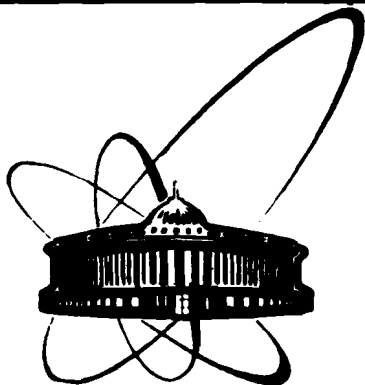


89-642



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

Д 1-89

Д1-89-642

**ПОИСК УЗКОГО БАРИОНИЯ
СО СКРЫТОЙ СТРАННОСТЬЮ**

**Сотрудничество БИС-2: Дубна - Алма-Ата -
Будапешт - Бухарест - Москва - Пловдив - Прага -
София - Тбилиси**

Направлено в журнал "Zeitschrift für Physik C"

1989

А.Н.Алеев, В.А.Арефьев, В.П.Баландин, В.К.Бердышев,
В.К.Бирулев, Т.С.Григалашвили, Б.Н.Гуськов, А.И.Зинченко,
И.И.Евсиков, И.М.Иванченко, М.Н.Капишин, Н.Н.Карпенко,
Д.А.Кириллов, И.Г.Косарев, Н.А.Кузьмин, М.Ф.Лихачев,
А.Л.Любимов, А.Н.Максимов, А.Н.Морозов, П.В.Мойсенз,
В.В.Пальчик, А.В.Позе, Т.Б.Прогулова, А.Прокеш, В.В.Рыбаков,
Л.А.Слепец, А.С.Чвыров

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

А.Ф.Камбурян, А.А.Локтионов, Ю.К.Потребеников,
В.И.Скоробогатова

Институт физики высоких энергий АН КазССР, Алма-Ата

И.Вереш, П.Залан, Я.Пазони

Центральный институт физических исследований ВАН, Будапешт

А.С.Белоусов, Я.А.Ваздик, Е.Г.Девицын, М.В.Завертяев,
В.А.Козлов, Е.И.Малиновский, С.Ю.Поташов, С.В.Русаков,
П.А.Смирнов, Ю.В.Соловьев, А.П.Теркулов, А.М.Фоменко,
Л.Н.Штарков

Физический институт им. П.Н.Лебедева АН СССР, Москва

Е.А.Чудаков

Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва

В.Д.Чолаков

Пловдивский университет им. П.Хиландерски, НРБ

М.Вецко, Я.Гладки, М.Новак, М.Смижанска

Физический институт ЧСАН, Прага

В.Й.Заячки

Высший химико-технологический институт, София

В.Р.Крастев

Центральная лаборатория автоматизации и научного
приборостроения БАН, София

Д.Т.Бурилков, П.К.Марков, П.Т.Тодоров, Р.К.Траянов
Институт ядерных исследований и ядерной энергетики БАН, София

Л.Н.Абесалашвили, Н.С.Амаглобели, Н.О.Кадагидзе,
Р.А.Кватадзе, В.Д.Кекелидзе, Н.Л.Ломидзе, Г.И.Никобадзе,
Т.Г.Пицхелаури, Г.Т.Татишвили, М.С.Чаргейшвили, Р.Г.Шанидзе
Институт физики высоких энергий ТГУ, Тбилиси

