

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

A 139

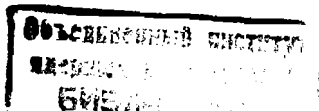
P1-88-102

О.Б.Абдинов*, А.А.Байрамов*, Ю.А.Будагов,
Ю.Ф.Ломакин, А.А.Маилов*, В.Б.Флягин,
Ю.Н.Харжеев

НАБЛЮДЕНИЕ
УЗКИХ ДИПРОТОННЫХ СОСТОЯНИЙ
В КАНАЛЕ $pp\gamma$

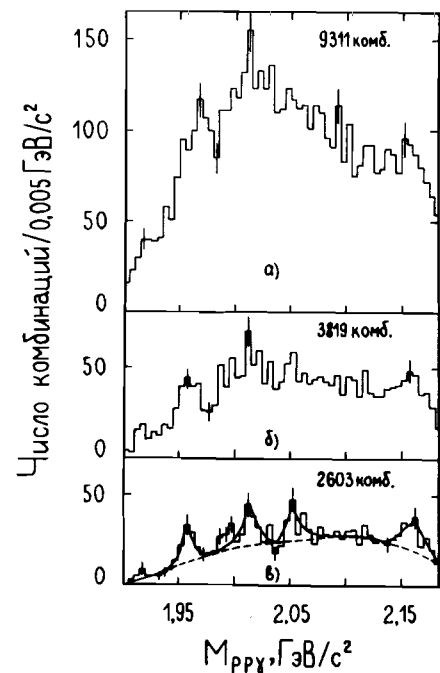
*Институт физики АН АзССР, Баку

В последние 4-5 лет интенсивный поиск узких дибарионных /шестикварковых/ состояний разными группами и разной методикой привел к обнаружению целого ряда кандидатов в такие состояния /1-15/, причем массы их группировались при одинаковых примерно значениях в диапазоне от $\rho\rho$ -порога до 2,3 ГэВ, а ширины были малы и, в основном, соответствовали экспериментальному разрешению. Узость пиков может быть одной из причин, почему эти состояния не обнаружены ранее /10/ - либо разрешение недостаточно хорошее, либо в экспериментах с точным значением начальной энергии /упругое $\rho\rho$ -рассеяние/ трудно попасть точно в положение резонанса. В то же время природа этих состояний и механизм их образования еще до конца не поняты, и вопрос о причине узости бурно обсуждается, выдвигаются различные гипотезы. Например, предполагают, что кварки группируются в цветные кластеры, поэтому вероятность распада $b\bar{q}$ -состояния в бесцветные объекты подавлена. /Нужно какое-то время на перестройку составляющих кварков/. Б.З.Копелиович, например, объясняет малую ширину этих состояний обесцвечиванием цветowych ($2\bar{q}$)- и ($4\bar{q}$) -кластеров, полагая, что вероятность обесцвечивания пропорциональна сечению взаимодействия дикварка и четырехкварка и определяется размером наименьшего объекта ($\sigma \sim \rho^2 \ln \rho$). Поскольку размер дикварка мал, то сечение этого процесса мало и, следовательно, вероятность аннигиляции цветowych объектов в бесцветные адроны тоже мала. Поэтому это состояние будет долгоживущим /имеет малую ширину/. Выдвигается также предположение о малости ширин в $\rho\rho$ -распадах из-за наличия центробежного барьера /система $\rho\rho$ рождается с высоким орбитальным моментом/ /16/ и о статистической природе узких структур /17/. Заманчива гипотеза, высказанная А.М.Балдиным и А.Б.Кайдаловым /8/. Она связана с нарушением квантового числа /изотопического спина/ в распаде низколежащих /до $M < 2m_\rho + m_\pi$ / дибарионов. Если, например, исходное узкое состояние имеет изотопический спин $I = 2$, то распад в $\rho\rho$ и $\rho\pi$ может осуществиться за счет электромагнитного взаимодействия. В работах /8, 16/ оценены парциальные ширины распадов низколежащих дибарионов в указанные выше состояния из состояний с изотопическим спином $I = 2$, которые оказались очень малыми и примерно одинаковыми. Была сделана попытка найти моду распада дибарионов в $\rho\pi$ на основе данных с двухметровой пропановой камеры, облученной π^- -мезонами с им-



пульсом 40 ГэВ/с. В системе рру с γ -квантами, взятыми из области $10 \leq E \leq 50$ МэВ, наблюдается концентрация событий вблизи 1936 МэВ, к сожалению, на бедной статистике.

