

А-651



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 539.1.

1-89-489

ЛИХАЧЕВ

Михаил Федорович

**ИССЛЕДОВАНИЕ РОЖДЕНИЯ ГИПЕРОНОВ,
АНТИГИПЕРОНОВ И ОЧАРОВАННЫХ ЧАСТИЦ
В НЕЙТРОН-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ**

**Специальность: 01.04.01 - экспериментальная
физика**

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени доктора физико-математических наук

Дубна 1989

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединённого института ядерных исследований.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

БАРАНОВ
Павел Сергеевич

доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник

ПЕРВУШИН
Виктор Николаевич

доктор физико-математических наук,
профессор

СОЛОВЬЕВ
Михаил Иосифович

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
Институт физики высоких энергий, Протвино.

Защита диссертации состоится "_____" _____ 1989 года
в "_____" часов на заседании специализированного совета
Д-047.01.02 при Лаборатории высоких энергий Объединённого
института ядерных исследований, г.Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан "_____" _____ 1989 г.

Ученый секретарь
специализированного совета *М.Ф. Лихачев* М.Ф. ЛИХАЧЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Исследования адронного рождения странных и очарованных частиц являются актуальным направлением исследований в физике элементарных частиц и, в частности, в физике адронов. Характеристики адронного рождения отражают механизм взаимодействия адронов, парциальные вероятности распадов содержат информацию о слабых взаимодействиях S - или C -кварков, а также о процессах адронизации кварков. Экспериментально обнаруженное явление значительной поляризации гиперонов, рожденных в процессах фрагментации неполяризованных адронов, свидетельствует о проявлении сил, связывающих кварки в адронах. Рождение странных частиц и резонансов происходит в "мягких процессах" с небольшими поперечными импульсами $\sim 0,5$ ГэВ/с и к ним нельзя применить пертурбативную квантовую хромодинамику (КХД). Поэтому чаще всего теоретические модели для них носят феноменологический или полупеноменологический характер. В то же время для C -кварков, обладающих большей массой, соответствующий "размеру" параметр, обратно пропорциональный массе C -кварка, $\propto 0,1$. Поэтому многие процессы с участием C -кварка представляются более простыми и позволяют надеяться на то, что для расчетов характеристик рождения очарованных частиц можно использовать пертурбативную КХД.

Основная задача исследования адронного рождения очарованных частиц - выявление механизмов рождения тяжелых кварков.

Если усилиями теоретиков и экспериментаторов удастся успешно решить эту задачу, то можно надеяться, что её результаты в той или

ОБЪЕДИНЁННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

иной степени можно будет экстраполировать на процессы рождения легких кварков. Для продвижения в решении этих актуальных задач физики адронов необходимо накопление экспериментальных данных в еще не исследованных областях.

Значительное число экспериментальных данных о характеристиках адронного рождения гиперонов получено в протонных, K^- и гиперонных пучках. Однако в нейтронных пучках такого сорта исследования выполнены фрагментарно. Особенно скудны или отсутствуют экспериментальные данные о рождении гиперонов и антигиперонов с $|S| > 1$ в нуклонных пучках, т.е. в пучках с нулевой странностью. Экспериментальные данные о рождении Σ^0 (1530) и Ω^- в нуклонных пучках отсутствуют.

С открытием в конце 1974 г. J/ψ - частиц и интерпретацией их как связанного состояния $c\bar{c}$ - кварков важнейшей задачей стала задача обнаружения и исследования частиц с открытым очарованием.

Однако, несмотря на многочисленные эксперименты по поиску очарованных частиц, выполненные на крупнейших ускорителях мира до 1979 г., ни в одном из них не удалось непосредственно наблюдать какой-либо очарованной частицы.

Расчеты адронного рождения очарованных кварков, выполненные методами пертурбативной КХД (Halzen F., Matsuda S. - Phys.Rev., D17(1973) 1344; Babcock J. et al. - Phys.Rev., D18(1978) 162; Картвелишвили В.Г., Лиходед А.К., Слабоспицкий С.Р.-ЯФ, т.28 (1978) 131) предсказывали для серпуховских энергий сечения рождения очарованных частиц $\lesssim 1$ мкб, что делало их поиск практически бесперспективным. Такие пессимистические оценки находили дополнительное подтверждение в отрицательных результатах экспериментов по поиску очарованных частиц, выполненных ранее на серпуховском ускорителе (Айхнер Г. и др.-ЯФ, т.28(1978) 663 и ЯФ, т. 29 (1979) 94; Антипов и др. Письма в ЖЭТФ, т.28(1978) 495). Возможность обнару-

жения на серпуховском ускорителе очарованных частиц в адронных взаимодействиях была тогда не только не очевидной, но многими специалистами считалась нереальной. Так, в сделанном в 1979 г. обзоре поисков очарованных частиц автор обзора Боратав даже не упоминал эксперименты, выполненные при энергиях ниже 100 ГэВ, считая их безнадежными.

Обнаружение рождения очарованных частиц в области энергий серпуховского ускорителя представляет особый интерес, поскольку она ближе к порогу их рождения, чем энергии НК ЦЕРНа, при которых впервые в 1979 г. было обнаружено рождение очарованных частиц в pp - взаимодействиях и при которых выполнены в последующие годы и ведутся сейчас различные эксперименты на других ускорительных комплексах по изучению характеристик рождения и распада очарованных частиц в адронных взаимодействиях.

Существующие на сегодня экспериментальные данные о сечениях рождения в адрон-адронных взаимодействиях очарованных частиц весьма противоречивы. При этом экспериментальных данных о рождении Λ_c^+ - барионов меньше, чем о \bar{D}/D - мезонах. Отсутствие информации об A - зависимости поперечных сечений очарованных частиц затрудняло сопоставление экспериментальных данных при их экстраполяции к нуклон-нуклонным взаимодействиям. Существуют еще и другие трудности, такие как скудные и противоречивые данные о парциальных ширинах каналов распада, о величинах инклюзивных сечений рождения в адронных взаимодействиях Λ_c^+ -барионов. Так что необходимость получения новой экспериментальной информации о рождении очарованных частиц в адронных взаимодействиях остается весьма актуальной.

Главная цель работ, используемых в диссертации, - поиск, обнаружение и исследование характеристик рождения частиц с открытым очарованием в нейтрон-ядерных взаимодействиях при энергии нейтронов 40-70 ГэВ.

Вспомогательная цель - получение новых экспериментальных данных о характеристиках инклюзивного рождения гиперонов: Λ , Σ^\pm (1385), Ξ^- , Ξ^0 (1530), Ω^- и антигиперонов: $\bar{\Lambda}$, $\bar{\Sigma}^-$ (1385), $\bar{\Xi}^+$ в нейтрон-ядерных взаимодействиях при средней энергии нейтронов ~ 40 ГэВ.

Эксперименты выполнены в 1979-1988 гг. с помощью спектрометра БИС-2, действовавшего в пучке нейтронов серпуховского ускорителя (канал 4Н) в 1979-1985 гг. В экспериментах была зарегистрирована информация, соответствующая $\sim 8 \cdot 10^7$ взаимодействиям нейтронов с ядрами водорода, углерода, алюминия и меди.

Физические результаты, вошедшие в диссертацию, базируются на анализе $\sim 3,5 \cdot 10^7$ взаимодействий нейтронов.

Метод поиска гиперонов, антигиперонов и очарованных частиц основан на анализе спектров инвариантных масс ожидаемых продуктов их распада на заряженные частицы для Λ или $\bar{\Lambda}$ и для остальных на $\Lambda/\bar{\Lambda}$ или \bar{K}^0/K^0 плюс заряженные адроны и наблюдения в этих спектрах узких сигналов от искомых частиц.

Динамические параметры рождения искомых частиц определялись путем анализа их инвариантных спектров продольных и поперечных импульсов.

Высокая разрешающая способность спектрометра БИС-2 по инвариантным массам позволяла с высокой надежностью выделять искомые гипероны, антигипероны и очарованные частицы даже без идентификации заряженных частиц по массе.

Новизна работ

- Получены новые экспериментальные данные об инклюзивных сечениях рождения Λ , Σ^\pm (1385), Ξ^- , Ξ^0 (1530), Ω^- - гиперонов $\bar{\Lambda}$, $\bar{\Sigma}^-$ (1385), $\bar{\Xi}^+$ - антигиперонов в нейтрон-углеродных взаимодействиях при средней энергии нейтронов 40 ГэВ в области фрагментации пучка.

- Получены новые экспериментальные данные о динамике рождения Λ , Σ^\pm (1385), Ξ^- и $\bar{\Lambda}$ в нейтрон-углеродных взаимодействиях при средней энергии нейтронов 40 ГэВ в области фрагментации пучка. Определены количественно параметры инвариантных спектров продольных и поперечных импульсов.

- Впервые наблюдаются Λ_c^+ , \bar{D}^0 и D^- при энергии вблизи от их порога рождения. Определены их поперечные сечения и параметры, характеризующие динамику их рождения.

- Впервые наблюден канал распада $\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$.

- Впервые определено отношение парциальных ширин каналов распада Λ_c^+ :

$$V_1 (\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-) / V_2 (\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-) = 4,2 \pm 0,8.$$

- Впервые в одном эксперименте получены данные о рождении

Λ_c^+ -барнионов на различных ядрах, из которых определена зависимость поперечного сечения рождения Λ_c^+ от атомного веса ядра мишени.

- Получены новые экспериментальные данные о поляризации Λ и Λ_c^+ инклюзивно рожденных в нейтрон-ядерных взаимодействиях при средней энергии нейтронов ~ 40 ГэВ.

Научная значимость и практическая ценность работы

- Наблюдение и исследование рождения очарованных частиц Λ_c^+ , \bar{D} -мезонов при энергиях серпуховского ускорителя по существу открывают новую область энергий для исследования очарованных частиц.

- Результаты измерения поперечных сечений рождения Λ_c^+ и \bar{D} -мезонов показывают, что они при серпуховских энергиях существенно выше, чем следовало из расчетов методом пертурбативной КХД и многих других теоретических моделей, описывающих рождение очарованных частиц.