Эксперименты по поиску бариониев наиболее активно проводились на протяжении последнего десятилетия. Одно из наиболее сильных указаний на их существование было получено в эксперименте WA-62^{/1-4/}, проведенном на SPS в ЦЕРНе. В этом эксперименте наблюдалось три зарядовых состояния (+1, 0, -1) странного узкого резонанса U с массой около $3100 \text{ МэВ}/c^2$. В эксперименте БИС-2, проведенном в нейтронном пучке серпуховского ускорителя, был обнаружен странный узкий резонанс $M_s^{/5-7/}$, который, по-видимому, можно отождествить с резонансом U . Были обнаружены также новые каналы его распада, в том числе дважды заряженный, и зарядово-сопряженное состояние \bar{M}_s - барионии с положительной странностью. Для доказательства существования бариониев, как нового класса адронных состояний и изучения их свойств, важное значение имеет наблюдение разнообразных состояний, представителей того же мультиплета адронов. В экспериментах БИС-2 был осуществлен поиск бариония со скрытой странностью - представителя того же $SU(3)$ -мультиплета бариониев, что и U/M и \bar{M}_s . Первые результаты этого поиска приведены в работах^{/8,9/5}. В данной работе приведены новые результаты поиска, основанные на анализе большей⁷ статистики: $\approx 1,9 \cdot 10^7$ нейтрон-водородных и $\approx 2,4 \cdot 10^7$ нейтрон-ядерных взаимодействиях, что позволило провести более тщательный анализ изучаемых событий.

Эксперимент проведен в нейтронном пучке серпуховского ускорителя с помощью спектрометра БИС-2^{/10,11/}. Пучок со средним импульсом около $40 \text{ ГэВ}/c$ падал на мишень, в качестве которой применялись жидкий водород, углерод, алюминий и медь. Толщины мишеней составляли: жидководородной - $2,1 \text{ г}/\text{см}^2$, а ядерных - $3,4 \cdot A^{1/3} \text{ г}/\text{см}^2$, где A - атомный вес ядер мишени. Ядерные мишени чередовались через каждые $\approx 5 \cdot 10^4$ зарегистрированных взаимодействий. Для запуска спектрометра требовалось прохождение

через него не менее четырех заряженных частиц. В состав спектрометра БИС-2 входил спектрометрический магнит, поле которого изменяло поперечную составляющую импульсов заряженных частиц, пролетевших через него, на $\approx 0,64$ ГэВ/с. Заряженные частицы регистрировались с помощью 12÷13 двухкоординатных пропорциональных камер с шагом намотки 0,2 см. Для идентификации заряженных частиц использовались два многоканальных пороговых газовых черенковских счетчика С1 и С2^{12,13}. Семиканальный С1 был наполнен воздухом, а четырнадцатиканальный С2 - фреон-12 при атмосферном давлении.

Среди продуктов распада искоемых резонансов со скрытой странностью предполагалось присутствие нейтральных частиц Λ , $\bar{\Lambda}$ или K_S^0 . Они идентифицировались по распадам:



Таким распадам соответствует топология "нейтральной вилки" - V^0 . При поиске распадов (1а-в) за V^0 принималась пара разноименно заряженных частиц, минимальное расстояние между траекториями которых не превышало 4-кратной величины экспериментального разрешения по этому параметру. Требовалось также, чтобы вершина V^0 располагалась за жидководородной мишенью, или не ближе 10 см за краем ядерных мишеней по пучку. Было отобрано $5 \cdot 10^5$ событий с кандидатами в Λ , $8 \cdot 10^4$ события с кандидатами в $\bar{\Lambda}$ и $4 \cdot 10^5$ события с кандидатами в K_S^0 . Λ , $\bar{\Lambda}$ и K_S^0 выделялись по эффективным массам V^0 в системах $(p\pi^-)$, $(\bar{p}\pi^+)$ и $(\pi^+\pi^-)$ соответственно. В дальнейшем рассматривались только те V^0 , для которых эффективная масса систем $(p\pi^-)/(\bar{p}\pi^+)/(\pi^+\pi^-)$ отличалась от табличного значения массы $\Lambda/\bar{\Lambda}/K_S^0$ не более, чем на $7/10/10$ мэВ/с² соответственно.

Барионы со скрытой странностью искались по распадам, содержащим барион, антибарион и странные частицы. Исследовались состояния, наиболее доступные для поиска таких бариониев в данном эксперименте:



Указанные восемь состояний исчерпывают все трех- и четырехчастичные распады искоемых бариониев, которые могли бы быть зарегистрированы в эксперименте. Пятичастичные конечные состояния, в том числе дважды заряженные, практически не были зарегистрированы из-за существенно более низкой эффективности их регистрации по сравнению с указанными выше.

