

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



A-646

15/v-78  
P1 - 11293

2133/2-78

ИЗУЧЕНИЕ ИНКЛЮЗИВНЫХ СПЕКТРОВ  
ВТОРИЧНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ,  
ОБРАЗОВАННЫХ В  $\pi^- 12\text{C}$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ 40 ГэВ/с

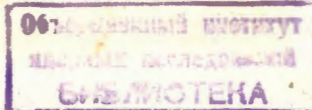
**1978**

P1 - 11293

ИЗУЧЕНИЕ ИНКЛЮЗИВНЫХ СПЕКТРОВ  
ВТОРИЧНЫХ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ,  
ОБРАЗОВАННЫХ В  $\pi^- 12\text{C}$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ  
ПРИ 40 ГэВ/с

Сотрудничество: Бухарест, Дубна, София, Ташкент.

*Направлено в ЯФ*



Ангелов Н. и др.

P1 - 11293

Изучение инклюзивных спектров вторичных заряженных частиц, образованных в  $\pi^- 12\text{C}$ -взаимодействиях при 40 ГэВ/с

Изучены структурные функции  $(E \frac{d^3\sigma}{dp^3})$  для  $\pi^\pm$ -мезонов, образованных в  $\pi^- 12\text{C}$ -взаимодействиях при  $P_{\pi^-} = 40$  ГэВ/с в зависимости от поперечного импульса ( $P_\perp$ ). Для  $P_\perp \geq 0,15$  ГэВ/с распределения имеют экспоненциальный вид, причем параметры наклона для  $\pi^\pm$ -мезонов, испущенных в лабораторной системе координат вперед, близки друг к другу и мало отличаются от параметров наклона во взаимодействиях  $pp$ - и  $p$ -ядро в широком диапазоне первичных энергий. Отдельно изучены структурные функции для лидирующих частиц, исследована  $A$ -зависимость отношения инвариантных сечений для  $\pi^- 12\text{C}$ - и  $\pi^- p$ -взаимодействий в различных интервалах поперечных импульсов  $\pi^\pm$ -мезонов.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Angelov N. et al.

P1 - 11293

A Study of Inclusive Spectra of Secondary Charged Particles Produced in  $\pi^- 12\text{C}$ -Interactions at 40 GeV/c

The structure functions  $(E \frac{d^3\sigma}{dp^3})$  for  $\pi^\pm$ -mesons produced in  $\pi^- 12\text{C}$  interactions at  $P_{\pi^-} = 40$  GeV/c have been studied as a function of transverse momentum ( $P_\perp$ ). For  $P_\perp \geq 0,15$  GeV/c the distributions have an exponential form, the slope parameters for  $\pi^\pm$ -mesons emitted forward (in lab. c.s.) being near to each other and differing slightly from those for  $pp$ - and  $p$  nuclear interactions in a wide range of primary energies. Separately, the structure functions for leading particles have been studied, the  $A$  dependence of invariant cross section ratio for  $\pi^- 12\text{C}$  and  $\pi^- p$  interactions has been investigated in various ranges of  $\pi^\pm$  meson transverse momenta.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research.

Dubna 1978

## §1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа является продолжением цикла исследований  $\pi^- 12\text{C}$ -взаимодействий, выполненных в рамках Сотрудничества по обработке снимков с двухметровой пропановой пузырьковой камеры ОИЯИ, облученной  $\pi^-$ -мезонами с импульсом 40 ГэВ/с на ускорителе ИФВЭ. В этих работах подробно изучены вопросы, связанные с множественностью вторичных заряженных частиц и  $\gamma$ -квантов <sup>/1-4/</sup>; корреляции между вторичными заряженными частицами, между  $\gamma$ -квантами <sup>/4,5/</sup>; инклюзивные распределения протонов, странных частиц и  $\gamma$ -квантов <sup>/6-8/</sup>; когерентные взаимодействия <sup>/9/</sup>. Получены предварительные результаты по инклюзивным спектрам  $\pi^\pm$ -мезонов <sup>/3/</sup>, исследованы свойства лидирующих частиц <sup>/10/</sup>.

В данной работе на основе анализа  $\approx 6000$   $\pi^- 12\text{C}$ -взаимодействий изучались инклюзивные реакции типа:



Методические вопросы, связанные с отбором и обработкой событий, изложены в наших работах <sup>/1,3/</sup>.