Данная работа проведена с целью поиска возможных кандидатов в дибарионные состояния в рру-модели и корреляций между рр- и рру-каналами их распадов. Поиск осуществлен на основе данных, полученных при обработке фотоснимков с метровой пузырьковой камеры ЛЯП ОИЯИ, облученной отрицательными пионами с импульсом 5 ГэВ/с. Всего было отобрано ~15000 пион-углеродных /пропановая экспозиция/ и ~7500 пион-ядерных /пропан-фреоновая экспозиция/ взаимодействий с видимыми признаками неупругого ядерного столкновения /без учета квазиупругих пион-нейтронных взаимодействий/. Процедуры отбора и обработки событий описаны в работах ^{2, 18}/. Здесь лишь напомним некоторые моменты: протоны отбирались только однозначно идентифицированные с импульсом до 750 МэВ/с, в большинстве своем измеренные по по пробегу; γ -кванты с относительной погрешностью измерения импульса $\Delta p/p > 30\%$ исключались из рассмотрения; средние погрешности в определении азимутального и глубинного угла γ -кванта в пропане составляют 3 и 7 миллирадиан соответственно; исключались из рассмотрения так называемые тормозные γ -кванты. Средний вес γ -кванта в отобранной группе событий $W = 3,9 \pm 0,1$.



Всего было найдено 2901 событие по крайней мере с двумя протонами и одним γ -квантом, составившее 9311 комбинаций рру.

Для поиска возможных резонансных состояний воспользуемся методом, многократно ранее применявшимся ^{2, 8, 11, 13}/, благодаря которому можно выделить слабый сигнал на значительном фоне - методом последовательно-

Рис.1. Спектры инвариантных масс M_{prr} в различных интервалах импульсов протонов: а/ $P_p > 170$ МэВ/с; б/ $P_p > 230$ МэВ/с; в/ $P_p > 260$ МэВ/с. Сплошная линия - результат аппроксимации спектра полиномом 3-й степени и суммой функций Брейта - Вигнера. Штриховая линия - вклад фона.

го увеличения нижней границы импульсов отбираемых протонов. Как было проверено, подобная операция способствует выделению эффекта на уменьшающемся фоне от "испарительных" протонов, не приводя к появлению ложных особенностей.

На рис.1 представлена серия распределений по эффективным массам рру-комбинаций с указанными на рисунке критериями отбора. Видно, что с возрастанием импульса протонов, участвующих в комбинации рру, структуры в спектрах масс проявляются более четко. В низкомассовой области выделяются пики в области 1,92 и 1,96 ГэВ, выше заметны выбросы при 2,015, 2,050 и 2,160 ГэВ. Все перечисленные структуры ранее уже наблюдались в том или ином эксперименте в рр-спектрах масс, с различной значимостью. Первые два пика расположены на растущей части спектра, они менее подвержены влиянию способа проведения фоновой кривой и могут быть выделены более однозначно. Разрешение по эффективным массам $\sigma(M)$ в области первого пика составляет 2 ± 3 МэВ, в области второго - 4 ± 6 МэВ, далее медленно возрастает и в области 2,050 \pm 2,180 ГэВ достигает 11 ± 20 МэВ. На рис.1в представлено распределение эффективных масс рру-комбинаций с ограничением импульсов протонов величиной $P_p > 260$ МэВ/с. Там же показана кривая, соответствующая описанию спектра полиномом третьей степени и суммой функций Брейта - Вигнера. Результаты аппроксимации приведены в таблице для случая с фиксированными ширинами, причем описание примерно соответствует С.Л. $\approx 80\%$, тогда как описание этого распределения только полиномом существенно хуже /С.Л. $< 2 \cdot 10^{-3}$ /.

