

Исх. № Письма в ред., 1971, т. 13, том. 12,  
с. 665-668. 30/VIII-71

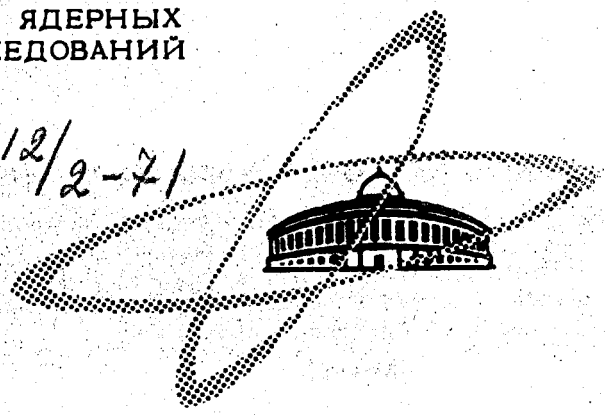
Б-903

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

3012/2-71

P1 - 5874



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

Ю.А. Будагов, В.Б. Виноградов, А.Г. Володько,  
В.П. Желепов, В.С. Кладницкий, Н.К. Куциди,  
Ю.Ф. Ломакин, В.А. Максименко, Г. Мартинска,  
В.Б. Флягин, Ю.Н. Харжеев, Л. Шандор

ВОЗМОЖНОЕ СУЩЕСТВОВАНИЕ  
 $\pi^- \gamma$ -РЕЗОНАНСА  
С МАССОЙ 270 МЭВ

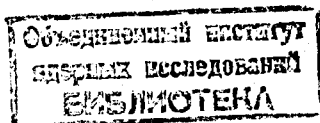
1971

P1 - 5874

Ю.А.Будагов, В.Б.Виноградов, А.Г.Володько,  
В.П.Джелепов, В.С.Кладницкий, Н.К.Куциди\*,  
Ю.Ф.Ломакин, В.А.Максименко, Г. Мартинска,  
В.Б.Флягин, Ю.Н.Харжеев, Л. Шандор

ВОЗМОЖНОЕ СУЩЕСТВОВАНИЕ  
 $\pi^- \gamma$ -РЕЗОНАНСА  
С МАССОЙ 270 МЭВ

*Направлено в ЯФ*



\* Тбилисский Государственный университет.

Настоящая работа является частью систематического исследования радиационных схем распада мезонных и барионных резонансов, которое проводится с помощью метровой пропановой пузырьковой камеры<sup>/1/</sup> Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Камера облучалась в пучке  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 5 Гэв/с синхрофазотрона Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

В данной работе получено экспериментальное указание на возможное существование нового мезонного резонанса: в спектре эффективных масс системы  $\pi^- \gamma$ , образующейся в реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^- p + (2,3)\gamma$  при  $P_{\pi^-} = 5$  Гэв/с, наблюдается узкий пик при  $M = 270$  Мэв<sup>x/</sup>.

Эксперимент основан на анализе  $\approx 6000$  двухлучевых звезд с двумя и более гамма-квантами, найденных при просмотре 230000 фотографий. Эти события были по крайней мере дважды измерены на полуавтоматических установках, соединенных "он-лайн" с ЭВМ "Минск-22" и обработаны на ЭВМ БЭСМ-4 по программам геометрической реконструкции и кинематического анализа событий. Статистический анализ и отбор событий по критериям производился на ЭВМ CDC1804A с помощью программы SUMX.

Система обработки детально описана ранее<sup>/3,4/</sup> и использовалась в ряде экспериментов<sup>/5-8/</sup>. В качестве примера, показывающего, что она обеспечивает получение несмещенных значений кинематических параметров

<sup>x/</sup> Предварительные результаты этого эксперимента были представлены на XV Международную конференцию по физике высоких энергий (Киев, 1970) и приведены в раппортерском докладе А. Астье<sup>/2/</sup>.

$\pi^\pm$ -мезонов и гамма-квантов, на рис. 1 приведены распределение по эффективной массе двух гамма-квантов, образующихся в реакциях  $\pi^-p \rightarrow \pi^-p 2\gamma$  и  $\pi^-p \rightarrow n\pi^+\pi^-2\gamma$ , и распределение по эффективной массе системы  $\pi^+\pi^-$  для  $V^0$ -частиц, идентифицированных как  $K^0$ -мезоны. Другой пример, демонстрирующий отсутствие систематических ошибок в измерении глубинного и азимутального углов  $\gamma$ -квантов, приведен на рис. 2, где показаны распределения по величинам  $k_\phi$  и  $k_\lambda$  для гамма-квантов<sup>х/</sup>.

$$k_\phi = (\phi_0 - \phi_\gamma) / [(\Delta\phi_0)^2 + (\Delta\phi_\gamma)^2]^{1/2},$$

$$k_\lambda = (\lambda_0 - \lambda_\gamma) / [(\Delta\lambda_0)^2 + (\Delta\lambda_\gamma)^2]^{1/2}.$$

Эти распределения имеют гауссовский характер со средними значениями  $\approx 0$  и дисперсиями  $\approx 1$ .

