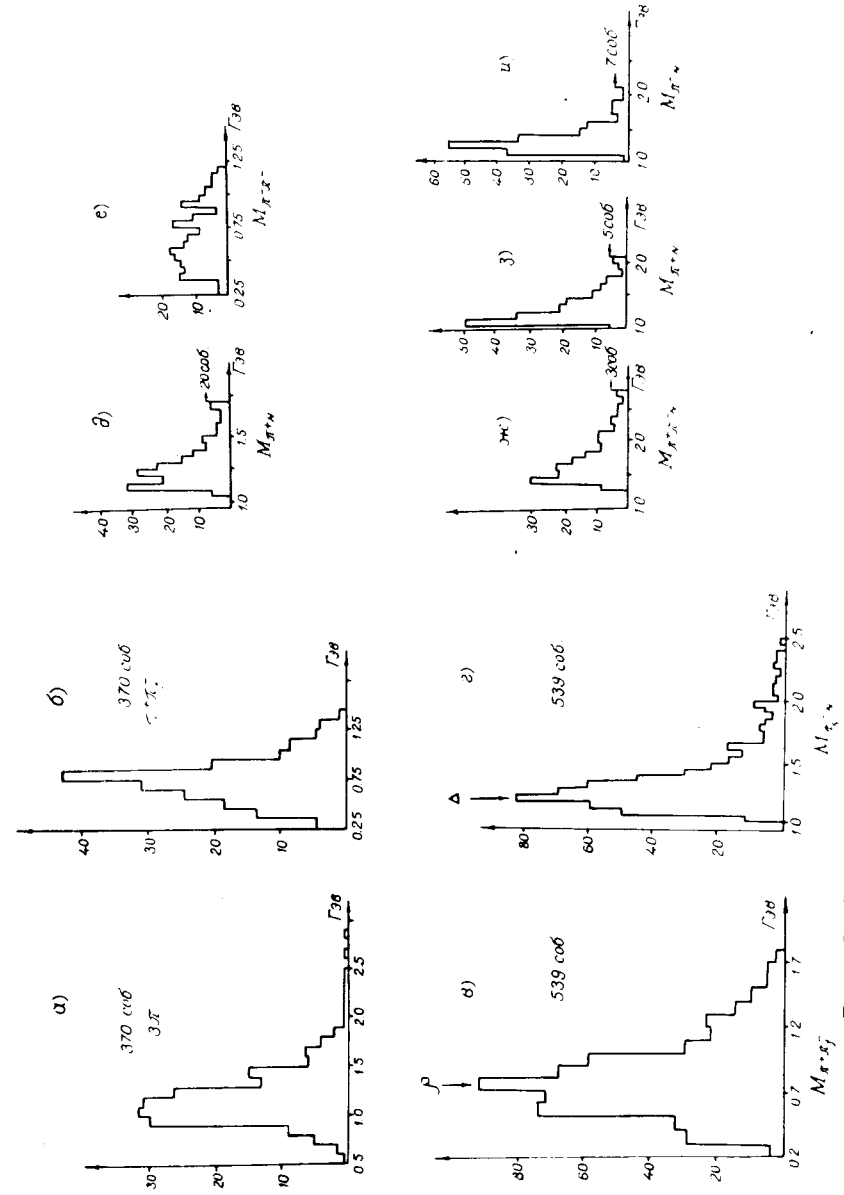


Рис. 2. Распределения эффективных масс различных комбинаций по секторам LPS /см. текст/.

