



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 539.126.

1-86-657

КЕКЕЛИДЗЕ

Владимир Дмитриевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ БАРИОНОВ,
СОДЕРЖАЩИХ СТРАННЫЕ И ОЧАРОВАННЫЕ КВАРКИ,
В ПРОЦЕССАХ ФРАГМЕНТАЦИИ НЕЙТРОНОВ**

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

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

Дубна 1986

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований и в Институте физики высоких энергий Тбилисского государственного университета

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук,
профессор

Сергей Петрович
ДЕНИСОВ

доктор физико-математических наук,
профессор

Виктор Анатольевич
МАТВЕЕВ

доктор физико-математических наук,
профессор

Виктор Алексеевич
КОПЫЛОВ-СВИРИДОВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Физический институт АН СССР им. П.Н.Лебедева

Защита диссертации состоится "___" _____ 1987 г.

в _____ час на заседании Специализированного совета Д 047.01.02 при Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований, Дубна, Московской области, конференц-зал ЛВЭ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ ОИЯИ.

Автореферат разослан "___" _____ 1986 г.

Ученый секретарь

Специализированного совета *М.Ф.Лихачев* М.Ф.ЛИХАЧЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Развитие физики элементарных частиц неразрывно связано с формированием представлений о внутреннем строении адронов. В основе современных представлений об их строении лежат кварк-партоновые модели. Исследование сил, связывающих кварки в адронах, относится к одной из важнейших областей физики частиц. Эти силы проявляются как в спектроскопии адронных состояний, так и при образовании адронов из кварков в т.н. процессах адронизации. Поэтому получение новых экспериментальных данных в каждом из указанных направлений позволяет углубить существующие представления о физической природе сил, действующих между кварками в адронах. Значительный интерес в этой связи вызывают эксперименты по спектроскопии адронов, особенно по поиску и исследованию многокварковых состояний.

Взаимодействие кварков в адронах определяется законами симметрии, которым подчиняются их степени свободы. Связь кварков в адронах осуществляется благодаря наличию у них цветовых зарядов, приводящих к взаимным цветовым силам. $SU(3)$ симметричная картина цветовых степеней свободы и условие невылетания кварков из адронов, адекватное требованию бесцветности наблюдаемых состояний, ограничивают возможные виды цветовой связи для обычных мезонов или барионов, состоящих соответственно из кварка и антикварка ($q\bar{q}$) или трех кварков (qqq). Вид цветовой связи для таких кварковых систем может быть только триплетным. В более сложных кварковых конфигурациях могут проявиться другие виды цветовой связи. Например, в бесцветных барионах, состоящих из пяти кварков ($qqqqq$), связь между кварками может осуществляться, кроме обычных триплетных, также октетными и секстетными цветовыми силами. Это приводит к качественному расширению спектров состояний многокварковых адронов по сравнению с обычными. Существование многокварковых состояний, таких, как ($qq\bar{q}\bar{q}$), ($qqqq\bar{q}$), ($qqqqqq$) и др., не запрещено в рамках известных представлений о кварках и схем кваркового строения адронов. Поэтому вопрос об их наблюдаемости носит принципиальный характер. Отсутствие в природе таких объектов потребовало бы нетривиальных дополнений к существующей картине строения адронов. С другой стороны, изучение свойств многокварковых адронов, в

Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ

случае их обнаружения, может привести к выявлению новых видов сил, связывающих кварки в адронах.

Как теоретически, так и экспериментально, было показано, что в ядрах присутствуют кварковые кластеры, более сложные по структуре, чем трехкварковые барионы. Важное значение имеет доказательство существования многокварковых адронов в свободном состоянии. Поиск таких состояний включен в программы экспериментальных исследований, проводимых на всех крупнейших ускорителях элементарных частиц. К настоящему времени зарегистрирован ряд кандидатов в многокварковые состояния. Однако полученные экспериментальные данные о большинстве из них не позволяют однозначно интерпретировать их, или требуют дополнительного экспериментального подтверждения. Существующих данных недостаточно также для систематизации обнаруженных состояний по возможным мультиплетам. Поэтому принципиально важной задачей остается поиск новых статистически обеспеченных состояний и, в случае их обнаружения, всестороннее исследование их свойств.