Для изучения были оставлены события типа  $\pi^-p \rightarrow p\pi^-(2,3)\gamma$ , удовлетворяющие следующим условиям:

- 1) протоны идентифицированы по ионизации и остановке в камере; импульсы протонов не превышают 900 Мэв/с;
- 2) длины треков вторичных заряженных частиц звезды не менее 2 см, а импульсы этих частиц измерены с точностью не хуже 30%;
- 3) гамма-кванты принадлежат к исследуемому взаимодействию согласно критериям  $|k_\phi| \leq 3$ ,  $|k_\lambda| \leq 3$ ,  $\theta_\gamma \leq 5$ <sup>хх/</sup> и имеют импульсы более 30 Мэв/с, измеренные с точностью не хуже 25%;
- 4) Углы разлета между двумя гамма-квантами не менее  $2^\circ$ .

---

<sup>х/</sup>  $\phi_0$  и  $\lambda_0$  - азимутальный и глубинный углы направления, определяемого по координатам точек образования и конверсии гамма-кванта (направление 1),  $\phi_\gamma$  и  $\lambda_\gamma$  - измеренные величины глубинного и азимутального углов  $e^+e^-$ -пары конверсии (направление 2);  $\Delta\phi_{0,\gamma}$  и  $\Delta\lambda_{0,\gamma}$  - соответствующие ошибки.

<sup>хх/</sup>  $\theta_\gamma$  - угол между направлениями (1) и (2).

Эти условия были введены для того, чтобы а) обеспечить более надежную идентификацию и однородную выборку события (с точки зрения ошибок измерения); б) уменьшить фон гамма-квантов, не принадлежащих исследуемому взаимодействию, в том числе отбросить вторичные гамма-кванты, возникшие в результате тормозного излучения электрона (позитрона) первичной пары конверсии.

Моделирование процесса определения принадлежности гамма-кванта к данному взаимодействию показало, что в условиях настоящего эксперимента фон гамма-квантов, не принадлежащих к исследуемому взаимодействию, при использовании перечисленных выше критериев не превышает 1%.

После применения этих критериев осталось 238 событий типа  $\pi^- p \rightarrow \pi^- p + 2\gamma$  и 36 событий  $\pi^- p \rightarrow \pi^- p + 3\gamma$ . На рис. 3 приведено распределение по эффективной массе  $M(\pi^- \gamma)$  для этих событий (584 комбинации). В области масс 240–290 Мэв наблюдается существенное превышение числа событий над фоновой кривой.

Фоновая кривая является суммой распределений  $M_1(\pi^- \gamma)$ , рассчитанных для реакций, дающих основной вклад в полное сечение процесса  $\pi^- p \rightarrow \pi^- p + \text{"нейтральные частицы"}$ <sup>9-12/</sup>:

$$\pi^- p \rightarrow \pi^- p + (1,2,3,4) \pi^0, \quad (1)$$

$$\rightarrow p p^- + (0,1,2) \pi^0, \quad (2)$$

$$\rightarrow \Delta^+ (1236) \pi^- + (0,1) \pi^0. \quad (3)$$

Распределения  $M_1(\pi^- \gamma)$ , а также эффективности регистрации реакций (1)–(3) были вычислены методом Монте-Карло по программе **FOWL** с учётом углового распределения барионов в системе центра масс первичного взаимодействия, вероятности регистрации гамма-квантов в камере и критериев отбора событий (аналогично<sup>13/</sup>).

Распределения  $M_1(\pi^- \gamma)$  включались в суммарную фоновую кривую с весом, пропорциональным сечению и эффективности регистрации  $i$ -го канала.

Сечения реакций (1)-(3), за исключением реакций с образованием одного  $\pi^0$ -мезона, были определены из величин сечений соответствующих реакций с заряженными  $\pi$ -мезонами и статистических изоспиновых коэффициентов <sup>/14/</sup>. Сечения реакций  $\pi^- p \rightarrow p \pi^- \pi^0$ ,  $\pi^- p \rightarrow p \rho^-$  и  $\pi^- p \rightarrow \Delta_{(1236)}^- \pi^-$  при 5 ГэВ/с были получены интерполяцией данных при 4 ГэВ/с <sup>/10,11/</sup> и 6 ГэВ/с <sup>/15/</sup>.