## §2. ИНКЛЮЗИВНЫЕ СПЕКТРЫ

Исследовано поведение структурной функции  $E \frac{d^3\sigma}{dp^3}$

для  $\pi^\pm$ -мезонов, образовавшихся в  $\pi^- 12\text{C}$ -взаимо-

действиях, в зависимости от поперечного импульса ( $P_{\perp}$ ), и проведено сравнение с результатами для  $\pi^-p$ -взаимодействий при той же энергии первичного  $\pi^-$ -мезона.

На рис. 1 показаны распределения для всех вторичных  $\pi^{\pm}$ -мезонов, т.е. для  $\pi^{\pm}$ -мезонов, испущенных под всеми углами в лабораторной системе координат /л.с.к./. В интервале  $P_{\perp} \geq 0,150$  ГэВ/с распределения имеют экспоненциальный вид как для  $\pi^+$ , так и для  $\pi^-$ -мезонов, причем для  $\pi^-$ -мезонов структурная функция падает с ростом  $P_{\perp}$  быстрее, чем для  $\pi^+$ -мезонов.

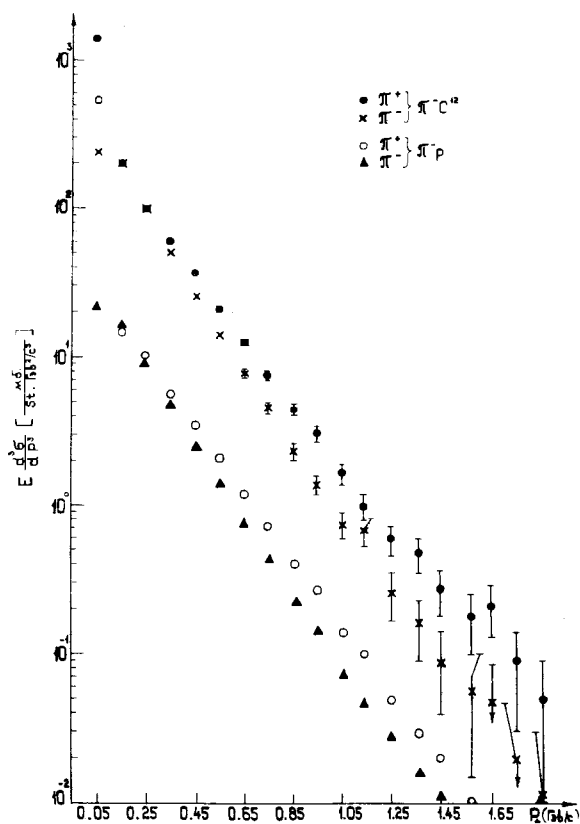


Рис. 1. Структурные функции для  $\pi^{\pm}$ -мезонов, испущенных под всеми углами в л.с.к.

То же самое наблюдается и для  $\pi^-p$ -взаимодействий.

Отметим, что в интервале углов испускания  $0^{\circ} - 12^{\circ}$  в л.с.к.\* разница в поведении спектров  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов уменьшается, причем инвариантные сечения для  $\pi^+$ -мезонов начинают падать с ростом  $P_{\perp}$  быстрее, чем для  $\pi^-$ -мезонов /рис. 2/.

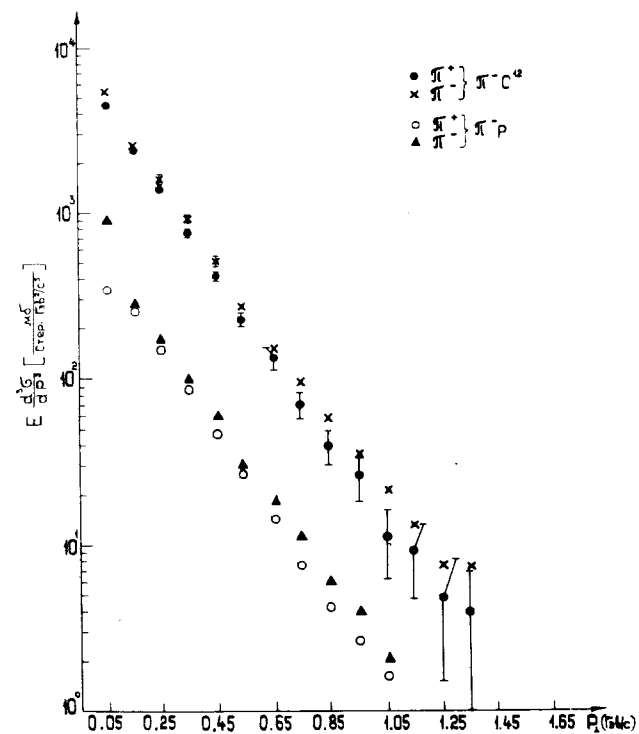


Рис. 2. Структурные функции для  $\pi^{\pm}$ -мезонов, испущенных в интервале углов в л.с.к. от  $0^{\circ}$  до  $12^{\circ}$ .