- Близость поперечных сечений рождения и параметров, определяющих инвариантные спектры продольных и поперечных импульсов Λ_c^+ и \bar{D} , а также ненаблюдение рождения D -мезонов указывают на то, что Λ_c^+ -

и \bar{D} - мезоны при серпуховских энергиях рождаются в дифракционно-подобного типа процессах путем диссоциации нейтрона пучка в ($\Lambda_c^+ \bar{D}$) - систему с последующим её развалом на Λ_c^+ и \bar{D} - мезон.

Отсюда же следует, что поперечное сечение ассоциативного рождения ($\Lambda_c^+ \bar{D}$) существенно выше, чем ($D \bar{D}$) системы.

- Впервые наблюден распад V_1 ($\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$).

- Впервые в одном эксперименте Λ_c^+ наблюдались по двум каналам распада $\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$ и $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-$, что позволило определить отношение их парциальных ширин распада.

- Впервые определена Λ - зависимость адронного рождения Λ_c^+ - барионов, которая, например, существенна для эксплуатации данных, полученных в различных экспериментах.

- В одном эксперименте, в ранее не исследованной области энергий, получены новые данные о характеристиках рождения в нейтрон-углеродных взаимодействиях при энергии нейтронов 40 ГэВ гиперонов:

Λ , Σ^\pm (I385), Ξ^- , Ξ^0 (I530), Ω^- и антигиперонов $\bar{\Lambda}$, $\bar{\Sigma}^-$ (I385) и $\bar{\Xi}^+$. Впервые наблюден рождение Ξ^0 (I530) и Ω^- в пучке частиц с нулевой странностью.

- Результаты измерения поляризации Λ , рожденных инклюзивно на ядрах углерода нейтронами 40 ГэВ в ранее не исследуемой области энергий нейтронов, поддерживают тот факт, что поляризация Λ не зависит от сорта падающих нуклонов и их энергии.

Экспериментальные результаты используются в обзорах об адронном рождении очарованных частиц, в теоретических работах для определения параметров моделей, а также при планировании новых экспериментов по поиску и исследованию очарованных частиц на серпуховском ускорителе.

Измеренная величина массы Λ_c^+ и отношение парциальных ширин V_1 ($\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$) к V_2 ($\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-$) включены в "Обзор данных о частицах" и в нём используются: первая - для получения среднего мирового значения массы Λ_c^+ и вторая - в расчетах парциальных ширин распадов Λ_c^+ .

Таким образом, с помощью одной экспериментальной установки выполнено комплексное исследование характеристик рождения группы барионов, содержащих странные кварки, и барионов и мезонов, содержащих очарованные кварки. Результаты этих исследований являются крупным достижением в развитии перспективного направления физики адронов - исследования в адронных процессах свойств и характеристик рождения частиц с открытым очарованием в области энергий ≤ 100 ГэВ.

Апробация работ и публикации. Основные результаты и выводы, включенные в диссертацию, обсуждались на научных семинарах Лаборатории высоких энергий, Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ, на общезинститутском семинаре ОИЯИ, на научных семинарах Института физики высоких энергий (Протвино), Института физики высоких энергий Тбилисского государственного университета, ИЯИ АН СССР (Москва), Научно-исследовательского института ядерной физики Московского государственного университета, Института физики высоких энергий АН ГДР (Цойтен), Физического института Чехословацкой АН (Прага), Института ядерных исследований и ядерной энергетики БАН (София), на ученых советах по физике высоких энергий ОИЯИ, на сессиях Научно-координационного совета ИФВЭ (Протвино), на пленарном заседании сессии Отделения ядерной физики АН СССР, а также были представлены на международных и всесоюзных конференциях, симпозиумах и семинарах: "Кварки-82" (Сухуми 1982), "Кварки-84" (Тбилиси, 1984), "Кварки-86" (Тбилиси, 1986), "Структура адронов - 84" (Смоленце, ЧССР, 1984), по космическим лучам (Алма-Ата, 1988 г.). На XIV и XV международных симпозиумах по проблемам многих частиц (Лейк Тахо, США, 1983 г. и Лунд, Швеция, 1984 г.). На международных конференциях по физике высоких энергий (Мэдисон, США, 1980 г.; Париж, Франция, 1982 г.; Лейпциг, ГДР, 1984 г.; Беркли, США, 1986 г.; Мюнхен, ФРГ, 1988 г.); на 12 международной конференции по физике нейтрино и астрофизике (Сендай, Япония, 1986 г.), на первом конгрессе болгарских физиков (София, 1983 г.).

Основные результаты диссертации опубликованы в работах, список которых приведен в конце автореферата.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Она состоит из введения, четырех частей, заключения и списка литературы.

Во введении обсуждаются актуальность темы исследований, существовавшие экспериментальные и теоретические основы для постановки и проведения экспериментов. Указана апробация работ, на основе которых написана диссертация, и основное содержание диссертации.

В первой части представлены экспериментальная установка - бесфильмовый спектрометр - БИС-2 /1/, характеристики пучка нейтронов /2-4/ и общие принципы накопления первичной информации /5, 6/ на линии с ЭВМ ЕС-1040, её последующая обработка и анализ /7-9/. Схема спектрометра БИС-2 на канале 4И серпуховского ускорителя показана на рис.1.

Основными детектирующими элементами спектрометра БИС-2 были многопроволочные двухкоординатные пропорциональные камеры (РС) с шагом намотки сигнальных проволок 2 мм, годоскоп из сцинтилляционных счетчиков (Н2) и спектрометрический магнит СП-40М (М) с рабочим интегральным магнитным полем 2,13Тл·м. Это приводило к изменению перпендикулярной компоненты импульса заряженной частицы ~ на 640 МэВ/с независимо от места входа в апертуру магнита. Поэтому импульс заряженных частиц, регистрируемых спектрометром, определялся по формуле:

$$P = \frac{C}{|\sin \alpha - \sin \beta| \cdot \sin \gamma}, \quad (1)$$

где $C = 640$ МэВ/с, α, γ - углы траекторий частиц на входе в спектрометр между осью пучка нейтронов и проекциями траектории частицы на горизонтальную и вертикальную плоскости соответственно,

т.е. XOZ и YOZ (O - центр магнита, ось Y - направлена вверх, ось Z - ось пучка нейтронов направлена по направлению их полёта, ось X - выбрана так, чтобы прямоугольная система координат была правой), β - угол между осью пучка нейтронов и проекцией траектории частицы на плоскость XOZ на выходе из поля магнита.

Спектрометр БИС-2 в процессе экспериментов модернизировался. В начальной стадии он имел около 6 тысяч сигнальных проволок и не имел многоканальных газовых пороговых черенковских счетчиков С1 и С2 для идентификации /10/ заряженных адронов по массе. На втором этапе он имел около 10 тыс. сигнальных проволок с С1 и С2. Последний вариант спектрометра БИС-2 приведен на рис. 1. Во втором варианте спектрометра БИС-2 была усовершенствована электронная аппаратура и математическое обеспечение эксперимента на линии с ЭВМ ЕС1040, что позволило существенно повысить скорость набора статистики во время облучения (сеансов работы установки на пучке) и "снять" групповой сигнал о событии, записываемый на магнитные ленты. Всего в эксперименте было проведено несколько рабочих сеансов длительностью от 15 до 30 суток. В результате была накоплена информация о многочастичных (в среднем четырех лучевых) событиях на ~ 2000 магнитных лентах. При этом было записано ~ $22 \cdot 10^6$ событий с жидководородной, ~ $28 \cdot 10^6$ событий с углеродной, ~ $16 \cdot 10^6$ - с алюминиевой и ~ $15 \cdot 10^6$ - с медной мишенями.

Пучок нейтронов /2/ серпуховского ускорителя (канал 4И) формировался следующим образом. Ускоренные до 70 ГэВ протоны бомбардировали в течение ~ (0,8 ÷ 1,6) с внутреннюю бериллиевую мишень. Рожденные нейтральные частицы под углом 11,3 мрад выходили за пределы вакуумной камеры ускорителя, где очищались от гамма-квантов и заряженных фоновых частиц, проходили в вакуумпроводе систему соосных стальных коллиматоров и через 67 м от внутренней мишени достигали рабочей мишени, используемой в эксперименте. Размеры пучка в районе расположения мишени спектрометра БИС-2 составляли около 5 x 5 см. Расходимость пучка нейтронов составляла ≤ 1 мрад.

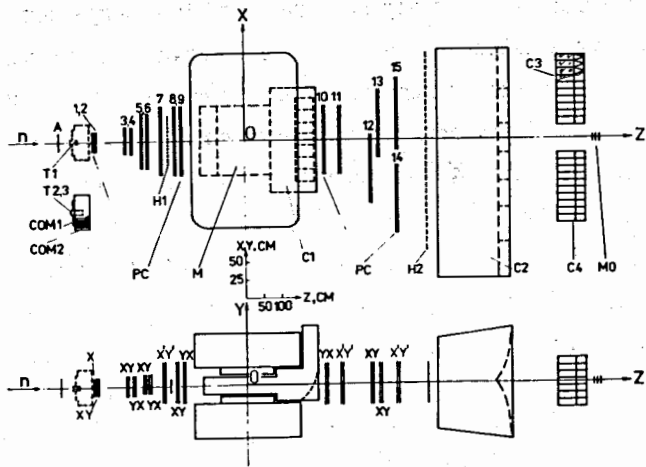


Рис. 1. Схема расположения аппаратуры БИС-2 (второй вариант) на канале 4Н серпуховского ускорителя.

Обозначения: А - сцинтилляционный счетчик, COM1, COM2 - сцинтилляционные годоскопы окружения мишеней Т1, 2, 3. РС - двухкоординатные пропорциональные камеры. РС7, 11, 14 и 15 с косою намоткой сигнальных проволоч под углом $\pm 22,5^\circ$ относительно перпендикуляра к плоскости XOZ . В остальных РС намотка сигнальных проволоч - под 0° и 90° к плоскости XOZ , М - спектрометрический магнит СП-40М, Н1, Н2 - годоскопы из сцинтилляционных счетчиков, С1, С2 - многоканальные пороговые газовые черенковские счетчики, С3, С4 - годоскопы черенковских счетчиков полного поглощения, М0 - телескоп из сцинтилляционных счетчиков для мониторинга нейтронов пучка.