Для поиска бариониев в конечных состояниях (2а-3е) отбирались события, содержащие Λ , $\bar{\Lambda}$ или K_S^0 и не менее двух заряженных адронов h^+ и h^- , вылетающие из общей вершины взаимодействия. Требовалось, чтобы траектории всех частиц $\Lambda/\bar{\Lambda}/K_S^0$ и h^\pm хорошо "сшивались" в области мишени, т.е. чтобы среднее квадратическое расстояние между траекториями частиц и их общей вершиной не превышало 4-кратной величины разрешения по этому параметру. Величина этого разрешения в экспозициях с использованием различных мишеней различалась и составляла от 0,2 до 0,5 см. С учетом перечисленных условий было отобрано 70613/9253/62471 событий, содержащих соответственно $\Lambda/\bar{\Lambda}/K_S^0$ и не менее двух заряженных частиц.

При построении спектров эффективных масс конечных состояний (2а - 3е) предполагалось, что более тяжелым заряженным частицам соответствуют большие импульсы. Это позволило существенно уменьшить комбинаторный фон. Для уменьшения доли фоновых комбинаций из-за неправильно идентифицированных заряженных частиц использовалась информация, полученная от черенковских счетчиков $S1/2$. Эффективность идентификации заряженных частиц зависит как от их импульса, так и от общего количества зарегистрированных заряженных частиц в событии. Поэтому для выделения различных рассмотренных состояний со сравнимыми эффективностями их регистрации необходимо применять различающиеся ограничения на параметры идентификации одних и тех же заряженных частиц в различных конечных состояниях. Однако из-за отсутствия независимой калибровки параметров идентификации, при выделении заряженных частиц одного и того же типа в конечных состояниях с одинаковым числом идентифицируемых частиц, были выбраны численно одинаковые критерии их идентификации.

При выделении конечных состояний (2а-3е) в двух из них (3в и 3е) требовалась идентификация трех заряженных частиц p , \bar{p} и K^+K^- , в остальных же необходимо было идентифицировать по два адрона, \bar{p} и K^+ или p и K^- . Для того чтобы разное число идентифицируемых частиц в конечном состоянии не привело к существенным различиям эффективности выделения соответствующих состояний, применялись различающиеся критерии идентификации K^\pm и p . При этом в состояниях (3в и 3е), в которых необходимо было идентифицировать по три заряженных частицы, эти критерии были менее строгими. Условие выделения \bar{p} в состояниях (2а - 3е) было выбрано таким, чтобы исключались даже те комбинации, в которых невозможно различать π^- , K^- и \bar{p} . Из-за подавляющей доли π^- -мезонов среди

зарегистрированных заряженных частиц их идентификации не требовалось. Нейтральные частицы Λ , $\bar{\Lambda}$ и K_S^0 в конечных состояниях идентифицировались только по геометрическим и кинематическим признакам.

Примененные условия идентификации заряженных частиц позволили: в 9 раз увеличить долю событий, содержащих \bar{p} , при их потерях $\approx 20\%$; в $\approx 2+3$ раза увеличить долю комбинации, содержащих K^+ ; в 2.5+7 раз - содержащих K^- ; более чем в 2 раза - содержащих p . Такие условия отбора позволили практически исключить комбинации, вошедшие одновременно в конечные состояния с различающейся странностью. Числа комбинации, оставшихся после отбора конечных состояний (2а - 3е), представлены в таблице.

