

на в Лаборатории ядерных проблем  
института ядерных исследований.

авторы:

математических наук

С.А.Бунятов

математических наук

Д.А.Батусов

соавторы:

математических наук

Э.П.Кистенев

математических наук

В.Н.Первушин

исследовательское учреждение:

Институт имени П.Н.Лебедева АН СССР, Москва.

диссертация состоит из " " \_\_\_\_\_ 1988 г.

собрании специализированного Совета Д.047.01.03

ядерных проблем Объединенного института ядерных

Дубна Московской области.

можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

взослан " " \_\_\_\_\_ 1988 г.

специализированного Совета

математических наук

Д.А.Батусов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** Очарованные частицы являются первым семейством адронов, содержащих тяжелый кварк, т.е.  $m_c \gg \Lambda_{\text{КХД}}$ . Изучение их свойств существенно для понимания динамики образования и распада частиц, в состав которых входят тяжелые кварки, предсказания особенностей их рождения и распада. Уже первые эксперименты по исследованию распадов очарованных частиц показали, что вопреки теоретическим предсказаниям спектаторная модель, где динамика распада очарованной частицы определяется только динамикой распада очарованного кварка, не в состоянии описать основные свойства очарованных адронов: ни иерархию их времен жизни, ни относительные вероятности различных мод распада.

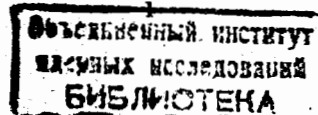
Актуальность данной работы заключается в получении новых экспериментальных данных, расширяющих наши знания о динамике образования и распада частиц с тяжелым очарованным кварком.

Исследование очарованных частиц является сложной экспериментальной задачей. Это связано с малым сечением их рождения, небольшими временами жизни  $\sim 10^{-12} - 10^{-13}$  секунд и обилием мод распада, обусловленным большой их массой. Изучение очарованных частиц ведется сегодня с применением самой современной гибридной методики. Общей схемой гибридных экспериментов является сочетание вершинного детектора с высоким пространственным разрешением, необходимым для разделения вершин образования и распада очарованных частиц, с внешними детекторами, позволяющими анализировать вторичные частицы.

Результаты, составившие основу диссертации, получены в двух гибридных экспериментах с эмульсионным вершинным детектором, выполненных на нейтринных пучках ускорителей ИФВЭ(Серпухов) и ФНАЛ(Батавия).

**Целью диссертационной работы** является:

- регистрация нейтринных взаимодействий и поиск очарованных частиц во взаимодействиях нейтрино с ядрами в фотоэмульсии в эксперименте на ускорителе ИФВЭ(Серпухов);
- исследование очарованных частиц, рожденных во взаимодействиях нейтрино с ядрами в фотоэмульсии в эксперименте, выполненном на ускорителе ФНАЛ (Батавия).



97497

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

УДК 539.1.073.7

539.126.4

539.17.172.6

1-88-289

**КУЗНЕЦОВ**

**Олег Михайлович**

**ПОИСК И ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧАРОВАННЫХ ЧАСТИЦ  
ВО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ НЕЙТРИНО  
С ЯДРАМИ В ФОТОЭМУЛЬСИИ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ЦЕЛЕУКАЗАНИЯ**

**Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра  
и элементарных частиц**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук**

Дубна 1988

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем  
Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

доктор физико-математических наук  
доктор физико-математических наук

С.А.Бунятов  
В.А.Батусов

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук  
доктор физико-математических наук

Э.П.Кистенев  
В.Н.Первушин

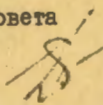
Ведущее научно-исследовательское учреждение:  
Физический институт имени П.Н.Лебедева АН СССР, Москва.

Защита диссертации состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1988 г.  
в \_\_\_\_\_ часов на заседании специализированного Совета Д.047.01.03  
при Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных  
исследований, г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1988 г.