\*Угол  $12^{\circ}$  в л.с.к. соответствует  $90^{\circ}$  в системе центра инерции  $\pi$ -мезон-нуклон.

Приведенные на рис. 1 и 2 распределения были аппроксимированы функцией

$$E \frac{d^3\sigma}{dp^3} = \text{const } e^{-BP_{\perp}} \quad /2/$$

в области  $P_{\perp} \geq 0,150 \text{ ГэВ/с}$ . Значения свободного параметра  $B$  приведены в табл. 1. В эту таблицу дополнительно включены результаты аппроксимации функцией /2/ распределений для  $\pi^{\pm}$ -мезонов, испущенных в л.с.к. под углами от  $3^{\circ}$  до  $12^{\circ}$ , а также данные, полученные в работах /11-13/ при изучении взаимодействий  $pp$ - и  $p$ -ядро в широком диапазоне первичных энергий. Как видно из таблицы, наклоны экспонент для  $\pi^{+}$ - и  $\pi^{-}$ -мезонов близки друг к другу /за исключением отмеченного выше случая испускания  $\pi^{\pm}$ -мезонов под всеми углами/ и мало чувствительны к природе и энергии первичной частицы, а также к массе ядра мишени.

Более подробно была изучена область малых поперечных импульсов  $/P_{\perp} < 0,150 \text{ ГэВ/с}/$ . Распределения

$$E \frac{d^3\sigma}{dp^3} = f(P_{\perp}) \quad \text{показаны на рис. 3. Оказалось, что}$$

резкий подъем в инвариантных сечениях для  $\pi^{+}$ -мезонов как в  $\pi^{-}^{12}\text{C}$ -, так и в  $\pi^{-}p$ -взаимодействиях относится к интервалу очень малых поперечных импульсов  $/P_{\perp} \leq 0,015 \text{ ГэВ/с}/$ , затем в распределении намечается плато до  $P_{\perp} \approx 0,150 \text{ ГэВ/с}$ .

### §3. А - ЗАВИСИМОСТЬ

В экспериментах по адрон-ядерным взаимодействиям обнаружено, что в выражении для эффективного числа нуклонов ядра  $A_{\text{eff}}^{/14,15/}$ , принимающих участие во взаимодействии:

$$A_{\text{eff}} = \left( E \frac{d^3\sigma}{dp^3} \right)_{\text{адрон-ядро}} / \left( E \frac{d^3\sigma}{dp^3} \right)_{\text{адрон-адрон}} = A^{\alpha(P_{\perp})} \quad /3/$$

Таблица 1  
Значение параметра  $B$  в выражении  $E \frac{d^3\sigma}{dp^3} = \text{const } e^{-BP_{\perp}}$

Реакция	$E_0$ (ГэВ)	Углы испускания	$B$ (ГэВ/с) <sup>-1</sup>		$\chi^2$		Ссылка
			$\pi^{+}$	$\pi^{-}$	$\pi^{+}$	$\pi^{-}$	
$\pi^{-12}\text{C}$	40	все углы в л.с.к. углы в л.с.к. $0^{\circ} - 12^{\circ}$ углы в л.с.к. $3^{\circ} - 12^{\circ}$	$5,39 \pm 0,05$	$6,59 \pm 0,06$	3,44	2,50	Настоящая работа
			$5,86 \pm 0,11$	$5,42 \pm 0,10$	0,13	0,61	
			$5,74 \pm 0,12$	$5,34 \pm 0,11$	0,12	0,58	
$pp$ ( $A = 8, 17, W$ )	28,5	$90^{\circ}$ в с.п.и.	$5,97 \pm 0,15$	$5,86 \pm 0,15$			[11]
	300	$90^{\circ}$ в с.п.и.	$5,86 \pm 0,05$	$5,97 \pm 0,05$	1,1	1,8	[12]
	500	"-	$5,80 \pm 0,06$	$5,92 \pm 0,06$	2,4	1,9	
	1000	"-	$5,72 \pm 0,07$	$5,91 \pm 0,07$	1,9	1,5	
	1500	"-	$5,65 \pm 0,10$	$5,75 \pm 0,07$	6,8	3,2	
$pp$	12	$90^{\circ}$ в с.п.и.	$6,25 \pm 0,07$	$6,55 \pm 0,07$			[13]
	24	"-	$6,14 \pm 0,07$	$6,28 \pm 0,07$			