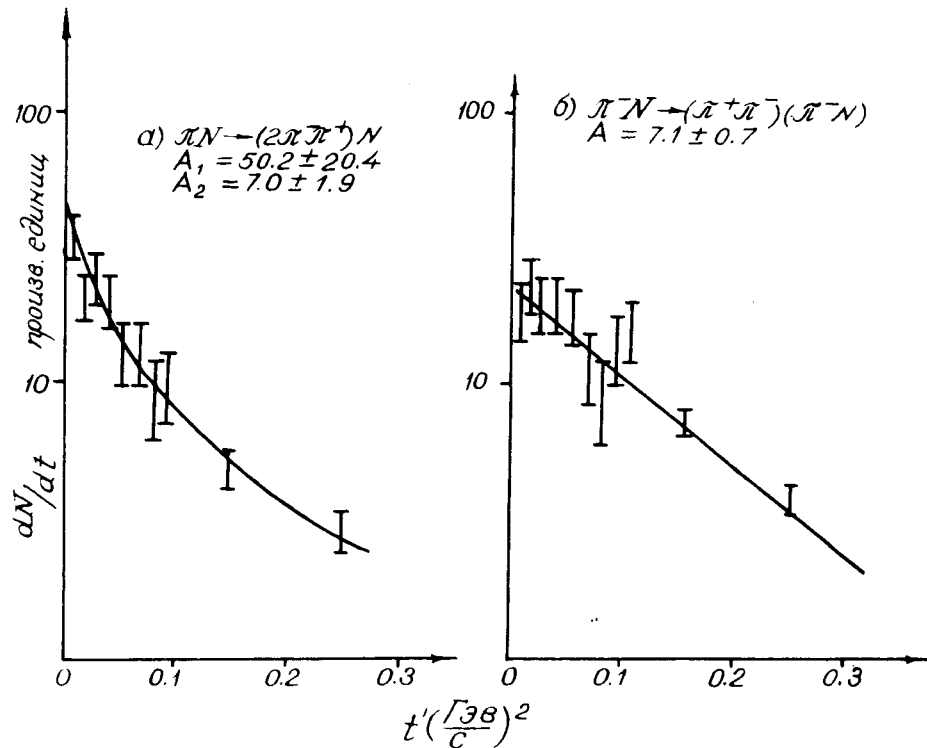


Рис. 3. Распределения по переданному 4-импульсу для секторов I /а/ и II /б/. Показаны параметры наклона  $d\sigma/dt'$ .

практически совпадают с параметрами, полученными нами ранее /6/ //51,2 ± 11,8/ и //7,25 ± 2,20/ /ГэВ/с/<sup>-2</sup> соответственно/.

Сектор III. [ $\pi^- n \rightarrow \pi_f^- (\pi_s^- \pi^+ n)$ ].  $\Delta_W$  - распределение в данном секторе имеет такое же поведение, как и при более высоких энергиях - плотность распределения падает к внешней части сектора, т.е. в системе ( $\pi^+ \pi_s^- n$ ) доминируют низшие массы /рис. 2ж/, характерные для дифракционной диссоциации нуклона мишени.

На рис. 2 /з,и/ представлены распределения по эффективным массам ( $\pi^+ n$ ) - и ( $\pi_s^- n$ ) - комбинаций; второе распределение имеет пик в области изобары  $\Delta_{33}/1236/$ .

Секторы II, IV. [ $\pi^- n \rightarrow (\pi_f^- \pi^+) (\pi_s^- n)$ ] и [ $\pi^- n \rightarrow (\pi_s^- \pi_f^-) (\pi^+ n)$ ]. В этих секторах  $\Delta$ -распределение имеет такой же вид, как и при более высоких энергиях. Соответствующие распределения по эффективным массам приведены на рис. 2 в,е. В секторе II реакция /1/ протекает преимущественно с образованием резонансов  $\rho^0/760/$  и  $\Delta_{33}/1236/$  /см. рис. 2 в,г/. На рис. 3б приведено распределение по переданной системе ( $\pi^+ \pi_f^-$ ) 4-импульсам  $t' = |t - t_{\min}|$  для сектора II в области  $t' < 0,3/ГэВ/с/^{-2}$ . Параметр  $A = /7,1 \pm 0,7/ /ГэВ/с/^{-2}$  ( $d\sigma/dt' \sim e^{-At'}$ ) согласуется с аналогичными данными при других энергиях для квазидвухчастичных процессов.

На рис. 2 /д,е/ представлены распределения по эффективным массам ( $\pi^+ n$ ) - и ( $\pi_f^- \pi_s^-$ ) - комбинаций для сектора IV; видно, что в первом распределении доминируют низшие массы /1,1 ÷ 1,3 /ГэВ/.