Ученый секретарь специализированного Совета  
доктор физико-математических наук

  
В.А.Батусов

Практическая ценность и научная новизна работы. В диссертации решена сложная методическая проблема – регистрация нейтринных взаимодействий с ядрами в фотоэмульсии с использованием системы целеуказания. Успешно применен метод поиска взаимодействий по следу в горизонтально облученных слоях фотоэмульсии. Это позволило в эксперименте Е-III впервые в СССР зарегистрировать взаимодействия нейтрино с ядрами в фотоэмульсии на ускорителе ИФВЭ (Серпухов), в эксперименте Е-564 на ускорителе ФНАЛ (Батавия) провести исследования и получить новые данные о характеристиках образования и распада очарованных частиц, рожденных в нейтринных взаимодействиях.

Обобщенный в диссертации опыт проведения гибридных экспериментов имеет практическую ценность при планировании и проведении новых экспериментов по исследованию короткоживущих частиц.

Сочетание достоинств эмульсионной методики с хорошими спектротрическими свойствами 15-футовой пузырьковой камеры, в эксперименте, выполненном во ФНАЛ (Батавия), обеспечило хорошие условия для анализа зарегистрированных очарованных частиц. В результате проведенных исследований впервые

- зарегистрирован очарованный  $\Sigma_c^0(2450)$ -бариион;
  - показано, что в нейтринных взаимодействиях значительная часть  $\Lambda_c^+$ -бариионов образуется через распады очарованных  $\Sigma_c^+$ -резонансов;
  - обнаружен  $D_s^+$ -мезон с модой распада без странных частиц;
  - зарегистрировано событие, которое наиболее вероятно интерпретируется как распад возбужденного ( $2^3S_1$ )-состояния  $D_s^+$ -мезона.
- Ряд полученных результатов, в частности сечение образования очарованных частиц в нейтринных взаимодействиях и времена жизни очарованных  $D_s^+$ ,  $D_s^0$ -мезонов и  $\Lambda_c^+$ -барииона, дополняют данные других экспериментов.

Апробация и публикации. Результаты диссертационной работы представлялись на международные конференции по физике высоких энергий – Медисон (1980), Лейпциг (1984) и Беркли (1986), докладывались на сессиях ОЯЭ АН СССР, Ученого совета ОИЯИ, Фотоэмульсионных комитетах и научных семинарах ОИЯИ. По материалам диссертации опубликовано 8 работ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы, включающего 117 наименований. Объем диссертации 159 страниц, включая 41 рисунок и 23 таблицы.

Во введении обоснована актуальность тематики диссертации, перспективность методики исследования и описана структура диссертации.

В первой главе дается краткое теоретическое введение. Рассматриваются классификация очарованных частиц, предсказываемые и уже измеренные их характеристики. Излагаются вопросы рождения очарованных адронов в нейтринных взаимодействиях и возможные механизмы распада: спектаторная модель, включая механизм отрицательной интерференции, и аннигиляционные диаграммы.

Во второй главе рассмотрены постановка, проведение и результаты совместного ИТЭФ – ИФВЭ – ОИЯИ гибридного эксперимента Е-III по поиску очарованных частиц во взаимодействиях нейтрино с ядрами в фотоэмульсии. Эксперимент был выполнен на нейтринном пучке с энергией 2 – 30 ГэВ ускорителя ИФВЭ (Серпухов). Схематичный вид экспериментальной установки показан на рис. I.

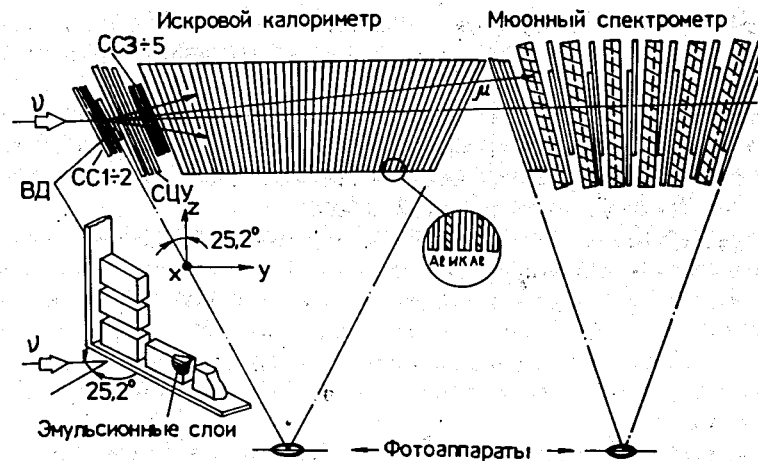


Рис. I. Схематичный вид экспериментальной установки. ВД – вершинный детектор, СЦУ – система целеуказания, СС – спинтillationные счетчики, ИК – искровые камеры, Ал – алюминевые фильтры.