Энергетический спектр пучка нейтронов был определен:

- а) путем расчетов на основании "Атласа спектров рождённых частиц", опубликованного в ЦЕРНе в 1970 г. Х.Гроте и др.;
- б) путем исследования реакции перезарядки $^3/\text{np} \rightarrow \text{pn}$;
- в) путем измерения энергии нейтронов адронным калориметром^{4/}.

Все три метода дали согласованные результаты. Средняя энергия нейтронов в пучке равна ~ 40 ГэВ. Форма спектра - колоколообразная с шириной на полувысоте около 20 ГэВ.

Примесь K_L^0 - мезонов в пучке составляла около 2,5%. При этом их импульсный спектр быстро падал выше 10 ГэВ/с как $\exp(-P/30)^3$, где P - импульс K_L^0 - мезона в ГэВ/с в л.с.к. Заряженная компонента, в основном протоны, составляла около 2% и исключалась в эксперименте при формировании триггерного сигнала.

В связи с большим объемом первичной информации, более $80 \cdot 10^6$ событий, записанных на магнитные ленты, требующих для обработки и анализа данных существенно большего ресурса времени ЭВМ, чем для набора первичных событий, а также поскольку характер задачи в основном поисковый, структура обработки и анализа данных была оптимизирована на одновременную и унифицированную работу различных групп физиков, участвующих в этих экспериментах, имеющих доступ к различным типам ЭВМ.

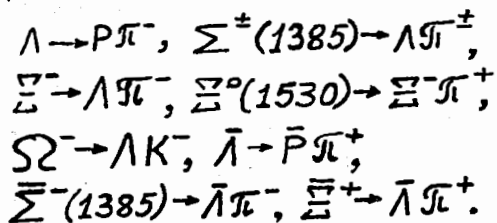
Кроме этого процесс обработки и анализа данных был разделён на последовательные стадии:

- а) геометрическая реконструкция событий^{7-9/} и корректировка геометрических констант детекторов частиц;
- б) формирование лент суммарных данных различного уровня, в соответствии с ожидаемой топологией событий;
- в) анализ данных; поиск критериев для выделения событий;
- г) моделирование исследуемого процесса;
- д) извлечение физических характеристик.

На каждой стадии обработки и анализа результаты записывались на магнитные ленты так, чтобы они были доступны всем участникам эксперимента. При этом запись и чтение информации о событиях были унифицированы для всех уровней обработки и анализа данных.

Вторая часть диссертации посвящена исследованию характеристик рождения в инклюзивных процессах гиперонов: Λ , Σ^\pm (1385), Ξ^- ,

Σ^0 (1530), Ω^- и антигиперонов Λ , $\bar{\Lambda}$, $\bar{\Sigma}^-$ (1385) и $\bar{\Sigma}^+$, которые наблюдались в спектрах инвариантных масс по каналам распада:



Корректировка константы C в (1) проводилась путем сопоставления центральных значений сигналов от Λ и K_S^0 в спектрах инвариантных масс $M(p\pi^-)$ и $M(\pi^+\pi^-)$ с табличными значениями масс Λ и K_S^0 соответственно.

Триггерный сигнал преимущественно вырабатывался в случае прохождения через спектрометр четырех или более заряженных частиц. Все каналы распадов (2) не удовлетворяли полностью условию триггера, поэтому при определении эффективности их регистрации требовалось моделировать полный процесс их рождения в сопровождении других заряженных частиц.

Здесь же приводятся спектры инвариантных масс (2), полученные на основе анализа $5,1 \cdot 10^6$ первичных зарегистрированных в эксперименте событий в нейтрон-углеродных взаимодействиях. При построении спектров инвариантных масс заряженным частицам априорно приписывались табличные значения соответствующих частиц: протонов, антипротонов или пионов. Λ - гипероны использовались для поиска других гиперонов из интервала масс от $1112 \text{ МэВ}/c^2$ до $1119 \text{ МэВ}/c^2$, а $\bar{\Lambda}$ - гипероны соответственно от $1110 \text{ МэВ}/c^2$ до $1122 \text{ МэВ}/c^2$. Во всех массовых распределениях наблюдаются статистически значимые сигналы от искоемых странных частиц или резонансов.

В таблице I приведены результаты анализа спектров инвариантных масс гиперонов и антигиперонов.

Т а б л и ц а I

| Гиперон, антигиперон | Масса, МэВ/ c^2 | Полная ширина сигнала, МэВ/ c^2 | Число событий в сигнале | Число фоновых событий под сигналом | K | $\epsilon \cdot 10^4$ $X \geq 0,2$ |
|-------------------------|-------------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------|---------------------------------------|
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Λ | $1115,5 \pm 0,2$ | $3,6 \pm 0,4$ | 56440 ± 125 | 21429 | $1,68 \pm 0,05$ | 4,44 |
| $\bar{\Sigma}^-$ (1385) | $1386,8 \pm 0,9$ | 47 * | 4279 ± 58 | 15581 | $1,99 \pm 0,10$ | 4,79 |
| $\bar{\Sigma}^+$ (1385) | $1386,1 \pm 1,5$ | 42 * | 1437 ± 35 | 9049 | $1,94 \pm 0,11$ | 4,11 |
| $\bar{\Sigma}^-$ | $1321,0 \pm 0,3$ | $6,4 \pm 0,4$ | 371 ± 13 | 342 | $2,87 \pm 0,19$ | 6,62 |
| Ω^- | $1669,7 \pm 2,2$ | $9,2 \pm 5,7$ | 41 ± 5 | 61 | $3,0 \pm 0,7$ | 6,03 |
| Σ^0 (1530) | $1528,6 \pm 3,3$ | 18 ± 8 | 35 ± 5 | 56 | $3,4 \pm 0,7$ | 3,50 |
| Λ | $1115,8 \pm 0,2$ | $4,0 \pm 0,6$ | 674 ± 23 | 2298 | $2,12 \pm 0,10$ | 3,31 |
| $\bar{\Sigma}^-$ (1385) | $1381,6 \pm 6,6$ | 42 * | 69 ± 7 | 252 | $2,5 \pm 0,5$ | 2,61 |
| $\bar{\Sigma}^+$ | 1320 ± 10 | 20 | 10 ± 3 | 10 | $3,4 \pm 0,8$ | 1,90 |

* Зафиксированы при аппроксимации спектров аналитическими функциями.

В таблице I в колонке 6 показаны коэффициенты, которые определяют дополнительные потери событий из-за геометрических и кинематических критериев, используемых при построении спектров инвариантных масс; в колонке 7 приведены эффективности регистрации событий (2), вычисленные методом Монте-Карло. При этом предполагалось, что в реакциях на нуклонах при сохранении странности, заряда рождается m пионов. m - варьировалось от 0 до 14. В программе Монте-Карло распределения по множественности параметризовались согласно известной формулы Чижевского-Рыбницкого. Для кинематики использовалось "продольное фазовое пространство", алгоритм для которого развит группой Орсе. При моделировании учитывались времена жизни генерируемых частиц, геометрические ограничения, определяемые спектрометром, эффек-

тивности и пространственное разрешение пропорциональных камер, кулоновское рассеяние частиц в веществе спектрометра, условие на триггерный сигнал, энергетический спектр нейтронов пучка. Эффективности регистрации определены для "видимой" кинематической области $\chi > 0,2$ и $P_T \leq 1$ ГэВ/с, где χ - относительный продольный в с.ц.м., а P_T - перпендикулярный импульсы соответствующих гиперонов или антигиперонов.

Здесь же для Λ , Σ^\pm (I385), Ξ^- и $\bar{\Lambda}$, для которых было достаточно статистики, были проанализированы инвариантные спектры по продольным и перпендикулярным импульсам этих гиперонов и антигиперонов. Определены показатели степени инвариантной структурной функции $F(\chi) \sim (1-\chi)^N$ и параметры наклонов

$$F(P_T^2) \sim \exp(-B \cdot P_T^2).$$

Все инклюзивные поперечные сечения рождения гиперонов и антигиперонов нормализованы на полное поперечное сечение в nC -взаимодействиях, полученное электронной методикой при среднем импульсе нейтронов пучка 34 ГэВ/с: $\sigma_{nC} = (331,1 \pm 8,6)$ мб на ядро углерода. Вычисления, выполненные методом Монте-Карло, показали, что наши данные получены при интегральной светимости $L = (7,9 \pm 1,6) \cdot 10^{34}$ см⁻². Ошибка связана с неопределенностью эффективности регистрации.

Чтобы сравнить полученные экспериментальные данные о рождении гиперонов и антигиперонов с данными из других экспериментов, выполненных в PP - взаимодействиях при различных энергиях, наши экспериментальные данные о поперечных сечениях рождения были экстраполированы в полную кинематическую область и к nN - взаимодействиям:

$$\sigma_{nN} = \sigma_{nA} \cdot A^{-2/3}.$$

Окончательные данные о характеристиках рождения гиперонов и антигиперонов приведены в таблице 2.

Здесь же, во второй части диссертации, проводится сравнение характеристик рождения: σ_{nN} , N и B с соответствующими величинами известных в литературе данных из PP - и nP - взаимодействий, полученных при различных энергиях.