Нормировка фоновой кривой произведена на полное число событий вне пика. Превышение числа событий над фоновой кривой в области масс 240-290 МэВ/с соответствует  $(5,2 \pm 0,4)$  стандартным отклонениям (70 событий при ожидаемых 38). Погрешность в этой величине отражает неопределенность положения фоновой кривой, обусловленную погрешностями в величинах сечений реакций (1)-(3).

Аппроксимация методом наименьших квадратов экспериментального спектра  $M(\pi^- \gamma)$  суммой гауссовой и фоновой кривых дала среднее значение  $M = 270 \pm 5$  МэВ и ширину  $\Gamma = 13 \pm 5$  МэВ. Полученное значение ширины  $\Gamma$  совпадает с расчётной величиной экспериментального разрешения в данной области масс (12 МэВ).

Для выяснения вопроса о том, не является ли наблюдаемый нами пик "кинематическим отражением" распадов известных резонансов  $\eta$ ,  $\omega$ ,  $f$ ,  $a$ , <sup>x/</sup> были смоделированы реакции:

$$\pi^- p \rightarrow \pi^- p \eta (\eta \rightarrow 2\gamma; 3\pi^0) + (0,1,2) \pi^0, \quad (4)$$

$$\rightarrow \pi^- p \omega (\omega \rightarrow \pi^0 \gamma) + (0,1) \pi^0, \quad (5)$$

---

<sup>x/</sup> Символом  $a$  обозначен возможный резонанс в  $\pi\pi$ -системе с массой  $M \approx 330$  МэВ, сообщение о котором было опубликовано в <sup>/16/</sup>.

$$\rightarrow \pi^- p f (f \rightarrow 2 \pi^0) + (0,1,2) \pi^0, \quad (6)$$

$$\rightarrow \pi^- p a (a \rightarrow 2 \pi^0) + (0,1) \pi^0. \quad (7)$$

Распределения  $M(\pi^- \gamma)$  для этих реакций показаны на рис. 4. Как видно, ни один из рассмотренных каналов не может привести к имитации узкого пика при  $M \approx 270$  Мэв. Кроме того, сечения реакций (4)–(7) существенно меньше сечений реакций (1)–(3).

Поэтому можно предположить, что наблюдаемый нами эффект обусловлен существованием нового мезонного резонанса<sup>x/</sup>.

Мы благодарны Лаборатории высоких энергий за содействие в экспозиции камеры на синхрофазотроне, Лаборатории вычислительной техники и автоматизации за измерение событий и лаборантам нашей группы за просмотр фотографий и обработку событий.

#### Л и т е р а т у р а

1. А.В. Богомолов и др. ПТЭ, 1, 61 (1964).
2. A. Astier. Report on the Bosonic Resonances.  
Материалы XV Международной конференции по физике высоких энергий, Киев, 1970. Публикация ОИЯИ, 5454, Дубна, 1970.
3. В.Н. Шигаев, А.А. Шуравин. В кн. "IV симпозиум по радиоэлектронике". Прага, 1966, Институт ядерных исследований, ЧАН, Прага, 1967.  
В.И. Бондаренко и др. Препринт ОИЯИ, 10-3246, Дубна, 1967.
4. Н.А. Буздавина и др. Публикация ОИЯИ, Б1-10-3572, Дубна, 1967.
5. G. Vozoki et al. Phys.Lett., 28B, 360 (1968).
6. Н.П. Богачев и др. Письма в ЖЭТФ, 10, 168 (1969).

<sup>x/</sup> В работах /17,18/ обсуждалась возможность существования мезонов, для которых запрещены распады по сильному взаимодействию, и было показано, что если эти мезоны имеют массу в интервале 140–560 Мэв и квантовые числа  $S=0, I=1, J=1$ , то они распадаются в основном по электромагнитному взаимодействию с участием  $\gamma$ -квантов.

7. Ю.А. Будагов и др. Письма в ЖЭТФ, 11, 28, 31 (1970).
8. Ю.А. Будагов и др. ЯФ, 12, 1222 (1970).
9. A.R. Dzierba et al. Phys.Rev., D2, 2544 (1970).
10. L. Bondar et al. Nuovo Cim., 31, 485, 729 (1964).
11. R.P. Eisner et al. Phys.Rev., 164, 1699 (1967).
12. B. Terreault, Ph.D. Thesis. Univ. of Illinois, 1969.
13. В.Б. Виноградов и др. Сообщение ОИЯИ, 13-5516, Дубна, 1970.
14. В.Б. Виноградов и др. Препринт ОИЯИ, P1-5471, Дубна, 1970.
15. D.J. Crennel et al. Phys.Lett., 28B, 136 (1968).
16. B. Maglic et al. Evidence for structure in s-wave  $\pi\pi$ -interaction near threshold.  
Доклад на XV Международной конференции по физике высоких энергий, Киев, 1970. Публикация ОИЯИ, 5454, Дубна, 1970.
17. В.Г. Гришин. ЯФ, 2, 13 (1965).
18. V.G. Grishin, G.I. Kopylov. Nuovo Cim., 37, 962 (1965).