В постановке эксперимента, в отличие от двух гибридных опытов, выполненных ранее, был сделан новый шаг: а именно использование крупной стационарной установки – искрового спектрометра ИТЭФ – как части

системы целеуказания, внешнего детектора вторичных частиц и идентификатора мюонов. В качестве вершинного детектора использовалась ядерная фотоэмульсия типа БР-2. Фотоэмульсионные камеры закреплялись перед искровым спектрометром ИТЭФ в специальном модуле. Искровой спектрометр состоял из двух основных частей: искрового калориметра и мюонного спектрометра, в котором измерялись знак заряда и импульсы мюонов. В системе целеуказания включались три двухзачерные искровые камеры, установленные между эмульсионным модулем и искровым калориметром, а также первые две искровые камеры калориметра. Поиск взаимодействий в фотоэмульсии проводился в зоне предсказанной системой целеуказания и осуществлялся просмотром по объему.

В эксперименте зарегистрировано 13 взаимодействий нейтральных частиц, девять из которых интерпретированы как нейтринные взаимодействия заряженного тока. Средняя энергия нейтринных взаимодействий оставила  $\sim 8,9$  ГэВ, что согласуется со средним значением энергии, ожидаемым из спектра нейтринного пучка. Распадов очарованных частиц не было найдено.

В результате проведения эксперимента впервые в СССР были зарегистрированы нейтринные взаимодействия в ядерной фотоэмульсии. В ходе эксперимента был накоплен большой методический опыт, в частности, определены оптимальные размеры эмульсионной мишени по пучку, отработаны математические алгоритмы получения целеуказаний, что позволило в дальнейшем участникам этого эксперимента провести новый гибридный эксперимент по исследованию очарованных частиц.

В третьей главе изложены методика экспериментального исследования нейтринорождения очарованных частиц в гибридном эксперименте Е-564 и анализ зарегистрированных распадов. В этом эксперименте, выполненном сотрудничеством ИТЭФ - ИФВЭ - ОИЯИ - США - АВСТРАЛИЯ, в качестве вершинного детектора использовалась криогенно-чувствительная ядерная фотоэмульсия, а внешним детектором служила 15-футовая пузырьковая камера (ПК) ФНАЛ.

Размещение фотоэмульсии (рис.2) внутри рабочего объема ПК обеспечивало максимальный акцептанс для вторичных частиц и сокращало до минимума "мертвую зону" между фотоэмульсией и рабочим веществом ПК. Эксперимент Е-564 отличается от других гибридных экспериментов рядом методических особенностей:

- специально для эксперимента в СССР была разработана и изготовлена криогенно-чувствительная фотоэмульсия типа БР-2К, сохраняющая до  $\sim 80\%$  своей первоначальной чувствительности при криогенных температурах;
- ядерная фотоэмульсия была помещена внутри пузырьковой камеры;

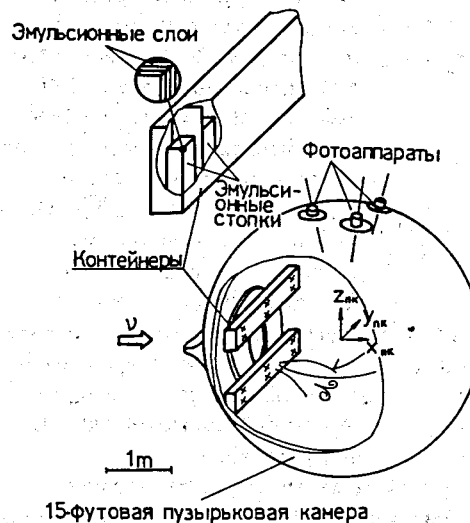


Рис.2. Схема расположения контейнеров с фотоэмульсией внутри 15-футовой пузырьковой камеры ФНАЛ в эксперименте Е-564.