Т а б л и ц а 2

Данные настоящей работы

| Гиперон | Инклюзивное поперечное сечение, мкб | | | Параметры структурной функции | |
|-------------------------------|-------------------------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | $\chi \geq 0,2$ | | $-1 \leq \chi \leq 1$ | N | $B, (\text{ГэВ}/\text{с})^{-2}$ |
| | углерод | углерод | нуклон | | |
| Λ | 4210 ± 860 | 12000 ± 3000 | 2300 ± 570 | $0,9 \pm 0,3$ | $3,4 \pm 0,4$ |
| $\Sigma^-(\text{I385})$ | 398 ± 84 | 1490 ± 400 | 189 ± 43 | $1,1 \pm 0,4$ | $2,6 \pm 0,4$ |
| $\Sigma^+(\text{I385})$ | 152 ± 31 | 700 ± 200 | 133 ± 38 | $2,9 \pm 0,5$ | $3,0 \pm 0,4$ |
| Ξ^- | 32 ± 7 | 116 ± 40 | 22 ± 8 | $1,9 \pm 0,4$ | $2,7 \pm 0,5$ |
| $\Xi^0(\text{I530})$ | $10,0 \pm 4,2$ | $36,4 \pm 18,2$ | $7,0 \pm 3,4$ | - | - |
| $\bar{\Lambda}$ | 85 ± 19 | 570 ± 400 | 108 ± 76 | $5,4 \pm 0,7$ | $3,0 \pm 0,5$ |
| $\bar{\Sigma}^-(\text{I385})$ | $14,8 \pm 5,9$ | 100 ± 80 | 19 ± 15 | - | - |
| $\bar{\Sigma}^+$ | $3,5 \pm 2,2$ | $23,4 \pm 21,4$ | $4,4 \pm 4,0$ | - | - |
| Ω^- | $5,9 \pm 2,5$ | 40 ± 31 | $7,6 \pm 6,0$ | - | - |

В заключении этой части работы приводятся результаты и выводы.

I. Показатель степени структурной инвариантной функции $F(\chi) \sim (1-\chi)^N$ растет от $N \approx 1$ для Λ и $\Sigma^-(\text{I385})$, $N \approx 2 + 3$ для $\Sigma^+(\text{I385})$ и Ξ^- и $N \approx 5$ для $\bar{\Lambda}$. Сравнения с теоретическими предсказаниями-правилами кваркового счета - указывают на согласие теории и эксперимента.

Сравнение с результатами из PP - взаимодействий указывает на то, что величина N , по-видимому, не зависит от энергии и сорта пучка нуклонов, кроме $N(\bar{\Lambda})$, величина которого существенно зависит от энергии частиц пучка. Общая картина качественно согласуется с гипотезой, что чем больше общих валентных кварков у гиперона с падающим нуклоном, тем сильнее проявляются лидирующие свойства гиперона.

2. Параметр наклона $B \sim 3 \text{ (ГэВ/с)}^{-2}$ (для исследуемых гиперонов и $\bar{\Lambda}$) поддерживает известную тенденцию, что средний перпендикулярный импульс частиц, рожденных в инклюзивных процессах, растет с увеличением их масс.

3. Данные о поперечных сечениях рождения $\bar{\Sigma}^{\pm}$ (1385) в PP - взаимодействиях получены в двух работах при 300 ГэВ и 400 ГэВ. Поперечные сечения рождения при 300 ГэВ для $\bar{\Sigma}^{\pm}$ равны (450 ± 340) мкб и при 400 ГэВ для $\bar{\Sigma}^{-}$ - (250 ± 80) мкб. Поперечное сечение для $\bar{\Sigma}^{+}$, полученное в PP - взаимодействиях при $\sqrt{s} = 21 \text{ ГэВ}$, равно (120 ± 20) мкб.

Сравнение этих величин с нашими измерениями: $\sigma_{NN}(\bar{\Sigma}^{-}(1385)) = (19 \pm 15)$ мкб и $\sigma_{NN}(\bar{\Sigma}^{+}) = (4,4 \pm 4,0)$ мкб указывает на сильную энергетическую зависимость поперечных сечений рождения $\bar{\Sigma}^{-}(1385)$ и $\bar{\Sigma}^{+}$.

4. Экспериментальные данные о поперечных сечениях рождения $\Sigma^{0}(1530)$ и Ω^{-} в пучках частиц с нулевой странностью отсутствуют.

В данной работе впервые наблюдается рождение этих гиперонов в пучке частиц с нулевой странностью.

5. Наши экстраполированные поперечные сечения в полную кинематическую область и к нейтрон-нуклонным взаимодействиям для Λ , $\Sigma^{\pm}(1385)$, Ξ^{-} и $\bar{\Lambda}$ хорошо вписываются в энергетическую зависимость поперечных сечений рождения этих частиц в PP - взаимодействиях. Импульсные спектры также находятся в общем согласии с данными из PP - экспериментов.

Следовательно, на общую картину рождения гиперонов и $\bar{\Lambda}$ в области фрагментации частиц пучка не сильно влияют ядерные эффекты.

6. Совокупность результатов позволяет также сделать вывод о том, что спектрометр БИС-2 обладает высокой разрешающей способностью и эффективностью поиска узких резонансов и квазистабильных частиц в спектрах инвариантных масс продуктов их распада, когда в конечных

состояниях содержатся $\Lambda / \bar{\Lambda}$, хорошо восстанавливаемые по распадам $P\bar{P}\pi^{-} / \bar{P}\pi^{+}$.

7. В области фрагментации нейтронов пучка странный резонанс $\Sigma^{-}(1385)$ регистрируется эффективнее, чем его положительно-заряженный партнер $\Sigma^{+}(1385)$. Этот экспериментальный факт в последующем используется как один из аргументов идентификации очарованного бариона Λ_c^{+} .

Третья часть диссертации посвящена поиску и исследованию рождения Λ_c^{+} - барионов /12-21/, $\bar{\Delta}^{0} / \Delta^{-}$ - мезонов /22,23/ в нейтрон-ядерных взаимодействиях и Λ_c^{+} - барионов /24,25/ в нейтрон-протонных взаимодействиях.

В первом разделе этой части описываются условия эксперимента, наблюдение и исследование характеристик рождения Λ_c^{+} в нейтрон-углеродных взаимодействиях.

Λ_c^{+} - барионы искались в спектрах инвариантных масс

$$\Lambda_c^{+} \rightarrow K_S^0 P\pi^{+}\pi^{-}, K_S^0 \rightarrow \pi^{+}\pi^{-} \quad (3)$$

$$\text{и } \Lambda_c^{+} \rightarrow \Lambda \pi^{+}\pi^{+}\pi^{-}, \Lambda \rightarrow P\pi^{-} \quad (4)$$

Для анализа данных использовался тот же первичный материал, который был проанализирован с целью исследования характеристик рождения гиперонов и антигиперонов (часть 2), и дополнительный. Всего проанализировано $11,4 \cdot 10^6$ первичных событий. Полная светимость в эксперименте соответствовала $1,76 \cdot 10^{35} \text{ см}^{-2}$ ядро углерода.

В результате были построены массовые распределения (3), (4) и их аналоги с противоположным (отрицательным суммарным) знаком заряда.

Спектры инвариантных масс /17/ (3) и (4) приведены на рис.2а и 2б соответственно.

На рис.2 отчетливо виден сигнал в двух бинах по 20 МэВ/с^2 с центром при массе 2272 МэВ/с^2 . Сигнал содержит (130 ± 8) комбинаций над фоном в 157 комбинаций, что соответствует 10 стандартным отклонениям от фона.

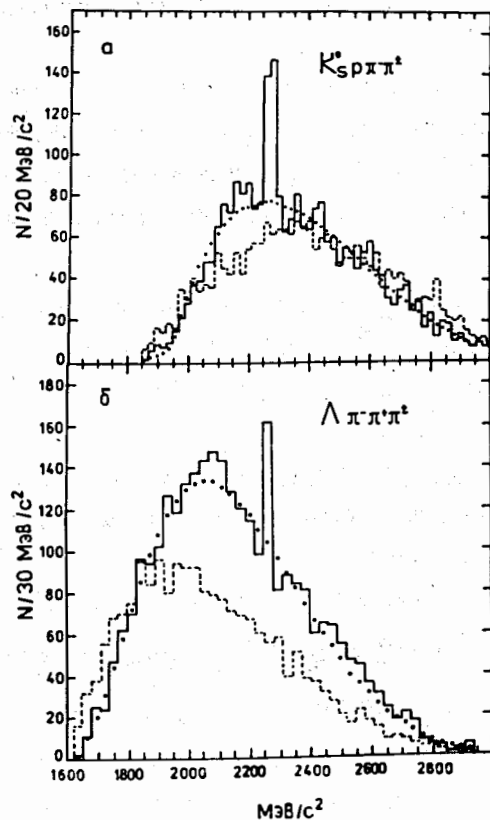


Рис. 2. Спектры инвариантных масс.

Сплошные гистограммы: а) $K_S^0 \pi^+ \pi^- \pi^+$,
 б) $\Lambda \pi^+ \pi^- \pi^+$.

Гладкие точечные кривые - нерезонансный фон.

Пунктирные гистограммы: а) $K_S^0 \pi^+ \pi^- \pi^-$,
 б) $\Lambda \pi^+ \pi^- \pi^-$.

Аналогично на рис. 2б виден сигнал в одном бине $30 \text{ MeV}/c^2$ при среднем значении массы $2265 \text{ MeV}/c^2$.

Сигнал содержит (57 ± 6) комбинаций над фоном в 105 комбинаций, что соответствует более 5 стандартным отклонениям от фона. Комбинаторный фон в области сигналов мал - менее 1,05 комбинаций на событие. Среднее значение массы Λ_c^+ по двум наблюдаемым каналам распада равно $(2268 \pm 6) \text{ MeV}/c^2$. В спектрах инвариантных масс с противоположным (отрицательным) зарядом, как видно из рис. 2, статистически значимых сигналов не наблюдается. Если бы сигналы были следствием распада узкого гиперонного резонанса, то в области фрагментации нейтронов пучка (по аналогии с Σ^\pm (1385) резонансами) с большей вероятностью должны бы регистрироваться его состояния с отрицательным знаком заряда. Совокупность всех вышеприведенных характеристик указывает на то, что наблюдаемые сигналы вызваны распадами разрешенного правилом Кабиббо рождения очарованного бариона Λ_c^+ .