Таблица

$\langle M \pm \Delta M \rangle$, МэВ	1959 \pm 1	2014 \pm 2	2052 \pm 2	2159 \pm 3
Γ , МэВ /фикс./	8	15	15	20
Число ст.откл.				
$n = \frac{N_{эфф}}{\sqrt{N_{эфф} + N_{фон}}}$	4,6	4,8	2,6	3,5
с учетом неопред. фона				

Таким образом, структуры при ~1960 и ~2015 МэВ выделяются на уровне почти 5 стандартных отклонений. Оценка сечения рож-

дения состояния при ~ 1960 МэВ /при обрезании импульсов $P_p > 260$ МэВ/с/ составляет $\sigma = /1,73 \pm 0,37/$ мб, что практически совпадает с данными работы /11/ $\sigma = /1,41 \pm 0,19/$ мб, для рр-структуры с массой 1966 МэВ при близких условиях выделения эффекта. Эффекты при 2052 и 2159 МэВ менее статистически обеспечены, хотя ранее тоже наблюдались в рр-спектрах. На нижней границе спектра заметен выброс при ~ 1915 МэВ с небольшой шириной $/ < 3$ МэВ/ и значимостью более двух стандартных отклонений.

В распределениях эффективных масс рр-комбинаций также отчетливо видно проявление структур с увеличением импульсов протонов. Ясно видны пики при ~ 1885 и ~ 1920 МэВ и некоторая структура при более высоких массах. Спектр инвариантных масс двух протонов из области пиков ~ 1960 и ~ 1920 МэВ $M(pp)$ -спектра /рис.2/ имеет приблизительно ту же структуру - максимумы при ~ 1885 и ~ 1915 МэВ, только пик при 1885 МэВ более плоский, чем на гистограмме из всего спектра масс рру-комбинаций. В работе /8/ предполагалось, что если распад дибариона $(BB)_{I=2}^{++} \rightarrow p\bar{p}$ определяется фазовым объемом, то в спектре масс двух протонов должен наблюдаться менее выраженный, чем родительский, пик-"сателлит". Для дибариона с массой ~ 1965 МэВ максимум "сателлита" должен быть вблизи 1920 МэВ. Распределения на рис.2 практически не противоречат этому предположению, потому что пик /"сателлит"/ имеется почти в том месте, где предсказывался, хотя максимум смещен в меньшую сторону и не "размазан", а достаточно узкий. Однако если предположить, что существует

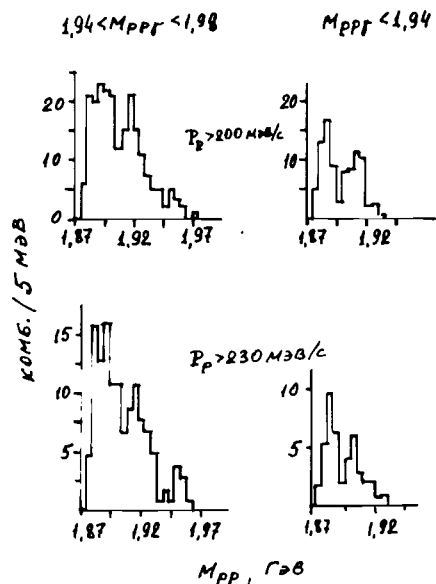


Рис.2. Спектры эффективных масс M_{pp} , взятых из области $M_{pp} < 1,94$ ГэВ и $1,94 < M_{pp} < 1,98$ ГэВ.

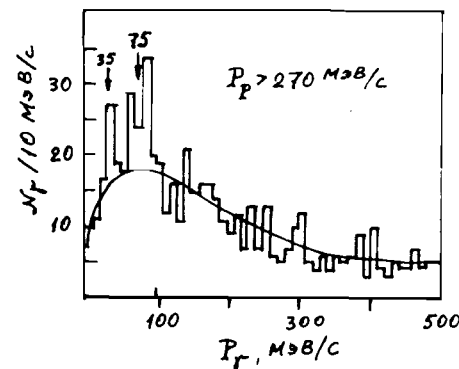


Рис.3. Импульсный спектр γ -квантов для событий $P_p > 270$ МэВ/с. Кривая проведена от руки.

переход одного узкого дибариона в другой, более легкий, с испусканием γ -кванта, то спектральные линии γ -квантов будут более узкими, чем в случае распада на три частицы. Рис.3, на котором представлен импульсный спектр γ -квантов для одной из групп событий, демонстрирует присутствие нескольких линий при $\sim 35, 65$ и 85 МэВ/с /кривая проведена от руки/. Однако такие γ -переходы могут осуществляться только между состояни-