- для поиска нейтринных взаимодействий в горизонтально облученных слоях фотоэмульсии, наряду с традиционным методом просмотра по объему, применялся метод поиска по следу. Принципиальным достоинством метода поиска по следу является независимость эффективности поиска от числа сильноионизирующих частиц в вершине первичного взаимодействия. Этим методом были пересмотрены эмульсионные камеры, первоначально просмотренные по объему. Эффективность поиска взаимодействий просмотром по объему в среднем составила  $\sim 22\%$ , а методом поиска по следу  $\sim 64\%$ . При просмотре по следу поиск треков вторичных частиц проводился в среднем на расстояниях  $\sim 7$  мм от предсказанной вершины первичного взаимодействия, а не на вы-

ходе из эмульсионной стопки. В этом состояло основное отличие от методики, используемой для поиска взаимодействий в вертикально облученных слоях фотоэмульсии.

Было проведено два сеанса облучения криогенно-чувствительной ядерной фотоэмульсии в пучке нейтрино с широким спектром энергий до 200 ГэВ на ускорителе ФНАЛ. В первом сеансе ПК была заполнена дейтерием, во втором - неон-водородной смесью. Около 80% статистики получено во втором сеансе облучения. По целеуказаниям в фотоэмульсии найдено 382 взаимодействия и 18 кандидатов на распад очарованных частиц. В диссертации подробно изложены постановка и все этапы проведения эксперимента от получения целеуказаний до регистрации и анализа распадов очарованных частиц. Проанализированы точностные характеристики целеуказаний и эффективности методов поиска взаимодействий просмотром по объему и по следу. В заключение кратко изложен анализ семи распадов очарованных частиц.

Четвертая глава посвящена исследованию характеристик образования и распада зарегистрированных очарованных частиц.

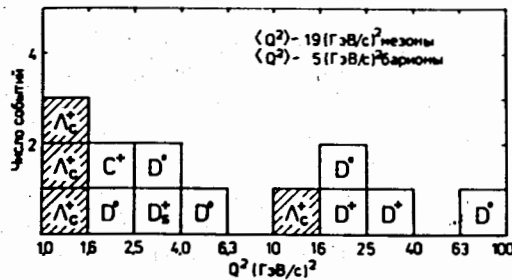


Рис.3. Распределение взаимодействий с рождением очарованных частиц по величине квадрата переданного 4-импульса  $Q^2$ .

Из 382 взаимодействий, найденных в фотоэмульсии, выделено 207  $\nu, \bar{\nu}$ -взаимодействий заряженного тока: 194 нейтринных и 13 антинейтринных. Идентифицировано 13 распадов очарованных частиц - 5  $D^0$ , 2  $D^+$ , 1  $D_s^+$ , 1  $D^+ D_s^+$  мезонов и 4  $\Lambda_c^+$ -бариона. Все очарованные частицы найдены в 194 нейтринных взаимодействиях, причем в  $\sim 40\%$  взаимодействий, зарегистрированных методом поиска по следу, найдено  $\sim 2/3$  распадов очарованных частиц.

Исследованы средние множественности и кинематические характеристики нейтринных взаимодействий с рождением и без рождения очарованных частиц. Распределения нейтринных взаимодействий с образованием очарованных мезонов и барионов сильно различаются по величине  $Q^2$  (рис.3). Показано, что эта особенность рождения очарованных частиц может быть объяснена в рамках кварк-партонной модели.