На рис. 1 (а и б) представлены спектры инвариантных масс для отобранных при указанных условиях нейтральных конечных состояний (2а) и (2б), а на рис. 2 (а, б и в) показаны суммы спектров эффективных масс для отобранных заряженных конечных состояний соответственно (3а-3г), (3в-3е) и (3б-3д). Во всех спектрах выбранная ширина шага, $20 \text{ МэВ}/c^2$, соответствует 2-кратной величине экспериментального разрешения по массе. Спектры аппроксимировались гладкой функцией. Во всех спектрах в одной и той же области масс наблюдаются узкие выбросы, для описания которых применялись нормальные распределения. В таблице приведены полученные при этом характеристики выбросов. Комбинаторный фон в приведенных спектрах незначителен. В интервалах масс, соответствующих выбросам, отношение числа комбинации к числу событий составляет около 1.1.

Центральные значения масс наблюдаемых выбросов в пределах ошибок согласуются между собой. Выбросы не могут быть следствием кинематического отражения какого-либо резонанса, поскольку являются узкими и присутствуют в различных конечных состояниях.

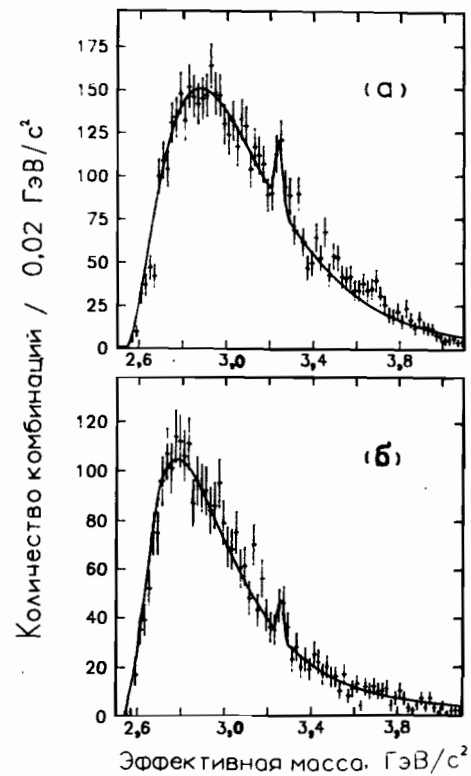


Рис.1 Спектры эффективных масс $\Lambda p K^+$ (а) и $\Lambda p K^-$ (б).

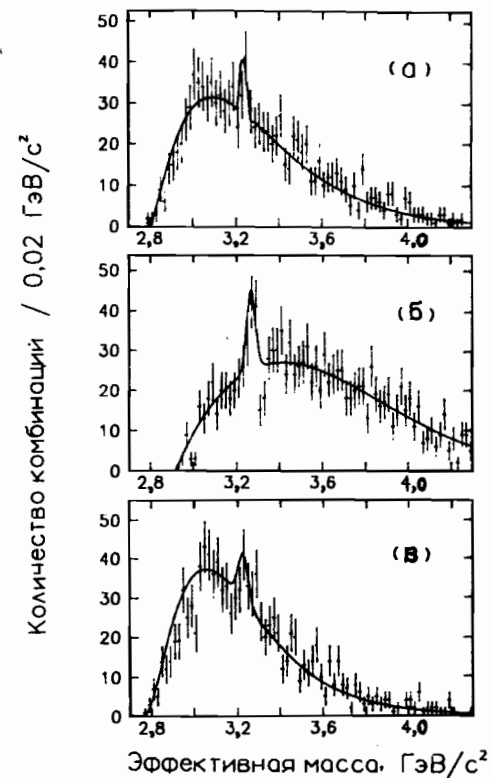


Рис.2 Спектры сумм эффективных масс $\Lambda p K^+ \pi^+$ (а), $K_S^0 p p K^+$ (б) и $\Lambda p K^- \pi^+$ (в).