Рукопись поступила в издательский отдел

17 июня 1971 года.



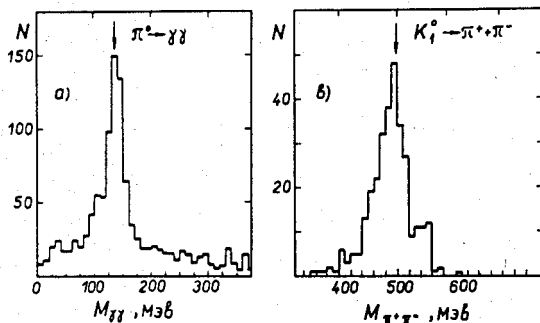


Рис. 1. а) Распределение по эффективной массе двух гамма-квантов, образующихся в реакциях  $\pi^-p \rightarrow \pi^-p 2\gamma$  и  $\pi^-p \rightarrow n\pi^+\pi^-2\gamma$ ; б) Распределение по эффективной массе системы  $\pi^+\pi^-$  для  $V^0$ -событий, идентифицированных как  $K^0$ -мезоны.

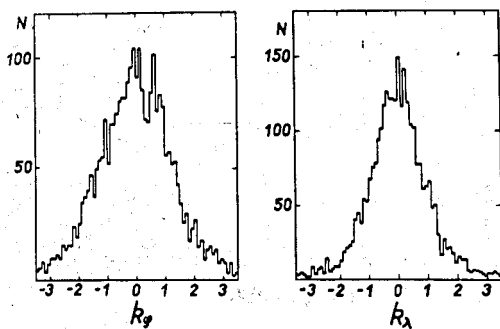


Рис. 2. Распределение гамма-квантов по величинам  $k_\phi$  и  $k_\lambda$ .

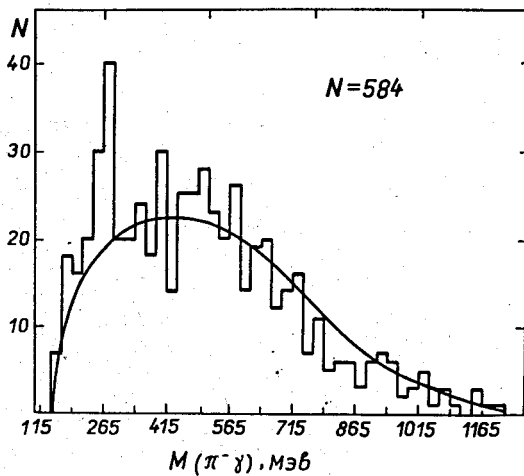


Рис. 3. Распределение по эффективной массе системы  $\pi^- \gamma$ , образующейся в реакции  $\pi^- p \rightarrow \pi^- p + (2,3) \gamma$ .

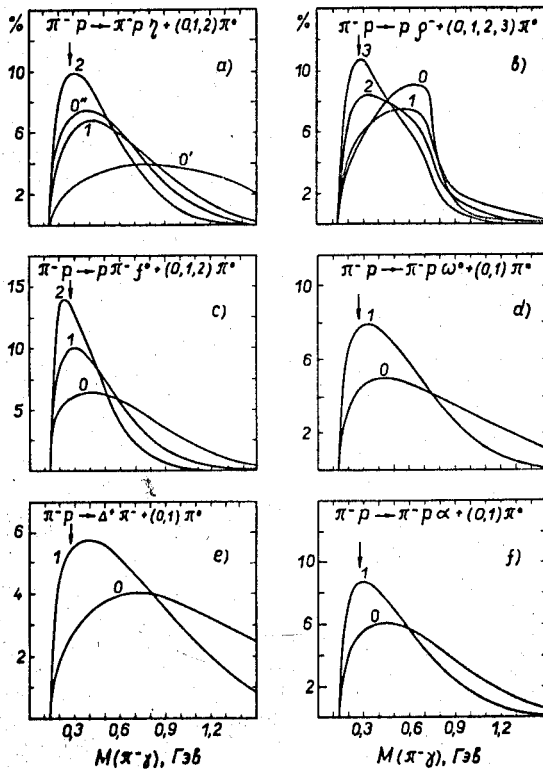


Рис. 4. Расчётные распределения по эффективной массе системы  $\pi^- \gamma$ , образующейся в реакциях (4)–(7); числа около кривых указывают количество  $\pi^0$ -мезонов в конечном состоянии. Индексы  $0'$  и  $0''$  на рис. 4а относятся к модам распада  $\eta \rightarrow 2\gamma$  и  $\eta \rightarrow 3\pi^0$ , соответственно.