Особое внимание в эксперименте уделено исследованию очарованных барионов. В распадах очарованных  $\Lambda_c^+$ -барионов идентифицировано  $\sim 60\%$  вторичных частиц, в то время как в распадах  $D^+, D^0$ -мезонов  $\sim 40\%$ . Это связано с тем, что импульсы  $\Lambda_c^+$ -барионов меньше, чем  $D^+, D^0$ -мезонов. Во взаимодействиях с рождением очарованных барионов проведен поиск  $\Sigma_c$ -резонансов, которые распадаются по сильному взаимодействию  $\Sigma_c \rightarrow \Lambda_c^+ \pi$ . Вычислялись инвариантные массы  $\Lambda_c^+$ -барионов с идентифицированными в событиях  $\pi^+$ -мезонами  $M_{\Lambda_c^+ \pi^+}$  и разность масс  $\Delta m = M_{\Lambda_c^+ \pi^+} - M_{\Lambda_c^+}$ . На рис.4 изображена идеограмма значений  $\Delta m$ ; области I (156 - 169 МэВ/с<sup>2</sup>) и II (210 - 239 МэВ/с<sup>2</sup>) соответствуют теоретически предсказываемым разностям масс  $M_{\Sigma_c(2450)} - M_{\Lambda_c^+}$  и  $M_{\Sigma_c(2510)} - M_{\Lambda_c^+}$  соответственно. Показано, что исследование распределения по разности масс  $\Delta m$  в нейтринных взаимодействиях позволяет выделять  $\Sigma_c$ -состояния, особенно  $\Sigma_c(2450)$ , поскольку величина фона в этой области разностей масс мала. В трех из четырех взаимодействий с рождением  $\Lambda_c^+$ -барионов выделены  $\Sigma_c$ -состояния:  $\Sigma_c^+(2450)$ ,  $\Sigma_c^+(2450)$  и  $\Sigma_c^+(2510)$ . Оценена величина фона: для  $\Sigma_c^+(2450)$   $0,10 \pm 0,04$ , для  $\Sigma_c^+(2450)$   $0,13 \pm 0,06$  и для  $\Sigma_c^+(2510)$   $0,41 \pm 0,19$  события. Очарованный  $\Sigma_c^+(2450)$ -барийон зарегистрирован (рис.5) впервые. Получено, что в нейтринных взаимодей-

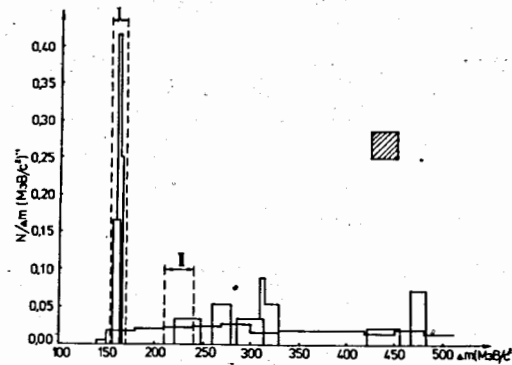


Рис.4. Идеограмма для разностей масс  $\Delta m = M_{\Lambda_c^+ \pi^+} - M_{\Lambda_c^+}$ . По оси ординат отложено число событий в интервале 1 МэВ/с<sup>2</sup>. Сплошная ступенчатая линия - расчетная величина фона. Заштрихованный квадрат соответствует одному событию.

и обладает рядом четких признаков, характерных для дифракционного взаимодействия нейтрино на нуклоне мишени.

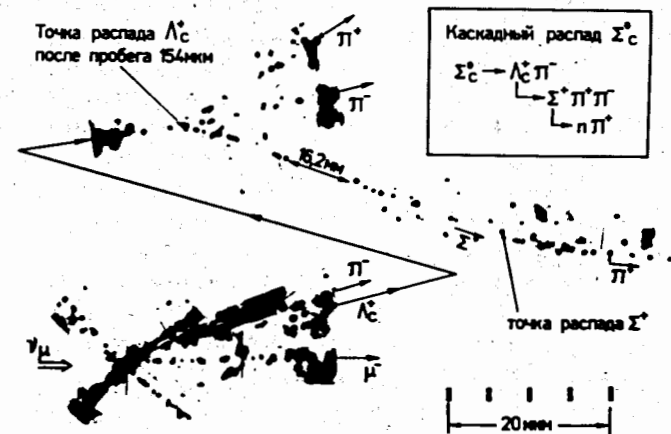
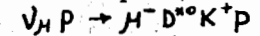
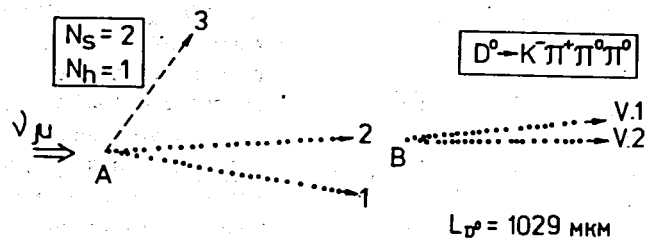


Рис.5. Микрофотография события с рождением очарованного  $\Sigma_c^+(2450)$ -бариона.