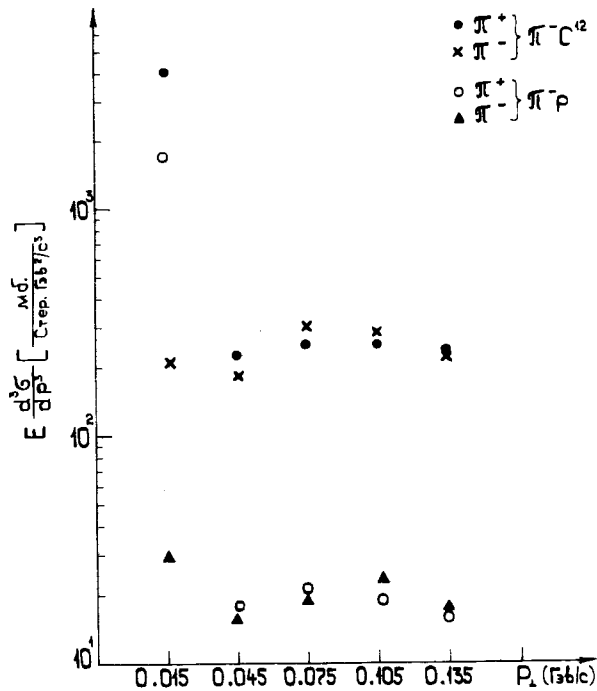


Рис. 3. Структурные функции для  $\pi^\pm$ -мезонов в области малых поперечных импульсов.

степенной показатель  $\alpha(P_\perp)$  растет с увеличением  $P_\perp$  и может достигать значений, больших чем единица. Мы исследовали структуру поведения величин  $\alpha(P_\perp)$  на примере отобранных нами  $\pi^-^{12}\text{C}$ - и  $\pi^-p$ -взаимодействий при  $P_{\pi^-} = 40 \text{ ГэВ/с}$ . Полученные значения величин  $\alpha(P_\perp)$  не отличаются существенно от единицы во всем интервале исследованных  $P_\perp$  /рис. 4/ \*, причем в соответствующих интервалах  $P_\perp$  они оказались близкими к значениям, полученным для взаимодействий  $p$ -ядро при  $E_p = 28,5 \text{ ГэВ/11}$  и  $300 \text{ ГэВ/14}$ .

\*"Аномальное" поведение  $\pi^+$ -мезонов для очень малых  $P_\perp$  /как и в случае структурных функций, рис. 3/ остается пока непонятным.

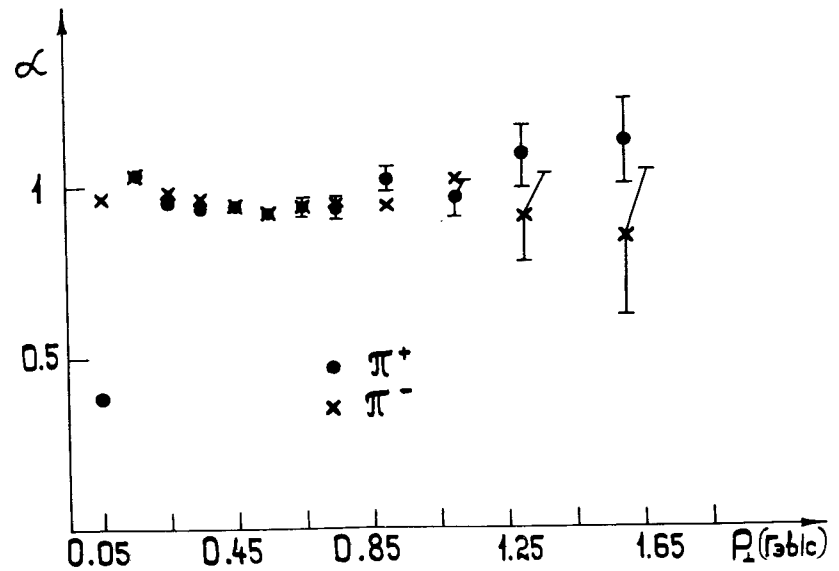


Рис. 4. Распределение величин  $\alpha(P_\perp)$  (см. текст, формула /3/).