Экспериментально обнаруженное явление значительной поляризации гиперонов, рожденных в процессах фрагментации неполяризованных адронов, также может свидетельствовать о проявлении сил, связывающих кварки в адронах. Гиперон, образованный в процессе фрагментации, частично состоит из кварковых фрагментов первичного адрона, а частично — из вновь образованных или подхваченных из моря кварков. Состояния кварков в барионах (гиперонах) хорошо описываются волновой функцией, $SU(6)$ симметричной по ароматам и спиновым состояниям ^{*}), что позволяет определить соответствие между поляризацией бариона и спиновыми состояниями входящих в его состав кварков. Формирование спиновых состояний кварков может происходить, в частности, за счет сил, возникающих между кварками в процессе их адронизации. При таком механизме поляризации она зависит от источников образования вошедших в барион кварков. В этой связи странные или очарованные кварки играют выделенную роль, поскольку в конкретной реакции рождения содержащего их бариона известен источник этих кварков — валентные кварки первичного адрона, или море кварков.

В последнее десятилетие вопросам поляризации инклюзивно рожденных гиперонов уделяется большое внимание. Развита феноменологическая модель, в которых даны не только качественные, но и количественные оценки этого явления. В ряде из них поляризация объясняется как результат спин-орбитального взаимодействия кварков в поле сил, связывающих их в адроны.

^{*}) При описании барионов, содержащих очарованные кварки, используют $SU(8)$ симметричную волновую функцию.

Возможность инклюзивного подхода к исследованию явления поляризации гиперонов является важным обстоятельством, приводящим к существенному упрощению ряда вопросов при постановке экспериментов. Это позволило также зарегистрировать достаточно большую статистику гиперонов, необходимую для проведения таких исследований. В итоге были получены обширные экспериментальные данные по поляризации гиперонов, образованных различными адронами в широком диапазоне энергий. Однако существующие данные не охватывают многих аспектов этого явления, имеющих важное значение для его всестороннего исследования.

Наиболее подробно изучена поляризация Λ^0 , образованных в адрон-адронных и адрон-ядерных взаимодействиях. Из существующих данных следует, что поляризация Λ^0 зависит от типа адрона, в области фрагментации которого они образованы. Однако не систематизированы данные о возможной зависимости поляризации Λ^0 от атомного веса (A) ядер мишени и не получены количественные оценки такой зависимости. Получение экспериментальных данных по A -зависимости поляризации Λ^0 представляет существенный интерес для выяснения роли ядер в поляризации гиперонов и, следовательно, изучения механизма этого явления.

Поляризация других гиперонов исследована не так подробно, как поляризация Λ^0 . Например, ко времени завершения экспериментальных исследований, положенных в основу диссертации, не было никаких других данных, а к настоящему времени опубликованы данные единственного эксперимента по поляризации Ξ^- , образованных в области фрагментации нуклонов. Кварковый состав и соотношение между различными источниками кварков (морские или валентные), образующих Ξ^- в процессе фрагментации нуклонов, отличаются от аналогичных характеристик Λ^0 . Поэтому получение экспериментальных данных по поляризации Ξ^- необходимо для проверки моделей, описывающих явление поляризации.

Особый интерес представляет сравнение поляризации странных (Λ^0) и очарованных (Λ_c^+) барионов, рожденных в одинаковых условиях. Волновые функции этих барионов имеют сходный вид, а их различие сводится к различию странного (s) и очарованного (c) кварков, входящих в состав Λ^0 и Λ_c^+ соответственно. Спиновые состояния этих кварков определяют поляризацию соответствующих барионов, поскольку другая пара кварков как в Λ^0 , так и в Λ_c^+ , характеризуется нулевым суммарным спином. Масса c -кварка в несколько раз больше, чем масса s -кварка. Поэтому сравнение поляризаций Λ^0 и Λ_c^+ позволит выяснить роль массы кварка в явлении поляризации инклюзивных гиперонов. До настоящего времени не существует экспериментальных данных по поляризации Λ_c^+ , кроме результатов, вошедших в диссертацию. Отсутствие таких данных связано со сложностями регистрации необходимой статистики Λ_c^+ из-за малого

сечения их образования и большого уровня сопутствующих фоновых событий.

Решение перечисленных вопросов имеет важное значение для всестороннего анализа явления поляризации, развития представлений о его механизмах и, следовательно, для изучения взаимодействий кварков при образовании адронов.

Основной целью работы является получение новой информации о силах, связывающих кварки в адронах, путем экспериментального исследования барионов, содержащих странные и очарованные кварки, в процессах фрагментации нейтронов.