ствиях значительная часть барионов образуется через распады  $\Sigma_c$ -состояний. Обсуждается интерпретация этого результата в рамках простой статистической модели.

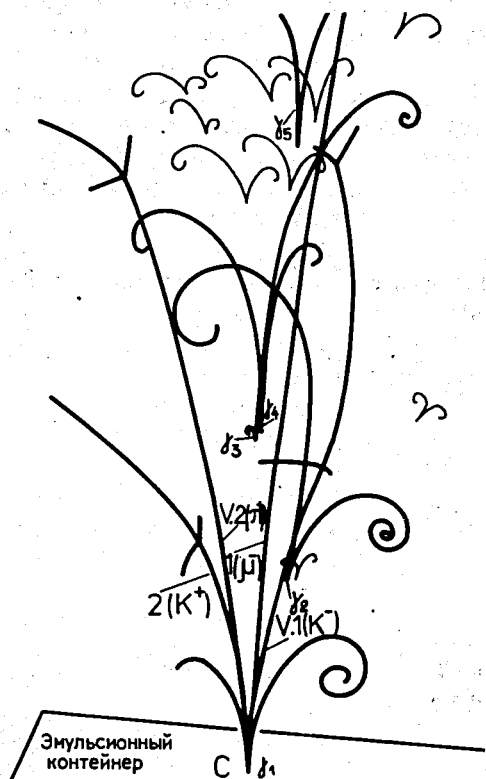
Наиболее полно достоинства гибридной методики проведения эксперимента в сочетании фотоэмульсии и пузырьковой камеры иллюстрирует событие дифракционного рождения возбужденного ( $\bar{s}$ )-состояния. Схематичное изображение события в фотоэмульсии и пузырьковой камере показано на рис.6. Проведенный кинематический анализ показал что данное событие соответствует полностью восстановленной реакции:





a)

Рис.6. Схематичное изображение события с рождением возбужденного состояния  $D_S^{*+}$ -мезона а) в ядерной фотоэмульсии б) в пузырьковой камере. А - вершина нейтринного взаимодействия, В - вершина распада  $D^0$ -мезона (первый рисунок). След 3 принадлежит остановившемуся в фотоэмульсии протону с импульсом 280 МэВ/с. Остальные частицы выходят из фотоэмульсии в ПК; их идентификация указана на втором рисунке. С - точка выхода частиц из эмульсионного контейнера. Обозначены  $\gamma$ -кванты, векторы импульсов которых направлены в вершины А или В. Четыре  $\gamma$ -кванта использованы в восстановлении псевдоскалярного  $D^0$ -мезона, пятый - векторного  $D^{*0}$ -мезона, а  $K^+$ -мезон - возбужденного состояния  $D_S^{*+}$ -мезона.



б)

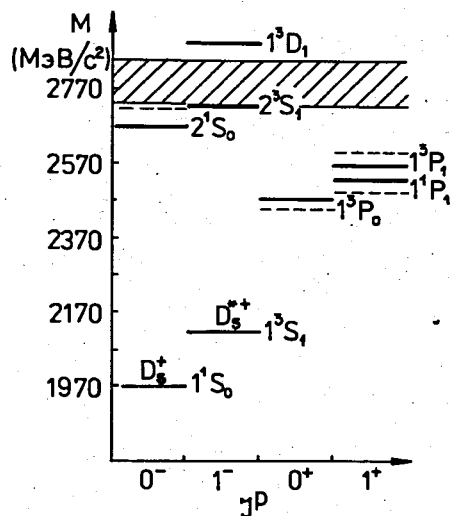
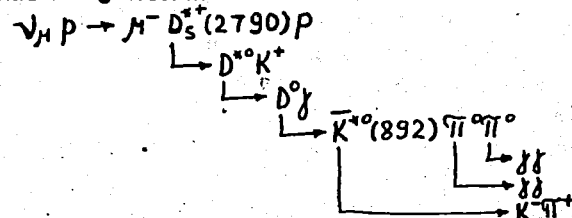


Рис.7. Предсказываемые массы радиально и орбитально возбужденных ( $c\bar{s}$ )-состояний ( $D_S^{*+}$  и  $D_S^{*+}$ -мезонов). Значения масс получены в рамках релятивистской (сплошные линии) и нерелятивистской (пунктирные линии) потенциальных моделей. Затрихованная область соответствует значению массы возбужденного ( $c\bar{s}$ )-состояния, зарегистрированного в эксперименте.