Далее излагаются вопросы исследования инвариантных импульсных спектров по продольному и поперечному импульсам Λ_c^+ - барионов.

Инвариантный спектр по продольному импульсу параметризовался функцией

$$f(x) \sim (1-x)^n, \quad (5)$$

где x - фейнмановская переменная, n - искомый параметр, а по перпендикулярному импульсу функцией

$$f(p_T) \sim \exp(-\theta \cdot p_T), \quad (6)$$

где p_T - перпендикулярный импульс Λ_c^+ , θ - искомый параметр. Спектрометр регистрировал Λ_c^+ в кинематической области $x \geq 0,5$ и $p_T \leq 1 \text{ ГэВ}/c$. Эффективность регистрации Λ_c^+ спектрометром определена модельно-независимым способом, за исключением того, что распад Λ_c^+ разыгрывался изотропно в с.ц.м. Λ_c^+ - бариона.

Таким образом, были вычислены поперечные сечения рождения Λ_c^+

в кинематической области $X \geq 0,5$ в предположении, что найденная зависимость по квадрату поперечного импульса справедлива и при $P_T > 1$ ГэВ/с.

Чтобы определить поперечные сечения рождения Λ_c^+ нейтронами на ядро углерода для кинематической области $X > 0$, данные экстраполировались в рамках двух различных моделей. В модели "А" функция $f(X)$ имеет такой же вид (для $0,5 > X > 0$), как функция для Λ - гиперонов в РР - взаимодействиях при энергиях, близких к нашим, полученная в работе Аммосова и др. на серпуховском ускорителе в 1976 г. В модели "Б" используется вид функции $f(X)$ (5) для $X < 0,5$ из работ Мазанти, опубликованной в 1982 г., или Борескова и Кайдалова, опубликованной в 1983 г.

Чтобы экстраполировать данные к нейтрон-нуклонным взаимодействиям, использовалась зависимость

$$\sigma_{nN} = \sigma_{nA} \cdot A^{-\alpha}, \quad (7)$$

где σ_{nN} - инклюзивное сечение рождения Λ_c^+ нейтронами на нуклоне, σ_{nA} - на ядре с атомным весом, равным A , α - параметр. Величина параметра $\alpha = 0,73 \pm 0,20$ получена в этом же эксперименте /21/, описанном во втором разделе этой же третьей части диссертации.

Парциальные ширины распадов Λ_c^+ пока плохо изучены экспериментально. Чтобы оценить инклюзивные поперечные сечения, мы использовали парциальную ширину распада (4), найденную в работе Букока и др., опубликованной в 1985 г., согласно которой

$$B_2(\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-) = (2,8 \pm 0,7 \pm 1,1)\%. \quad (8)$$

Так как в нашей работе наблюдаются распады Λ_c^+ по двум каналам, то мы получили их отношение:

$$B_1(\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-) / B_2(\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-) = 4,3 \pm 1,2. \quad (8a)$$

Результаты исследования рождения Λ_c^+ в нейтрон-ядерных взаимодействиях сведены в таблицу 3.

Т а б л и ц а 3

| Инклюзивные поперечные сечения | $X \geq 0,5$ | $X > 0$ | |
|--|---------------|---------------|---------------|
| | | Модель "А" | Модель "Б" |
| $\sigma_{nc} \cdot B_2(\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-)$ мкб на ядро углерода | 10 ± 4 | 31 ± 6 | 12 ± 4 |
| $\sigma_{nc} \cdot B_2(\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-)$ мкб на ядро углерода | $2,3 \pm 1,1$ | $7,2 \pm 2,2$ | $2,8 \pm 1,3$ |
| σ_{nc} мкб на ядро углерода | 82 ± 44 | 257 ± 101 | 100 ± 53 |
| σ_{nN} мкб на нуклон | 13 ± 10 | 42 ± 27 | 16 ± 12 |

Найдено, что показатель степени инвариантной структурной функции $f(X)$ (5) и параметр наклона функции $f(P_T)$ (6) соответственно равны:

$$n = 1,5 \pm 0,5$$

$$\text{и } \beta = (2,5 \pm 0,6) (\text{ГэВ/с})^{-1}. \quad (9)$$

Отсюда следует, что средний поперечный импульс Λ_c^+

$$\langle P_T \rangle = \frac{2}{\beta} = (0,80 \pm 0,19) \text{ ГэВ/с}. \quad (10)$$

В конце третьей части приводятся в виде графика наши данные вместе с доступными данными о рождении Λ_c^+ из других экспериментов.

Второй раздел третьей части диссертации посвящен экспериментальному определению Λ - зависимости /21/ инклюзивного поперечного сечения рождения Λ_c^+ . Эта характеристика является важной как для разработки теоретических моделей адронного рождения очарованного кварка, так и с точки зрения использования полученных данных в различных экспериментах с разными мишенями.

Эксперимент проведен на трех мишенях: углеродной, алюминиевой и медной. Всего было проанализировано около $12 \cdot 10^6$ событий. Статистика набиралась с последовательно чередующимися мишенями, через каждые ~ 50 тысяч событий, записываемых на магнитные ленты.

Толщины мишеней были равными

$$T = 3,4 \cdot A^{1/3} \text{ г/см}^2. \quad (\text{II})$$

Поток нейтронов на отдельные мишени был $\Pi_C : \Pi_{\text{ал}} : \Pi_M = 1 : 1,04 : 0,89$.

В результате анализа первичной информации было выделено Λ_C^+ по каналам распадов (3) и (4) соответственно

$$N_1(\Lambda_C^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-) = 52 \pm 5 \text{ над фоном в 51 событие и}$$

$$N_2(\Lambda_C^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-) = 23 \pm 3 \text{ над фоном в 14 событий.} \quad (\text{I2})$$

Идентичность условий эксперимента позволяет вычислить отношение парциальных ширин каналов распада Λ_C^+ (3) и (4):

$$\frac{B_1(\Lambda_C^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-)}{B_2(\Lambda_C^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-)} = 4,2 \pm 1,5, \quad (\text{I3})$$

что находится в согласии с ранее полученной здесь величиной в первом разделе третьей части (8а).

По мишеням наблюдаемые события распределены следующим образом:

| Канал распада | Углерод | Алюминий | Медь |
|-----------------------------|------------|------------|------------|
| $\bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$ | 16 ± 3 | 19 ± 3 | 17 ± 3 |
| $\Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-$ | 8 ± 1 | 8 ± 2 | 7 ± 1 |
| В С Е Г О: | 24 ± 3 | 27 ± 4 | 24 ± 3 |

Аппроксимируя поперечные сечения соотношением:

$$\sigma_{NA} = \sigma_0 \cdot A^\alpha, \quad (\text{I4})$$

нашли, что $\alpha = 0,73 \pm 0,20$. (I5)

Это первое экспериментальное измерение параметра α , характеризующего A - зависимость инклюзивных поперечных сечений Λ_C^+ - бариона, полученное путем непосредственного наблюдения его рождения на различных мишенях. Значение α в (I4) получено для кинематической области $X > 0,5$ и $P_T \lesssim 1$ ГэВ/с.

В третьем разделе третьей части диссертации сообщаются результаты поиска \bar{D} / \bar{D}^- - мезонов /22,23/ по каналам распадов $\bar{K}^0 / K^0 +$

+ пионы. При этом использовался тот же исходный материал, на основе которого были получены данные о характеристиках рождения Λ_C^+ в нейтрон-углеродных взаимодействиях (часть 3, раздел I). Сигналы наблюдаются только по каналам распадов

$$\bar{D}^0 \rightarrow K^+(892) \pi^-$$

$$\text{и } D^- \rightarrow K^+(892) \pi^- \pi^- \quad (\text{I6})$$

Сигналов в других каналах распада, в том числе

$$D^0 \rightarrow K^-(892) \pi^+ \text{ и } D^+ \rightarrow K^-(892) \pi^+ \pi^+, \quad (\text{I7})$$

не наблюдается.

На рис.3 приведены спектры инвариантных масс (I5), на которых видны сигналы от \bar{D}^0 и D^- - мезонов: $N(\bar{D}^0) = 21 \pm 3$ и $N(D^-) = 32 \pm 3$. Средние значения масс $M(\bar{D}^0) = (1868 \pm 8)$ МэВ/с² и

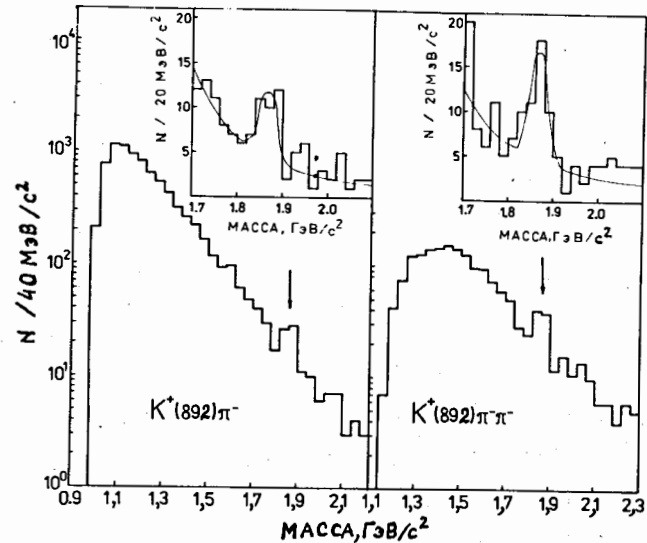


Рис. 3. Спектры инвариантных масс $K^+(892) \pi^-$ и $K^+(892) \pi^- \pi^-$ комбинаций. Вверху показана область масс \bar{D} - мезонов, когда из спектра инвариантных масс исключены события, содержащие $K^-(892)$ или $K_2^-(1430)$ комбинации.