Эти исследования проводились по двум направлениям:

- поиск и изучение обнаруженного многокваркового бариона;
- изучение поляризации странных и очарованных барионов, рожденных инклюзивно в нейтрон-ядерных взаимодействиях.

Эксперименты, положенные в основу диссертационной работы, были проведены в 1975-1984 гг с помощью спектрометров БИС, расположенных в нейтральном канале 4Н серпуховского ускорителя. В экспериментах была зарегистрирована информация, соответствующая $\sim 2,6 \cdot 10^7$ нейтрон-ядерных взаимодействий. Анализ этой информации и получение физических результатов осуществлялись в Институте физики высоких энергий Тбилисского государственного университета и в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований на ЭВМ серии ЕС, СДС-6500 и БЭСМ-6.

Новизна работы состоит в том, что:

- обнаружен новый узкий барионный резонанс $\Lambda(1660)$ и изучены его основные характеристики;
- впервые систематизирована зависимость поляризации Λ^0 , образованных в нуклон-ядерных взаимодействиях, от атомного веса ядер мишени, и получены ее количественные оценки;
- впервые измерена поляризация Ξ^- , образованных нуклонами в области энергий, меньших энергии пучков в Лаборатории им. Ферми;
- впервые измерена асимметрия в распадах очарованных барионов Λ_c^+ .

Научная значимость и практическая ценность работы определяются тем, что:

- обнаружение узкого бариона со скрытой странностью качественно расширило спектроскопию адронных состояний;
- исследование этого бариона позволило углубить представления о возможных видах сил, связывающих кварки в адронах, и их проявлениях;
- полученные экспериментальные данные по поляризации странных и очарованных барионов имеют существенное значение для выяснения роли

спина и массы кварков в процессах их адронизации, а также для учета влияния ядер на эти процессы;

- предложенные решения ряда методических вопросов по анализу экспериментальной информации и получению физических результатов представляют практическую ценность при проведении экспериментальных исследований в монохроматических пучках нейтральных частиц;
- предложена система организации для обработки большого объема экспериментальной информации, разработаны алгоритмы, и на их основе создан комплекс математических программ, которые применяются сотрудничеством БИС-2 при анализе данных и могут быть использованы в сходных экспериментах;
- опубликованные по теме диссертации экспериментальные результаты использованы в теоретических работах по систематизации барионных состояний и развитию кварк-партоновых моделей;
- полученные результаты и выводы использованы при разработке программ научных исследований для проводимых и запланированных экспериментов на У-70 и строящемся ускорительно-накопительном комплексе.

Таким образом намечен экспериментальный подход и проведены первые исследования, направленные на выяснение физической природы сил, связывающих странные и очарованные кварки в барионах и многокварковых адронах.

Апробация работы и публикации. Основные результаты и выводы диссертации обсуждались на научных семинарах Лаборатории высоких энергий и Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований, Института физики высоких энергий Тбилисского государственного университета, Института физики высоких энергий (Протвино), Института ядерных исследований (Москва); докладывались на сессиях отделения ядерной физики АН СССР в Москве (1978, 1979 и 1983 гг.) и в Протвино (1980 г.), на международных и всесоюзных семинарах "Кварки-82" в Сухуми (1982 г.), "Кварки-84" и "Кварки-86" в Тбилиси (1984 и 1986 гг.), в Киеве (1985 г.), в Дубне (1984 г.), на XIX Европейской конференции по проблемам многих тел в физике в Тбилиси (1984 г.), на VI Международном симпозиуме по поляризационным явлениям в ядерной физике в Осаке (Япония, 1985 г.); представлены на Международных конференциях по физике высоких энергий в Токио (Япония, 1978 г.), Мэдисоне (США, 1980 г.), в Париже (Франция, 1982 г.), в Брайтоне (Великобритания, 1983 г.), в Лейпциге (ГДР, 1984 г.) и в Беркли (США, 1986 г.).

Основные результаты диссертации содержатся в 18 публикациях, список которых приведен в конце автореферата.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Диссертационная работа состоит из введения, четырех частей, объединяющих тринадцать глав, заключения, приложения и списка цитированной литературы.

Во введении обсуждается актуальность выбранной темы исследования и сформулирована цель работы. Коротко охарактеризован существовавший экспериментальный и теоретический статус исследуемых вопросов. Указана апробация работ, положенных в основу диссертации, и рассмотрено содержание разделов диссертации.