При дифракционном рождении очарованных частиц в основном ( $\sim 95\%$ ) рождаются ( $c\bar{s}$ )-состояния. Если энергетически разрешен распад по сильному взаимодействию, то возбужденные ( $c\bar{s}$ )-состояния распадаются на очарованный нестранный D-мезон и K-мезон. Величина инвариантной массы  $D^{*0}$  и  $K^+$ -мезонов в зарегистрированном событии составляет  $(2794 \pm 57)$  МэВ/с<sup>2</sup>. Показано, что это событие наиболее вероятно интерпретируется как дифракционное рождение радиально возбужденного ( $2^3S_1$ )-состояния  $D_S^{*+}$ -мезона:



В настоящее время в литературе отсутствуют другие экспериментальные данные о наблюдении радиально возбужденных ( $c\bar{s}$ )-состояний.

В заключительной части диссертации проанализированы эффективность поиска очарованных частиц в эксперименте и фоновые условия. Оценены сечение образования очарованных частиц в нейтринных взаимодействиях и времена жизни  $D^+$ ,  $D^0$ -мезонов и  $\Lambda_c^+$ -бариона. Результаты эксперимента сравниваются с результатами других гибридных экспериментов по исследованию очарованных частиц.

дованию очарованных частиц во взаимодействиях нейтрино с ядрами в фотозумльсии.

В заключении сформулированы основные результаты диссертации:

1. В гибридном эксперименте E-III на ускорителе ИФВЭ (Серпухов) при энергиях нейтрино 2 - 30 ГэВ впервые в СССР зарегистрированы взаимодействия нейтрино с ядрами в фотозумльсии.

2. В гибридном эксперименте E-564 при энергиях нейтрино 10-200 ГэВ зарегистрировано 194 взаимодействия нейтрино заряженного тока, в которых найдено 13 распадов очарованных частиц. Оценены - сечение образования очарованных частиц в нейтринных взаимодействиях заряженного тока при средней энергии нейтрино ~ 60 ГэВ

$$\frac{\sigma(\nu_{\mu}N \rightarrow \mu^+CX)}{\sigma(\nu_{\mu}N \rightarrow \mu^-X)} = (8,3 \pm 2,3)\%$$

- значения времен жизни  $\Lambda_c^+$ -бариона и  $D^+, D^0$ -мезонов

$$\tau_{\Lambda_c^+} = (2,1_{-0,8}^{+1,5})10^{-13} \text{ с}, \quad \tau_{D^+} = (7,4_{-4,0}^{+15,6})10^{-13} \text{ с},$$

$$\tau_{D^0} = (6,3_{-2,5}^{+5,4})10^{-13} \text{ с},$$

- значения масс  $\Lambda_c^+$ -бариона и  $D^0$ -мезона

$$M_{\Lambda_c^+} = (2287 \pm 13) \text{ МэВ}/c^2, \quad M_{D^0} = (1896 \pm 40) \text{ МэВ}/c^2.$$

Значения сечения, времен жизни и масс очарованных частиц согласуются с усредненными данными других экспериментов и дополняют их.

3. Впервые зарегистрирован очарованный  $\Sigma_c^0(2450)$ -барион, который распадается по каналу  $\Sigma_c^0(2450) \rightarrow \Lambda_c^+ \pi^-$ . Величина фона составляет  $(0,10 \pm 0,04)$  события. Разность масс  $\Sigma_c^0(2450)$  и  $\Lambda_c^+$  равна  $(163 \pm 2)$  МэВ/ $c^2$ . Это значение согласуется с результатами эксперимента ARGUS (ДЕЗИ) и противоречит результатам эксперимента E-400 (ФНАЛ), которые были получены позднее.

4. Показано, что в нейтринных взаимодействиях значительная часть  $\Lambda_c^+$ -барионов -  $0,58_{-0,22}^{+0,17}$  - образуется через распады  $\Sigma_c(2450)$ - и  $\Sigma_c(2510)$ -очарованных барионных резонансов.