$M(D^-) = (1869 \pm 8) \text{ МэВ/с}^2$ находятся в хорошем согласии с их табличными значениями. Наблюдаемые сигналы относятся к кинематической области $X \geq 0,5$ и $P_T \leq 1 \text{ ГэВ/с}$. Инвариантные спектры по продольному и поперечным импульсам аппроксимировались ^{/23/} функциями

$$F(X) \sim (1-X)^N$$

и $F(P_T^2) \sim \exp(-B \cdot P_T^2).$ (18)

Найдено, что $N_3(D^0) = 1,1 \pm 0,5 \pm 0,4;$

и $N_4(D^-) = 0,8 \pm 0,4 \pm 0,4;$

$$B_3(D^0) = (1,2 \pm \frac{1}{0,9}) (\text{ГэВ/с})^{-2}$$

и $B_4(D^-) = (1,8 \pm \frac{1}{1,0}) (\text{ГэВ/с})^{-2},$ (19)

откуда следует, что среднее значение поперечного импульса \bar{D} - мезонов равно

$$\langle P_T \rangle = (0,7 \pm 0,2) \text{ ГэВ/с},$$
 (20)

а показатель степени $N \approx 1$ указывает на то, что в области фрагментации нейтронов пучка характер рождения \bar{D} - мезонов близок к характеру рождения Λ_c^+ - барионов (9).

Поперечные сечения рождения \bar{D} - мезонов, вычисленные для кинематической области $X \geq 0,5$ с учетом не очень хорошо известных данных о парциальных ширинах распадов по наблюдаемым каналам их распадов, приведенных в "Обзоре свойств частиц" за 1988 год, оказались равными:

$$\sigma_{nc}(D^0) = (26 \pm 11) \text{ мкб на ядро углерода}$$

$$\text{и } \sigma_{nc}(D^-) = (26 \pm 13) \text{ мкб на ядро углерода.} \quad (21)$$

Суммарное поперечное сечение рождения \bar{D} равно

$$\sigma_{nc}(D^0) + \sigma_{nc}(D^-) = (52 \pm 17) \text{ мкб на ядро углерода.} \quad (21a)$$

В этой же кинематической области было найдено (таблица 3):

$$\sigma_{nc}(\Lambda_c^+) = (82 \pm 44) \text{ мкб на ядро углерода.} \quad (22)$$

Можно видеть, что поперечные сечения рождения Λ_c^+ и \bar{D} - мезонов близки по величине друг к другу. Этот факт, а также то, что в эксперименте не наблюдается рождения \bar{D} - мезонов, указывает на то, что при $X \geq 0,5$ доминирует ассоциативное рождение $\Lambda_c^+ \bar{D}$ над $D \bar{D}$.

В четвертом разделе третьей части диссертации излагаются результаты эксперимента по поиску и изучению рождения Λ_c^+ в нейтрон-протонных ^{/24,25/} взаимодействиях.

Первичный материал около $11 \cdot 10^6$ событий получен в том же самом пучке нейтронов ^{/2-4/} с помощью спектрометра БИС-2 (второй вариант аппаратуры, рис. 1). В качестве мишени использовалась жидководородная мишень, разработанная в Лаборатории высоких энергий в секторе Л.Б.Голованова.

Λ_c^+ искали в спектрах инвариантных масс (3) и (4) с использованием информации со счетчиков С1 и С2 с целью повышения вероятности идентификации ^{/10/} заряженных частиц, входящих в комбинации (3) и (4), по массам. Кинематическая область для регистрации Λ_c^+ ограничена: $X \geq 0,5$ и $P_T \leq 1 \text{ ГэВ/с}$.

В результате было найдено 25 ± 4 события Λ_c^+ по каналу распада (3) и 13 ± 3 события по каналу распада (4) соответственно над фоном в 45 и 29 событий. В области сигналов комбинаторный фон отсутствовал.

Отношение парциальных ширин распадов равно

$$\frac{B_1(\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-)}{B_2(\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-)} = 3,6 \pm 2,4. \quad (23)$$

Суммировав результаты (8a), (13) и (22), которые находятся в согласии друг с другом, нашли, что

$$\frac{B_1(\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-)}{B_2(\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-)} = 4,2 \pm 0,8. \quad (24)$$

Для наблюдаемой кинематической области $X \geq 0,5$ найдены произведения инклюзивных поперечных сечений рождения Λ_c^+ в нейтрон-протонных взаимодействиях при эффективной энергии нейтронов $\sim 58 \text{ ГэВ}$ на вероятности распадов по каналам (3) и (4):

$$\sigma_{np} \cdot B_1(\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-) = (1,0 \pm 0,5 \pm 0,2) \text{ мкб}$$

$$\sigma_{np} \cdot B_2(\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-) = (0,28 \pm 0,15 \pm 0,04) \text{ мкб.} \quad (25)$$

Сопоставление величин $\sigma_{np} \cdot V_1$ и $\sigma_{np} \cdot V_2$ (25) с величинами $\sigma_{nn} \cdot V_1$ и $\sigma_{nn} \cdot V_2$ (табл. 3) в виде соотношения (14):

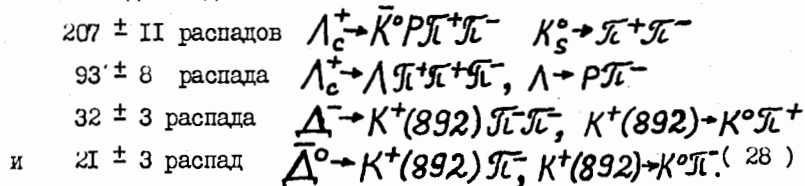
$$\sigma_{nA} = \sigma_{np} \cdot A^{d_{pc}} \quad (26)$$

приводит к значению $d_{pc} = 0,69 \pm 0,19$. (27)

Из (15) и (27) следует, что показатель степени (14) не является постоянной величиной во всем интервале атомных весов, а имеет ту же тенденцию к изменению, что и соответствующий показатель степени, например, описывающий A - зависимость полных поперечных сечений поглощения в нуклон-ядерных взаимодействиях.

В заключении третьей части диссертации сформулированы её основные результаты, касающиеся исследования рождения очарованных частиц в нейтрон-ядерных взаимодействиях.

I. В пучке нейтронов на различных ядрах: водорода, углерода, алюминия и меди найдено



Это первое прямое наблюдение адронного рождения очарованных частиц при энергиях пучка менее 100 ГэВ и в одном эксперименте на различных мишенях.

Распад (4) Λ_c^+ наблюдался ранее в других экспериментах.

Распад (3) Λ_c^+ обнаружен впервые.

Впервые получены данные об A -зависимости поперечных сечений рождения Λ_c^+ .

2. Определены характеристики рождения Λ_c^+ и \bar{D} - мезонов: получены данные об инклюзивных поперечных сечениях их рождения в кинематической области $X \gg 0,5$, определены динамические параметры инвариантных импульсных спектров.

3. Экспериментальные результаты указывают на то, что:

а) инклюзивные поперечные сечения при серпуховских энергиях существенно выше, чем предсказывалось в пертурбативной КХД и многих других моделях рождения чарма. Однако они согласуются с расчетами Борескова и Кайдалова (1983 г.), Трошина и Тюрина (1983 г.);

б) в области фрагментации нейтронов пучка $X \gg 0,5$ доминирует процесс ассоциативного рождения $\Lambda_c^+ \bar{D}$ над $D \bar{D}$.

В четвертой части представлены результаты исследования поляризации Λ -гиперонов [26, 27] и асимметрии в распадах Λ_c^+ - барионов [28, 29], рождённых в инклюзивных процессах нейтронами на ядрах углерода.

На рис. 4. приведены результаты измерения поляризации Λ и Λ_c^+ .

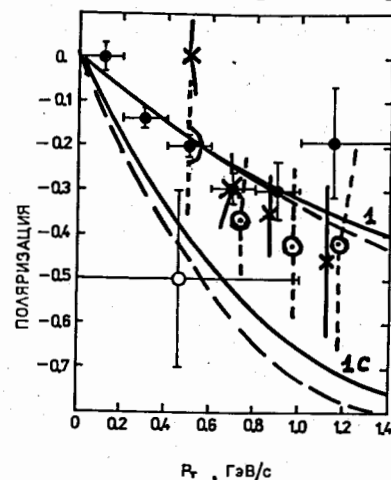


Рис. 4. Зависимость поляризации Λ от поперечного импульса P_T (\bullet) и среднее по P_T значение поляризации Λ_c^+ (\circ). Пунктирные кривые - предсказания стандартной, сплошные - "двумерной" Лундовской модели. IC - относится к Λ_c^+ . Деполаризующий фактор для Λ , равный 2/3, учтен. Параметр β в модели взят равным 1. Расчет кривых сделан Барановым С.П. (1985 г.); * и ϕ - данные взяты из работы (Эрхан, 1979), PP-взаимодействия при $\sqrt{s} = 53$ и 62 ГэВ.

Поляризация Λ -гиперонов измерена в зависимости от их поперечного импульса P_T в интервале $0 \leq P_T \leq 1,15$ ГэВ/с. Показано, что поляризация Λ -гиперонов растет с ростом P_T , достигая в области $P_T \approx 0,6$ величины около $-0,3$.

Аналогичным образом измерена асимметрия в распадах

$\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$ вылета протона и \bar{K}^0 -мезона и в распадах $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-$ вылета Λ относительно плоскости рождения

Λ_c^+ во всем наблюдаемом интервале P_T от 0 до ≈ 1 ГэВ/с.

Данные указывают на значительную поляризацию рожденных Λ_c^+ :

$$|\mathcal{P}|_{\text{мин}} = 0,5 \pm 0,2. \quad (29)$$

Из рис. 4 видно, что внутри $0 < P_T \leq 1$ ГэВ/с поляризация Λ_c^+ возрастает круче, чем поляризация Λ , как и предсказывается в некоторых теоретических моделях, рассмотренных в работах Шведа (1981 г.), Арестова (1983 г.), Баранова (1985 г.).

В заключении диссертации приводятся основные результаты и выводы.

1. Осуществлены поиск и исследование характеристик рождения очарованных частиц: Λ_c^+ -барионов и \bar{D} -мезонов в нейтрон-ядерных взаимодействиях при энергии нейтронов ~ 40 ГэВ с помощью спектрометра БИС-2. Измерена масса Λ_c^+ . Определено отношение парциальных ширин распадов $\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$ к $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-$.