ми с моментами $\neq 0$. Ранее нами были найдены кандидаты в узкие дипротонные состояния при 1966 и 1989 МэВ и показано, что протоны в этих состояниях находятся в р-волне, т.е. четность их отрицательна /11/. Л.А.Кондратьев с коллегами /19/ предсказали существование для конфигурации $(2q)-(4q)$ с учетом спин-орбитального взаимодействия 3 дипротонных состояний с отрицательной четностью, а именно $0^-, 1^-$ и 2^- -состояний с массами $1,983-1,984, 1,96-1,97$ и $1,935$ ГэВ соответственно. Если это справедливо, то указанные состояния могут переходить друг в друга с испусканием γ -квантов. Следовательно, если имеющиеся в рр-спектре структуры при ~ 1885 и $1912-1920$ МэВ образованы, например, в результате радиационного распада дибариона с массой 1960 МэВ и выше, то в спектре γ -квантов будут присутствовать линии.

Что касается вопроса об изотопическом спине узких дибарионных резонансов в связи с наблюдением в данной работе моды рру, то ничего определенного пока сказать нельзя. Действительно, если эти резонансы достаточно узкие, например, по причине, высказанной Б.З.Копелиовичем, то их распады из состояний с $I = 1$ по каналам рр и $(pp)\gamma$, как уже упоминалось выше, могут иметь сопоставимые вероятности*. Эта гипотеза кажется более предпочтительной, поскольку она может объяснить узость состояний с массами, существенно большими порога мезообразования $(M_{pp} > 2m_p + m_\pi)$, найденных в различных экспериментах /см. /12/ и ссылки в ней/. В то же время гипотеза об изоспине $I = 2$ низколежащих дипротонных резонансов одновременно объясняет как их малую ширину, так и почти одинаковую вероятность их распада по модам рр и рру.

Таким образом, нами впервые с достаточной достоверностью найдены кандидаты в узкие дипротонные состояния, распадающиеся по моде рру.

* В этом случае подавление моды $(pp)\gamma$ из-за фазового фактора практически отсутствует.

Авторы выражают признательность Б.З.Копелиовичу за полезные и плодотворные обсуждения вопросов, затронутых в этой работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Glagolev V.V. et al. JINR, E1-83-59, P1-83-565, Dubna, 1983.
2. Байрамов А.А. и др. ОИЯИ, P1-83-206, Дубна, 1983; ЯФ, 1984, 39, с.44.
3. Siemiarczuk T. et al. - Phys.Lett., 1983, 128B, p.367.
4. Бешлиу и др. ОИЯИ, D1-83-815, Дубна, 1983.
5. Агакишиев Г.Н., Гаспарян А.П., Кватадзе Р.А. ОИЯИ, 1-84-103, Дубна, 1984.
6. Азимов С.А. и др. Препринт ФТИ, 27-84-ФВЗ, Ташкент, 1984; ЯФ, 1985, т.42, с.913.
7. Ермаков К.П. и др. Препринт ЛИАФ, 1089, Л., 1985.
8. Бешлиу К. и др. ОИЯИ, D1-85-433, Дубна, 1985.
9. Tatischeff V. et al. PRL, 1984, 52, p.2022.
10. Троян Ю.А. и др. - В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ № 13-85, Дубна: ОИЯИ, 1985, с.12.
11. Абдинов О.Б. и др. - В сб.: Краткие сообщения ОИЯИ № 15-86, Дубна: ОИЯИ, 1986, с.34.
12. Tatischeff V. et al. Orsay preprints IPNO-DRE 86.26, 87.16.
13. Андреев В.П. и др. - В кн.: Нуклон-нуклонные и адрон-ядерные взаимодействия при промежуточных энергиях. Л.: Изд-во ЛИАФ, 1986.
14. Андроненко М.Н. и др. SC-96, Годовой отчет ЛИАФ. Л.: Изд-во ЛИАФ, 1986.
15. Vosk V. et al. - Nucl.Phys., 1986, A459, p.573.
16. Кайдалов А.Б. Препринт ИТЭФ 86-128, М., 1986 /англ./.
17. Бажанский И.И. и др. ОИЯИ, P2-87-510, Дубна, 1987.
18. Амаглобели Н.С. и др. ОИЯИ, P1-8699, Дубна, 1975.
19. Кондратюк Л.А., Мартемьянов Б.В., Щепкин М.Г. Препринт ИТЭФ, 86-127, М., 1986 /англ./.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 февраля 1988 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
D2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
D1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
D17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
D11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
D13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
D4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
D3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
D1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
D9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
D7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
D2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
D4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
D2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
D14-87-799	Труды Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987.	4 р. 20 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.