При исследовании характеристик многочастичных реакций методом LPS всегда встает вопрос о возможности такого анализа, особенно при энергиях до 10 ÷ 16 ГэВ. Нами был исследован вопрос о "перекрывании" секторов LPS методом, аналогичным примененному в работе /9/. Суть метода понятна из рис. 4. Например, если необходимо выяснить, какова в событиях из сектора I примесь от событий из сектора IV /рис. 4а/, то в секторе I вырезается полоса шириной 0,125 /0,050/, пограничная с сектором IV, и для событий, попавших в эту полосу, строится распределение по эффективным массам  $\pi^+ n$ -комбинаций, имеющее характерную особенность для сектора IV /рис. 2д/. В данном случае по величине пика при 1,1 ÷ 1,3 ГэВ в этом распределении можно сделать вывод о "загрязнении" сектора I событиями из сектора IV. Из рис. 4а видно, что только в узкой полосе  $x < 0,050/$  сектора I возможна незначительная примесь событий из сектора IV.

Аналогичным образом можно рассмотреть взаимное перекрытие других секторов. На основании данных рис. 4 можно сделать следующие выводы: 1/. Наибольшие вклады в соседние секторы дает сектор I. Оценки показывают, что максимальный возможный "недостаток" событий в секторе I составляет около 10%. 2/. Вклады "чужих"

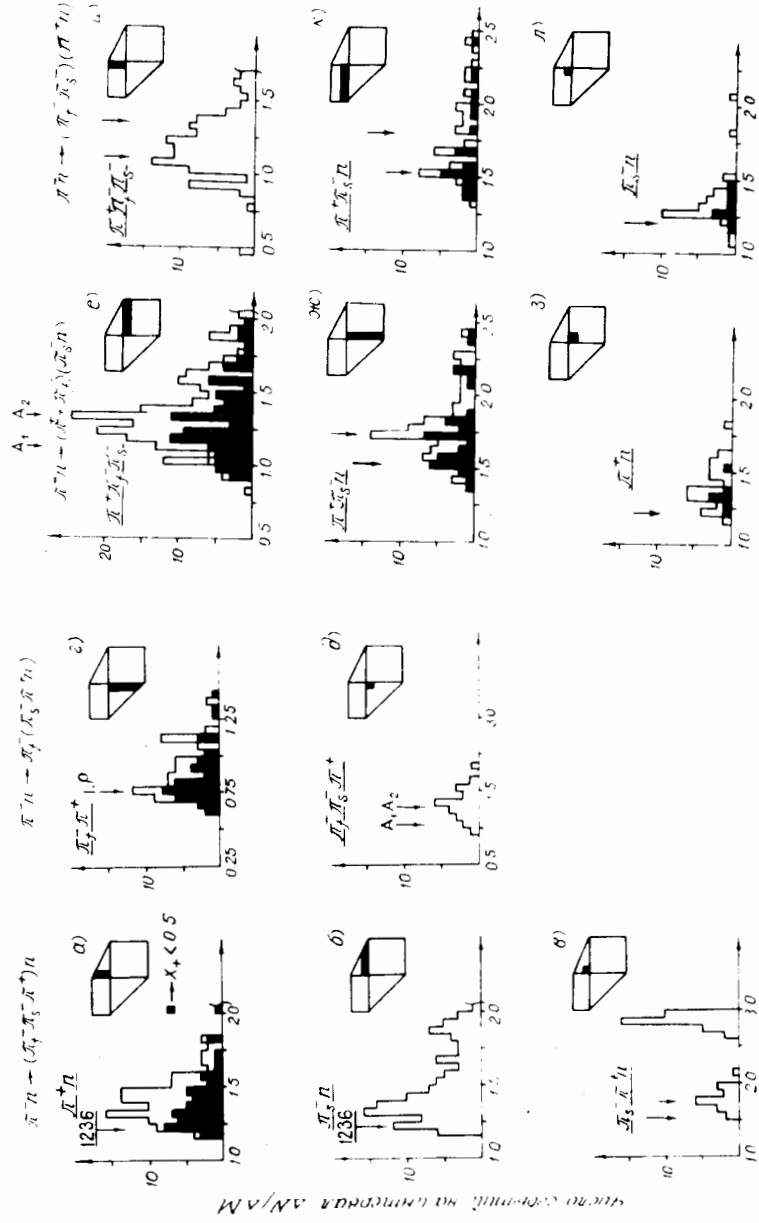


Рис. 4. Распределение эффективных масс различных комбинаций в указанных пограничных полосах секторов LPS. Незаштрихованные распределения относятся к полосе шириной 0,125, заштрихованные - 0,050.