В эксперименте наблюдается (28):

(207 ± 11) распадов $\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$, $K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$;
 (93 ± 6) распада $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-$, $\Lambda \rightarrow p \pi^-$;
 (32 ± 3) распада $\Delta^- \rightarrow K^+(892) \pi^- \pi^-$, $K^+(892) \rightarrow K^0 \pi^+$, $K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$;
 (21 ± 3) распад $\bar{D}^0 \rightarrow K^+(892) \pi^-$, $K^+(892) \rightarrow K^0 \pi^+$, $K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$.

Это является первым статистически обеспеченным прямым наблюдением Λ_c^+ -барионов и \bar{D} -мезонов при энергиях ниже 100 ГэВ, позволившим:

1.1. Определить величину массы очарованного Λ_c^+ -бариона:
 $M(\Lambda_c^+) = (2268 \pm 6) \text{ МэВ}/c^2$.

1.2. Впервые наблюдать распад $\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$.

1.3. Впервые определить отношение парциальных ширин распадов

$$\Lambda_c^+ : B_1(\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-) / B_2(\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-) = 4,2 \pm 0,8. \quad (24)$$

1.4. Определить динамические характеристики рождения Λ_c^+ -барионов и \bar{D} -мезонов - параметры инвариантных структурных функций в представлениях:

$$E^* d^3\sigma/dP_T^2 dx \sim (1-x)^N \exp(-B \cdot P_T^2)$$

$$\text{или } E^* d^3\sigma/dP_T^2 dx \sim (1-x)^n \exp(-b \cdot P_T).$$

Найдено, что

$$n(\Lambda_c^+) = 1,5 \pm 0,5;$$

$$B(\Lambda_c^+) = (2,5 \pm 0,6) (\text{ГэВ}/c)^{-1};$$

$$N_3(\bar{D}^0) = 1,1 \pm 0,5 \pm 0,4;$$

$$B_3(\bar{D}^0) = (1,2 \pm \frac{1,1}{0,9}) (\text{ГэВ}/c)^{-2};$$

$$N_4(D^-) = 0,8 \pm 0,4 \pm 0,4;$$

$$B_4(D^-) = (1,8 \pm \frac{1,3}{1,0}) (\text{ГэВ}/c)^{-2}.$$

Отсюда следует, что:

- средний перпендикулярный импульс очарованных частиц равен $\langle P_T \rangle = (0,75 \pm 0,13) \text{ ГэВ}/c$, (10), (20). Это поддерживает гипотезу о том, что $\langle P_T \rangle$ растет с ростом массы кварка, входящего в исследуемую частицу (для обычных частиц $\langle P_T \rangle \sim 0,3 \text{ ГэВ}/c$, для странных гиперонов $\langle P_T \rangle \sim 0,5 \text{ ГэВ}/c$);

- показатель степени инвариантной структурной функции, описывающей спектр продольных импульсов Λ_c^+ -барионов и \bar{D} -мезонов, n , $N_{3/4} \sim 1$. Это указывает на то, что Λ_c^+ -барионы и \bar{D} -мезоны при энергиях нейтронов $40 \div 70 \text{ ГэВ}$ в области $x \geq 0,5$ рождаются в дифракционноподобном процессе.

1.5. Впервые, путем прямого наблюдения рождения Λ_c^+ -барионов по распадам $\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$ и $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-$ на ядрах углерода, алюминия и меди, получить информацию об А-зависимости попе-

речного сечения рождения Λ_c^+ - барионов в области $X \geq 0,5$ в параметризации:

$$\sigma_{NA} = \sigma_0 \cdot A^\alpha$$

Найдено, что $\alpha = 0,73 \pm 0,20$.

Однако наблюдение рождения Λ_c^+ с водородной мишенью показывает, что если $\sigma_0 \equiv \sigma_{np}$, то $\alpha_{pc} = 0,89 \pm 0,19$. (30)

1.6. Определить величины поперечных сечений рождения Λ_c^+ - барионов и \bar{D} - мезонов в инклюзивных процессах в области $X \geq 0,5$ на ядрах углерода.

С использованием (8) ($\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^-$) = (2,8 \pm 0,7 \pm 11)% найдено, что поперечные сечения рождения Λ_c^+ - барионов и \bar{D} - мезонов в нейтрон-углеродных взаимодействиях равны (22), (21a):

$$\sigma_{nc}(\Lambda_c^+) = (82 \pm 44) \text{ мкб} \text{ и } \sigma_{nc}(\bar{D}) = (52 \pm 17) \text{ мкб}. \quad (31)$$

Близость величин этих поперечных сечений указывает на то, что при $X \geq 0,5$ доминирует ассоциативное рождение ($\Lambda_c^+ \bar{D}$) над ассоциативным рождением ($\bar{D} \bar{D}$).

Ненаблюдение в эксперименте D^0 и D^+ - мезонов поддерживает эту гипотезу.

Экстраполяция поперечных сечений рождения Λ_c^+ в нейтрон-углеродных взаимодействиях в кинематическую область $X \geq 0$ и к нейтрон-нуклонным поперечным сечениям рождения с использованием параметра из (30) приводит к

$$\begin{aligned} \sigma_{nN}(X \geq 0) &= (28 \pm 17) \text{ мкб} \text{ в модели "А"} \\ \text{и } \sigma_{nN}(X \geq 0) &= (11 \pm 7) \text{ мкб} \text{ в модели "Б"} \quad (32) \end{aligned}$$

с систематической погрешностью не более 40 %.

Полученные величины поперечных сечений рождения модельно-зависимы, но тем не менее они выше, чем ожидается из многих теоретических моделей, но вполне согласуются с расчетами Борескова и Кайдалова (1963), Трошина и Тюрина (1983).

Сравнение наших данных (32) с другими, полученными при более высоких энергиях, показывает, что в широком интервале энергий от $\sqrt{s} \approx 10$ ГэВ до $\sqrt{s} \approx 60$ ГэВ инклюзивное поперечное сечение рождения в нуклон-нуклонных взаимодействиях увеличивается примерно в 10 раз.

2. Получены новые данные об инклюзивных поперечных сечениях рождения в нейтрон-углеродных взаимодействиях гиперонов: Λ , Σ^\pm (I385), Ξ^- , Ξ^0 (I530), Ω^- и антигиперонов: $\bar{\Lambda}$, $\bar{\Sigma}^\pm$ (I385), $\bar{\Xi}^\pm$, в области $X \geq 0,2$.

2.1. Для Λ , Σ^\pm (I385), Ξ^- и $\bar{\Lambda}$ исследованы спектры продольных и поперечных импульсов этих частиц в степенной и экспоненциальной аппроксимации соответственно. Найдены динамические характеристики их рождения: показатели степени N и параметры наклона B , которые находятся в хорошем согласии с правилом размерного счета и известной простой гипотезой: чем больше общих валентных кварков гиперон имеет с падающим нуклоном, тем сильнее проявляются его лидирующие свойства.

2.2. Инклюзивные поперечные сечения рождения гиперонов и антигиперонов, экстраполированные в полную кинематическую область и к нуклон-нуклонным взаимодействиям, находятся в хорошем согласии с их энергетической зависимостью, наблюдаемой в pp - взаимодействиях. Этот факт свидетельствует о том, что в области фрагментации частиц пучка ядерные эффекты не сильно влияют на общий характер рождения гиперонов и антигиперонов.

2.3. Впервые с помощью электронной методики наблюдается рождение Ω^- и $\bar{\Xi}^0$ (I530) в пучке частиц с нулевой странностью, а также наблюдаются $\bar{\Xi}^-$ (I385) и $\bar{\Xi}^+$, о которых есть лишь данные из pp - экспериментов при 300 и 400 ГэВ.

3. Получены новые данные о поляризации Λ - гиперонов и Λ_c^+ - барионов в нейтрон-углеродных взаимодействиях при средней энергии 40 ГэВ.

3.1. Поляризация Λ -гиперонов измерена в зависимости от поперечного импульса P_T в интервале $(0 \leq P_T \leq 1,2)$ ГэВ/с.

Данные показывают, что поляризация Λ -гиперонов растет с увеличением P_T , достигая величины $|P| \approx 0,3$ при $P_T \approx 0,6$ ГэВ/с.

Форма спектра поляризации Λ -гиперонов и её величины находятся в хорошем согласии с данными из PP-экспериментов при $\sqrt{s} = 53$ и 62 ГэВ, что указывает на независимость поляризации Λ -гиперонов от энергии и сорта нуклонов пучка и что на поляризацию Λ -гиперонов не сильно влияют ядерные эффекты.

3.2. Обнаружена асимметрия в распадах Λ_c^+ , которая дает ограничение на поляризацию Λ_c^+ снизу при $\langle P_T \rangle = 0,43$ ГэВ/с в интервале $(0 \leq P_T \leq 1)$ ГэВ/с:

$$|P|_{\text{мин}} = (0,5 \pm 0,2).$$

Это указывает на то, что Λ_c^+ рождаются в неполяризованном пучке нейтронов с абсолютной величиной больше, чем Λ -гипероны, что поляризация Λ_c^+ -барионов растет круче с ростом P_T , чем Λ -гиперонов. Такое поведение поляризации Λ_c^+ предсказывается в работах Шведа (1981), Арестова (1983), Баранова (1985).

3.3. Совокупность исследований поляризации Λ и Λ_c^+ показывает, что явление поляризации — характерная особенность взаимодействий кварков, не исчезающая с ростом энергии сталкивающихся нуклонов.

4. Совокупность полученных результатов показывает возможность и перспективность дальнейших экспериментальных исследований очарованных частиц и поиск экзотических узких состояний при энергиях серпуховского ускорителя.