#### §4. СТРУКТУРНЫЕ ФУНКЦИИ ДЛЯ ЛИДИРУЮЩИХ ЧАСТИЦ

В качестве лидирующей рассматривалась самая быстрая в данном событии вторичная заряженная частица /10/. Структурные функции для этих частиц в зависимости от  $P_\perp$  вместе с результатами для  $\pi^-p$ -взаимодействий показаны на рис. 5. Распределения для  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов в  $\pi^-^{12}\text{C}$ - и  $\pi^-p$ -взаимодействиях по форме подобны друг другу и существенно отличаются от поведения структурных функций, рассмотренных в §2. Такая же картина наблюдается для всех  $\pi^\pm$ -мезонов с энергией выше некоторой граничной. В качестве примера на рис. 6 показаны структурные функции для  $\pi^\pm$ -мезонов с  $E_\perp \geq 0,3 E_0/E_0$  - энергия налетающего  $\pi^-$ -мезона/.

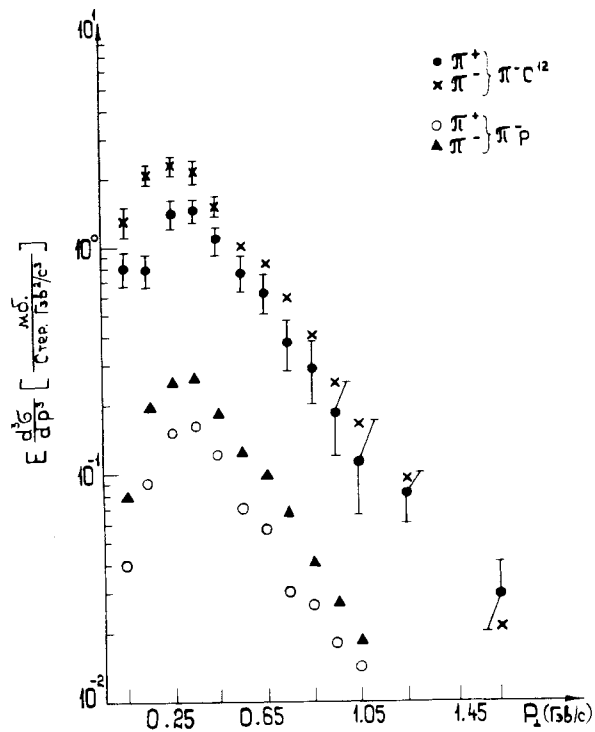


Рис. 5. Структурные функции для лидирующих частиц.

Распределения структурных функций для лидирующих частиц и для  $\pi^\pm$ -мезонов с  $E \geq 0,3 E_0$  были аппроксимированы выражением вида

$$E \frac{d^3 \sigma}{dp^3} = \text{const} P_{\perp}^{A_1} e^{-A_2 P_{\perp}} \quad /4/$$

Полученные значения параметров  $A_1$  и  $A_2$  приведены в табл. 2. Отметим, что значения параметров для лидирующих частиц и для  $\pi^\pm$ -мезонов с  $E \geq 0,3 E_0$  в пределах ошибок совпадают.