Таблица

Полные эффективные сечения  $\sigma$  /мбарн/ в секторах LPS

Энергия /ГэВ/ пучка	<sup>/3/</sup> I 6		<sup>/4/</sup> II, 7		<sup>/3/</sup> II, 2		<sup>/8/</sup> 8		Данная работа $\pi^+ p$ $\pi^- p$
	$\pi^+ p$	$\pi^- p$	$\pi^+ p$	$\pi^- p$	$\pi^- p$	$\pi^+ p$	$\pi^+ p$	$\pi^- p$	
I	506 $\pm$ 60	477 $\pm$ 53	472 $\pm$ 50	458 $\pm$ 50	526 $\pm$ 14	415 $\pm$ 42	(679 $\pm$ 36)		
II	430 $\pm$ 52	207 $\pm$ 23	582 $\pm$ 64	264 $\pm$ 29	830 $\pm$ 17	938 $\pm$ 42			
III	275 $\pm$ 34	261 $\pm$ 19	274 $\pm$ 30	242 $\pm$ 25	307 $\pm$ 10	290 $\pm$ 23			
IV	77 $\pm$ 12	128 $\pm$ 23	110 $\pm$ 12	176 $\pm$ 19	167 $\pm$ 8	366 $\pm$ 25			

секторов в сектор III практически компенсируются вкладом сектора III в другие секторы. 3/. В секторах IV и II может быть соответственно 15%-ный и 10%-ный избыток событий из-за некомпенсированного вклада "чужих" секторов.

Таким образом, при энергии 5 ГэВ вклады "чужих" секторов не превышают 15%, поэтому анализ многочастичных процессов методом LPS может дать не только качественную картину взаимодействия, но и достаточно точную количественную. К аналогичным выводам пришли авторы, исследовавшие LPS -анализом реакцию  $\pi^- p \rightarrow \pi^- \pi^- \pi^+ p$  при энергии 5 ГэВ<sup>/11/</sup>.

В таблице приведены эффективные сечения реакции /1/ по секторам LPS. Для сравнения там же помещены результаты, полученные другими авторами при разных энергиях. /Наши данные отнормированы на полное сечение процесса  $\pi^+ p \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^- p$  при энергии 5 ГэВ<sup>/10/</sup>.

Из таблицы следует, что сечения для секторов I и III, связанные с дифракционной диссоциацией налетающей частицы /пиона/ и мишени /нейтрона/ соответственно, остаются постоянными в пределах ошибок экспериментов при изменении энергии в широком диапазоне от 5 до 16 ГэВ, что является характерным для процессов, в которых обменной частицей является померон\*. Неоднородность заполнения сектора I в отличие от результатов экспериментов при более высоких энергиях свидетельствует о более выраженной роли лидирующих частиц. Эффективные сечения для секторов II и IV падают с ростом энергии, что согласуется с моделями мезонных обменов.

\* Для сектора I из полного сечения, указанного в таблице в скобках, вычтено сечение когерентного рождения трех пионов на ядрах углерода, полученное нами ранее /6/. Ошибки в последней колонке включают в себя статистическую ошибку и оценку вклада в сечение "чужих" секторов. В сечениях перекрытие не учитывалось.

## Литература

1. L. Van Hove. *Phys.Lett.*, 28B, 429 (1969); *Nucl.Phys.*, B9, 331(1969).
2. J.Bartsch et al. *Nucl.Phys.*, B19, 381 (1970).
3. W.Kittel et al. *Nucl.Phys.*, B30, 333 (1971).
4. G.Tomasini et al. *Nuovo Cim.*, 7A, 651 (1972).
5. А.В.Богомолов и др. *ПТЭ*, 1, 61 /1964/.
6. Н.С.Амаглобели и др. *Письма в ЖЭТФ*, 14, 558 /1971/.
7. R.Arnold et al. *Phys.Lett.*, 36B, 261 (1971).
8. M.Szeptycka. Report N 13421V11PH, 1971, Warszawa.
9. J.V.Beaupre et al. *Nucl.Phys.*, B96, 1 (1972).
10. Pols et al. *Nucl.Phys.*, B25, 109 (1971).
11. Berlin - Bucharest - Dubna - Kosice - Ulhan-Bator - Collaboration ICHEP, 1972 (Batavia).

Рукопись поступила в издательский отдел  
16 сентября 1974 года.