— о о о —

К настоящему времени на полученном с помощью БИС-2 исходном материале осуществлен поиск узких барионов по каналу распада на гиперон и каон, а также странных и со скрытой странностью бариониев по каналам распадов $\Lambda + \bar{P} + \text{пионы}$, $\bar{\Lambda} + P + \text{пионы}$, $P/\bar{P} + K^0/\bar{K}^0 + K^+/K^-$

$\Lambda/\bar{\Lambda} + \bar{P}/P + K^\pm + \text{пионы}$. В результате обнаружен барионный кандидат в пятикварковое состояние со скрытой странностью $N(1960)$ и исследованы его свойства; получено сильное указание на существование в природе экзотических состояний бариониев со скрытой $M(3255)$ МэВ/с² и открытой странностью $M(3050)$ МэВ/с².

Получены новые данные о дифракционной диссоциации нейтронов в (ΛK^0) на водороде и углероде. Впервые наблюдается когерентное рождение (ΛK^0) на ядрах углерода. Получены новые данные о рождении $\phi(1020) \rightarrow K^+K^-$. Это показывает диапазон экспериментальных исследований, выполненных с помощью спектрометра БИС-2.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Айхнер Г., Алеев А.Н., ... Лихачев М.Ф. и др. Бесфильмовый спектрометр БИС-2 и его физические характеристики. Сообщение ОИЯИ, I-80-644, Дубна (1980) I-17.
2. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др. Канал нейтральных частиц серпуховского ускорителя. Сообщение ОИЯИ, I-83-910, Дубна (1983) I-8.
3. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др., Энергетические спектры гамма-квантов и нейтронов в пучке нейтральных частиц серпуховского ускорителя (канал 4H). Сообщение ОИЯИ, I-81-67, Дубна (1981) I-7.
4. Баландин В.П., Белогорлов Е.А., ... Лихачев М.Ф. и др. Восстановление энергетических спектров нейтронов по калориметрическим измерениям на канале 4H серпуховского ускорителя. Сообщение ОИЯИ PI-86-403, Дубна (1986) I-7.
5. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др. Система сбора данных спектрометра БИС-2. Сообщение ОИЯИ, PI0-87-272, Дубна (1987) I-13.
6. Евсиков И.И., Иванченко И.М., Карпенко Н.Н., Кириллов Д.А., Лихачев М.Ф., Морозов А.Н. Организация передачи информации в распределенной системе ЭВМ на линии с экспериментальной установкой БИС-2. Сообщение ОИЯИ, IO-83-773, Дубна (1983) I-7.
7. Бурилков Д.Т., Лихачев М.Ф., Марков П.К. и др.

- Программа "Перун" для геометрической реконструкции событий в экспериментах по поиску новых частиц на установке БИС-2. Сообщение ОИЯИ, IO-80-656, Дубна (1980) I-I2.
8. Бурилков Д.Т., Генчев В.И., Лихачев М.Ф. и др.: Эффективность и точность восстановления событий, регистрируемых БИС-2 с помощью программы геометрической реконструкции "Перун". Сообщение ОИЯИ, IO-8I-772, Дубна (198I) I-8.
 9. Аниховский В.Е., Говорун Н.Н., ... Лихачев М.Ф. и др.: Автосопровождение массовой обработки экспериментальных данных на ЕС ЭЕМ. Препринт ОИЯИ, PI0-87-193, Дубна (1987) I-IO.
 - IO. Гуськов Б.Н., Девизин Е.Г., ... Лихачев М.Ф. и др.: Идентификация заряженных адронов в спектрометре БИС-2. Препринт ОИЯИ, PI-86-248, Дубна (1986) I-IO.
 - II. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др.: Инклюзивное рождение гиперонов и антигиперонов в $n\bar{c}$ - взаимодействиях при 40 ГэВ. Препринт ОИЯИ, PI-82-353, Дубна (1982) I-I3; Preprint PHE, 82-7, Berlin-Zeuthen, DDR (1982) 1-43; ЯФ, т.44, вып. 9 (1986) 66I-670.
 - I2. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др.: Наблюдение очарованных барионов Λ_c^+ , рождённых в нейтронном пучке серпуховского ускорителя. Препринт ОИЯИ, PI-8I-693, Дубна (198I) I-7; ЯФ, т.35, вып.5 (1982) II75-II80; Sov.J.Nucl.Phys., V.35(5), (1982) 687-690.
 - I3. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др.: Исследование очарованных барионов Λ_c^+ , рождённых в нейтрон-углеродных взаимодействиях при ~ 58 ГэВ. Препринт ОИЯИ, PI-82-343, Дубна (1982) I-9; Preprint JINR, E1-82-759, Dubna (1982) 1-8; ЯФ, т.37, вып.6(1983) I474-I478; Sov.J.Nucl.Phys.V.37(6), (1983) 877-879; Труды Междунар.семинара "Кварки-82" (Сухуми 1982), ИЯИ АН СССР, Москва (1983) 362-375.
 - I4. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др.: Рождение очарованных барионов Λ_c^+ в нейтрон-углеродных взаимодействиях при энергии нейтронов ~ 58 ГэВ. Препринт ОИЯИ, ДI-82-895, Дубна (1982) I-8.
 15. Burilkov D.T., Genchev V.I., ... Likhachev M.F. et.al.: Inclusive Production of the Charmed Baryon Λ_c^+ in $n\bar{c}N$ - Interactions Near 55 Gev. Bulg.J.Phys. 10, 1 (1983) 49-57; Burilkov D.T., Markov P.K., Likhachev M.F. : Inclusive Spektrum of Charm Baryons Λ_c^+ Produced by Neutrons at Serpukhov Energies, Sofia, University annual technical Physics, V.22, Book 2, (1985) 57-64; Бурилков Д.Т., Йовчев И.Г., Лихачев М.Ф., Марков П.К.: Импульсный спектр Λ_c^+ . Сборник статей по теоретической физике и физике высоких энергий, посвященный академику Христо Я.Христову, София, БАН (1988) 23I-238.
 16. Burilkov D.T., Genchev V.I., ... Likhachev M.F. et. al.: Momentum Distributions of Λ_c^+ Produced in the Neutron Beat of the Serpukhov Accelerator. Bulg.J.Phys., V.10. 2 (1983) 185-191.
 17. Aleev A.N., Arefiev V.A., ... Likhachev M.F. et. al.: The Λ_c^+ Production by 40-70 GeV Neutrons on Carbon, Preprint JINR, D1-83-865, Dubna (1983) 1-10; Z.Phys.C 23 (1984) 333-338.
 18. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др.: Инклюзивное рождение очарованных барионов Λ_c^+ в нейтрон-углеродных взаимодействиях. Труды междунар.семинара "Кварки-84", (Тбилиси, 1984), ИЯИ АН СССР, Москва (1986) 264-273.
 19. Говорун Н.Н., Григалашвили Т.С., ... Лихачев М.Ф. и др.: Исследование адронного рождения и свойств очарованных частиц и узких барионных резонансов на серпуховском ускорителе (физическое обоснование проекта ЧАРМ). Основные результаты, полученные на установке БИС-2. Сообщение ОИЯИ, I-84-457, Дубна (1984) I-I6.
 20. Говорун Н.Н., Григалашвили Т.С., ... Лихачев М.Ф. и др.: Исследование адронного рождения и свойств очарованных частиц и узких барионных резонансов на серпуховском ускорителе. Физическое обоснование проекта ЧАРМ. Научная программа. Сообщение ОИЯИ, PI-85-685, Дубна (1985) I-IO.
 - 2I. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др.: А - зависимость сечения рождения очарованных барионов Λ_c^+ в нейтрон-ядерных взаимодействиях. Препринт ОИЯИ, ДI-86-422, Дубна (1986) I-6; ЯФ, т.46, вып. IO (1987) II27-II33; Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др.: А - зависимость сечения образования очарованных барионов Λ_c^+ . Труды междунар.семинара "Кварки-86", (Тбилиси, 1986), ИЯИ АН СССР, Москва (1986) 485-494.

22. Aleev A.N., Arefiev V.A., ... Likhachev M.F. et al.:
Observation of \bar{D} - Mesons in nC Interactions at 40-70 GeV/c.
Preprint JINR, E1-85-662, Dubna (1985) 1-8;
Reprint, Czech.J.Phys. B36 (1986) 1303-1310.
23. Aleev A.N., Arefiev V.A., ... Likhachev M.F. et al.:
Production of \bar{D}^0 and D^- - Mesons in Neutron-Carbon Interactions at 40-70 GeV.
Preprint JINR, E1-87-265, Dubna (1987) 1-12;
Z.Phys. C37 (1988) 243-249.
24. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др.:
Рождение очарованных барионов Λ_c^+ в nP - взаимодействиях при энергии нейтронов 40-70 ГэВ.
Препринт ОИЯИ, PI-88-397, Дубна (1988) I-7.
25. Vecko M, Novak M., ... Likhachev M.F. et al.:
Production of charm bariion Λ_c^+ in neutron-proton interactions,
Preprint IP, CAS, 8-88, Prague (1988) 1-18.
26. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др.:
Измерение поляризации Λ , рождённых в инклюзивных процессах нейтронами с энергией около 40 ГэВ на ядрах углерода.
Сообщение ОИЯИ, PI-81-165, Дубна (1981) 1-10.
27. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др.:
Поляризация Λ , рождённых нейтронами с энергией около 40 ГэВ на ядрах углерода.
Препринт ОИЯИ, PI-82-360, Дубна (1982) I-9;
Preprint JINR, E1-82-760, Dubna (1982) 1-9;
ЯФ, т.37, вып.6(1983) I479-I483;
Sov.J.Nucl.Phys., V.37(6), (1983) 880-882.
28. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др.:
Поиск асимметрии в распадах очарованных барионов Λ_c^+ .
Краткие сообщения ОИЯИ, № I-84, Дубна (1984) I3-I7.
29. Алеев А.Н., Арефьев В.А., ... Лихачев М.Ф. и др.:
Поляризация очарованных барионов Λ_c^+ , рождённых в нейтрон-углеродных взаимодействиях.
Препринт ОИЯИ, DI-84-895, Дубна (1984) I-6;
ЯФ, т.43, вып. 3 (1986) 619-623.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 июня 1989 года.