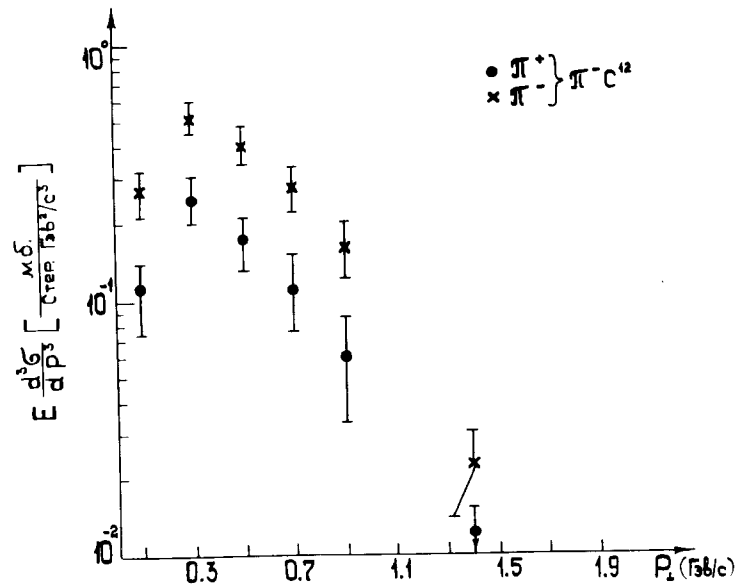


Рис. 6. Структурные функции для  $\pi^\pm$ -мезонов с  $E \geq 0,3 E_0$ .

Таблица 2  
Параметры  $A_1$  и  $A_2$  в выражении  $E \frac{d^3 \sigma}{dp^3} = \text{const} P_{\perp}^{A_1} e^{-A_2 P_{\perp}}$

	Лидирующие частицы		$\pi^\pm$ - мезоны с $E \geq 0,3 E_0$	
	$\pi^+$	$\pi^-$	$\pi^+$	$\pi^-$
$A_1$	$1,81 \pm 0,31$	$0,95 \pm 0,11$	$1,54 \pm 0,51$	$1,28 \pm 0,31$
$A_2$ (ГэВ/с) <sup>-1</sup>	$6,03 \pm 0,69$	$4,81 \pm 0,33$	$5,12 \pm 1,37$	$4,28 \pm 0,83$
$\bar{\chi}^2$	0,53	0,17	0,11	0,66

## ВЫВОДЫ

Основные результаты работы можно сформулировать следующим образом:

1. Структурные функции  $\pi^\pm$ -мезонов в зависимости от поперечного импульса имеют экспоненциальный вид в области  $P_\perp \geq 0,150$  ГэВ/с, причем для  $\pi^\pm$ -мезонов, испущенных в л.с.к. вперед, параметры наклона близки друг к другу и мало отличаются от параметров наклона, полученных при анализе взаимодействий  $p\bar{p}$ - и  $p$ -ядро в широком диапазоне первичных энергий.

2. Степенные показатели в  $A$ -зависимости отношения инвариантных сечений для  $\pi^-$ - $^{12}\text{C}$ - и  $\pi^-p$ -взаимодействий близки к единице как для  $\pi^+$ , так и для  $\pi^-$ -мезонов в интервале  $P_\perp \geq 0,150$  ГэВ/с.

3. Структурные функции для лидирующих частиц и  $\pi^\pm$ -мезонов с  $E \geq 0,3E_0$  совпадают друг с другом и по форме подобны соответствующим распределениям для  $\pi^-p$ -взаимодействий при той же энергии налетающего  $\pi^-$ -мезона.

Авторы благодарны лаборантам, принимавшим участие в просмотре снимков с двухметровой пропановой камеры и обработке полученного материала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, P1-6277, Дубна, 1972. ЯФ, 1972, 16, с. 989; 1973, 18, с. 1251; 1974, 20, с. 384.
2. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1976, 24, с. 732.
3. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1977, 25, с. 1013.
4. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1977, 25, с. 1009; 1977, 26, с. 811.
5. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1977, 26, с. 1029; ОИЯИ, P1-10768, Дубна, 1977.
6. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1975, 22, с. 1026.
7. Азимов С.А. и др. ЯФ, 1976, 23, с. 987.
8. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1977, 25, с. 350; 1977, 25, с. 1201.
9. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1976, 24, с. 356.
10. Аношин А.И. и др. ОИЯИ, 1-10804, Дубна, 1977.
11. Becker U. e.a. Phys.Rev.Lett., 1976, 37, p. 1731.
12. Banner M.B. e.a. Phys.Lett., 1972, 41B, p. 547.

13. Blobel V. e.a. Nucl.Phys., 1974, B69, p. 454.
14. Cronin J.V. e.a. Phys.Rev., 1975, D11, p. 3105; In: Proc. of the XVII Intern.Conf. on High Energy Physics, London, July, 1974.
15. Boymoud J.P. e.a. Phys.Rev.Lett., 1974, 33, p. 112.

Рукопись поступила в издательский отдел  
31 января 1978 года.