Таблица

Конечное состояние	Число комб.	характеристики выбросов		
		Средняя масса, МэВ/c ²	Ширина, МэВ/c ²	Число комбинации
$\Lambda p K^+$	5339	$3230 \pm 8 \pm 20$	35 ± 16	73 ± 32
$\Lambda p K^-$	3017	$3250 \pm 7 \pm 20$	21 ± 12	23 ± 12
$\Lambda p K^+ \pi^\pm$	1104	$3240 \pm 7 \pm 20$	23 ± 10	24 ± 10
$\Lambda p K^- \pi^\pm$	1094	$3220 \pm 9 \pm 20$	54 ± 21	34 ± 14
$K_S^0 p p K^\pm$	1343	$3270 \pm 7 \pm 20$	47 ± 18	50 ± 20

На рис. 3 представлена сумма спектров эффективных масс всех рассмотренных состояний (2а-3е). В области массы 3250 МэВ/c² наблюдается статистически значимый пик, обусловленный 220 комбинациями над фоном 766. Соответствующие оценки фона были получены путем усреднения соседних с пиком интервалов. Статистическая значимость сигнала составляет ≈ 8 стандартных отклонений от фона.

Статистические значимости выбросов в каждом из рассмотренных спектров (рис. 1 - 2) не позволяют однозначно установить наличие

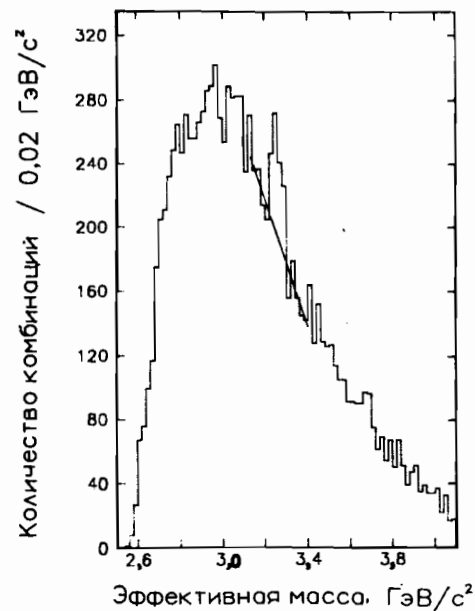


Рис.3 Сумма спектров эффективных масс $\bar{p}K^+$, $\bar{p}K^-$, $\bar{p}K^+\pi^\pm$, $K_S^0 p\bar{K}^\pm$ и $\bar{p}K^-\pi^\pm$.

сигналов во всех конечных состояниях. Однако число комбинаций, обуславливающих сигнал в суммарном спектре на рис. 3, в пределах ошибок совпадает с суммой чисел комбинаций, обуславливающих выбросы в спектрах конечных состояний (2а - 3е) (см. таблицу).

Таким образом, полученные данные указывают на существование трех зарядовых состояний (0,+1,-1) узкого мезонного резонанса с нулевой странностью, распадающихся по каналам (2а - 3е). Измеренное среднее значение массы резонанса равно $(3255 \pm 3 \pm 20)$ МэВ/с², а его ширина не превышает (35 ± 5) МэВ/с².

При определении сечения рождения резонансных событий принимались во внимание эффективности регистрации резонанса с учетом геометрии расположения элементов спектрометра,

эффективности восстановления исследуемых событий и разрешения пропорциональных камер. Было получено, что величина сечения резонанса в кинематической области регистрации исследуемых событий:

$$\chi_F \approx 0,2$$

$$\text{и } \Gamma \leq 1,0 \text{ ГэВ/с} \quad (4)$$

с 90% уровнем достоверности составляет $(0,3 \pm 1,0)$ мкб/нуклон. При пересчете сечения на нуклон предполагалась их зависимость от атомного веса ядер мишени (A) в виде $A^{2/3}$.

ВЫВОДЫ

В спектрах эффективных масс ряда конечных состояний содержащих барион, антибарион и частицы с противоположными значениями странности, наблюдаются узкие выбросы при близких значениях масс. Они не являются кинематическим отражением каких-либо резонансов в других системах и могут быть рассмотрены как сильное указание на существование нестранного бариония M_Φ .