5. Впервые зарегистрировано событие, которое наиболее вероятно интерпретируется как рождение радиально возбужденного ( $2^3S_1$ )-состояния  $D_s^{*+}$ -мезона с массой ~ 2790 МэВ/ $c^2$ .

6. Впервые зарегистрирован  $D_s^+$ -мезон с модой распада без странных частиц  $D_s^+ \rightarrow \omega \pi^+ \pi^0 \pi^0$ . Это событие явилось одним из первых указаний на существенную роль аннигиляционных диаграмм в распадах очарованных частиц.

7. Показано, что взаимодействия с образованием очарованных барионов характеризуются меньшими значениями  $Q^2$ , чем взаимодействия с рождением очарованных мезонов:  $\langle Q^2 \rangle \sim 5$  (ГэВ/ $c$ ) $^2$  и  $\sim 19$  (ГэВ/ $c$ ) $^2$  соответственно. Интерпретация этого результата в рамках кварк-партоновой модели указывает на преимущественное образование очарованных барионов в области фрагментации мишени, а очарованных мезонов - в области фрагментации слабого тока.

8. Показано, что во взаимодействиях с рождением очарованных адронов средние множественности релятивистских и сильноионизирующих частиц меньше, чем во взаимодействиях без их рождения в-1,5 и -2,1 раза соответственно. Однако эффекта преимущественного образования очарованных адронов во взаимодействиях без сильноионизирующих частиц ("белые" звезды), отмеченного в эксперименте E-53I (ФНАЛ), не наблюдается.

9. Успешно применен метод поиска по следу как нейтринных взаимодействий, так и распадов очарованных частиц, в горизонтально облученных слоях фотозумльсии. Это позволило втрое увеличить эффективность поиска взаимодействий и очарованных частиц по сравнению с традиционным методом просмотра по объему.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. В.И.Баранов, ..., О.М.Кузнецов и др. Регистрация взаимодействий нейтрино с ядрами в фотозумльсии на ускорителе ИФВЭ (Серпухов). ЯФ, 1984, **39**, 1425.
2. Аммар Р., ..., Кузнецов О. et al. Production and decay of  $F^+(2030)$  observed in  $\nu_{\mu}$  interactions in emulsion. Phys.Lett., 1980, **94B**, 118.
3. Бунятов С.А., ..., Кузнецов О.М., и др. Пространственное восстановление вершин образования и распада очарованного  $\Lambda_c^+$  бариона в ядерной фотозумльсии. Сообщение ОИЯИ ДП-82-447, Дубна, 1982.
4. Р.Аммар, ..., О.М.Кузнецов и др. Наблюдение в ядерной фотозумльсии распада очарованного  $\Sigma_c^0$  бариона на  $\Lambda_c^+ \pi^-$  с последующим распадом  $\Lambda_c^+$  на  $\Sigma^+ \pi^+ \pi^-$ . Письма в ЖЭТФ, 1986, **43**, 401.
5. Smart W., ..., Kuznetsov O., et al. Neutrino interactions in emulsion stacks inside the Fermilab 15-foot Bubble Chamber. Acta Phys. Polon., 1986, **B17**, 41.



6. Ю.А.Батусов, ..., О.М.Кузнецов и др. Резонансное рождение  $\Lambda_c^+$ -барионов во взаимодействиях нейтрино с ядрами в фотоэмульсии. Письма в ЖЭТФ, 1987, 46, 213.
7. Ю.А.Батусов, ..., О.М.Кузнецов и др. Наблюдение распадов очарованных  $D$ -мезонов и  $\Sigma_c^{*+}(2450)$ -бариона, рожденных во взаимодействиях нейтрино с ядрами в фотоэмульсии. Препринт ОИЯИ РИ-87-308, Дубна, 1987.
8. Ю.А.Батусов, ..., О.М.Кузнецов и др. Наблюдение образования и распада возбужденного ( $c\bar{s}$ )-состояния с массой  $\sim 2790$  МэВ/ $c^2$  в ядерной фотоэмульсии. Препринт ОИЯИ РИ-88-120, Дубна, 1988.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 апреля 1988 года.