Среднее значение его массы: $(3255 \pm 3 \pm 20)$ МэВ/с², а ширина меньше (35 ± 5) МэВ/с².

Наличие конечных состояний M_Φ с отрицательным, нулевым и положительным зарядом свидетельствует об изотопическом спине бариония ≥ 1 .

Разница между массами этого бариония и бариониев со странностью ± 1 (U/M_S и \bar{M}_S) составляет ≈ 200 МэВ/с². Эта величина близка к типичному расщеплению уровней, различающихся на единицу гиперзаряда, в SU(3)-мультиплетах барионов^{/14/}. Этот факт, а также сходство конечных состояний позволяет предположить, что M_Φ является представителем того же SU(3)-мультиплета бариониев, что и U/M_S и \bar{M}_S . Таким образом, M_Φ можно считать кандидатом в многокварковый барионии со скрытой странностью.

Авторы признательны А.М.Балдину, С.С.Герштейну, А.А.Комару, Э.И.Мальцеву, И.А.Савину, А.Н.Сисакяну, А.Н.Тавхелидзе, Н.Е.Тюрину и П.А.Черенкову за постоянный интерес и поддержку этих исследований, Ю.Клабуну, Е.П.Лихачевой, Х.Новак, Х-Э.Ризеку, Л.В.Сильвестрову, Г.Г.Тахтаньшеву и К.Хиллеру - за участие в эксперименте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Borquin M. et al. Phys. Lett., B172 (1986) 113.
2. Cooper S. Proceedings of the XXIII International Conference on High Energy Physics, v1, p.67. Berkeley 1986;
3. Siebert H.W. ibid., v2, p.1015.
4. Siebert H.W. Proceedings of the 2-nd International Conf. on Hadron Spectroscopy KEK, Tsukuba, Japan, 1987.
5. Алеев А.Н. и др. Краткие сообщения ОИЯИ, №19-86, Дубна, ОИЯИ, 1986, с.16.
6. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, Д1-88-368, Дубна 1988.
7. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, Д1-89-398, Дубна 1989.
8. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, Д1-88-194, Дубна 1988.
9. Алеев А.Н. и др. ОИЯИ, Д1-88-369, Дубна 1988.
10. Аихнер Г. и др. ОИЯИ, 1-80-644, ДУБНА 1980;
11. Максимов А.Н. ОИЯИ, 1-81-574, Дубна 1981.
12. Воичишин М.А. и др. ОИЯИ, 13-84-161, Дубна 1984; ПТЭ, #3 (1985) 49;
13. Гуськов Б.Н. и др. ОИЯИ, 13-84-373, Дубна 1984; ПТЭ, #5 (1985) 71, ОИЯИ, P1-86-248, Дубна 1986.
14. Review of part. proper., Phys. Lett. 204B (1988).

Рукопись поступила в издательский отдел
8 сентября 1989 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

- | | | |
|----------------|---|-------------|
| Д13-84-63 | Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983. | 4 р. 50 к. |
| Д2-84-366 | Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984. | 4 р. 30 к. |
| Д1,2-84-599 | Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984. | 5 р. 50 к. |
| Д17-84-850 | Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома) | 7 р. 75 к. |
| Д11-85-791 | Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985. | 4 р. 00 к. |
| Д13-85-793 | Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985. | 4 р. 80 к. |
| Д4-85-851 | Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985. | 3 р. 75 к. |
| Д3,4,17-86-747 | 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. |
| Д1,2-86-668 | Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома) | 7 р. 35 к. |
| Д9-87-105 | Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома) | 13 р. 45 к. |
| Д7-87-68 | Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986. | 7 р. 10 к. |
| Д2-87-123 | Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986. | 4 р. 45 к. |
| Д4-87-692 | Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987. | 4 р. 30 к. |
| Д2-87-798 | Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987. | 3 р. 55 к. |
| Д14-87-799 | Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987. | 4 р. 20 к. |
| Д17-88-95 | Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987. | 5 р. 20 к. |