В первой части диссертации обосновывается выбор экспериментального подхода к решению поставленных задач: поиска узких барионных резонансов (УБР) и исследования поляризации странных и очарованных барионов.

В первой главе приведены экспериментальные данные по рождению гиперонов нуклонами, а также теоретические оценки, позволяющие определить область поиска УБР. Ко времени подготовки экспериментальных исследований, положенных в основу диссертации, отсутствовали данные, свидетельствовавшие о наблюдении адронного рождения очарованных частиц. Поэтому при оптимизации экспериментальных условий для регистрации Λ_c^+ исходили из предположения о качественной аналогии характеристик рождения Λ_c^+ и Λ^0 . В частности, было предположено, что уже при серпуховских энергиях Λ_c^+ , как и Λ^0 , должны рождаться в основном в процессах фрагментации нуклонов. Обсуждаются характерные особенности таких процессов, учет которых позволяет оптимизировать экспериментальные условия регистрации Λ_c^+ . Предложено изучать поляризацию странных и очарованных барионов, рожденных в процессах фрагментации нуклонов пучка.

В этой же главе рассмотрены процессы предельной фрагментации, т.н. дифракционной диссоциации (ДД) нуклонов и обсуждается их роль в образовании УБР. Приведены экспериментальные данные, иллюстрирующие наблюдение нуклонных резонансов, рожденных в этих процессах. Процессы ДД описываются померонным обменом в t -канале. Из теоретических оценок следует, что существует примесь четырехкварковых состояний к померону, которая может привести к эффективному образованию в процессах ДД нуклонов многокварковых барионов. Одним из возможных проявлений таких барионов являются УБР в спектрах масс конечных состояний. В большинстве моделей узость многокварковых состояний объясняется за счет наличия внутреннего орбитального момента между кварками или их кластерами. При оптимизации путей поиска УБР, кроме перечисленных ар-

гументов, учитывалась малочисленность экспериментальных данных по процессам ДД нуклонов в странные частицы. В итоге предложено искать УБР в спектрах инвариантных масс систем Σ^*K , образованных при ДД нуклонов.

Оптимальным подходом к решению всех поставленных задач является экспериментальное исследование процессов фрагментации нуклонов пучка с образованием странных частиц. Вопросам выбора экспериментальной методики для проведения этих исследований на серпуховском ускорителе посвящена вторая глава. В ней сформулированы требования к чувствительности и избирательности эксперимента к регистрации изучаемых событий и предложены пути их достижения. Требования к чувствительности в основном определяются оценками сечений рождения Λ_c^+ и УБР. Показано, что они могут быть осуществлены в эксперименте, проведенном в пучке нейтронов с помощью т.н. "форвард"-спектрометра. Необходимая избирательность в этом случае может быть частично достигнута при регистрации событий в эксперименте, а в основном на стадии анализа зарегистрированных событий за счет высокого разрешения по инвариантным массам восстанавливаемых конфигураций вторичных частиц.

Для проведения намеченных исследований использовался спектрометр БИС-1, а затем две модификации спектрометра БИС-2. Все они были расположены в нейтральном канале 4Н серпуховского ускорителя. Описание параметров пучка канала 4Н, конструкции и условий экспозиции спектрометров БИС также приведены во второй главе. Нейтральный пучок состоял в основном из нейтронов, импульсный спектр которых характеризовался средним значением ~ 40 ГэВ/с. Эксперименты по поиску УБР, положенные в основу диссертации, были начаты с помощью спектрометра БИС-1, в состав которого входили анализирующий магнит СП-40 и двухкоординатные искровые камеры с магнитострикционным съемом информации для регистрации вторичных заряженных частиц и измерения их импульсов. Результаты, полученные в этом эксперименте, были использованы при планировании и проведении последующих исследований с помощью спектрометра БИС-2. За время проведения экспериментов спектрометр был поэтапно усовершенствован путем включения в его состав новых детекторов. Всего было проведено четыре экспозиции с двумя различающимися модификациями спектрометров БИС-2 и БИС-2С, схема последней из которых (БИС-2С) приведена на рис. 1. В обеих модификациях использовался анализирующий магнит СП-40 и разное число двухкоординатных пропорциональных камер с 2-мм шагом намотки сигнальных проволочек (ПК). Два многоканальных пороговых газовых черенковских счетчика МПЧС1 и МПЧС2 входили в состав только второй модификации спектрометра. Контроль работы спектрометра, прием и накопление экспериментальной информации осуществлялись с помощью ЭВМ ЕС-1040.

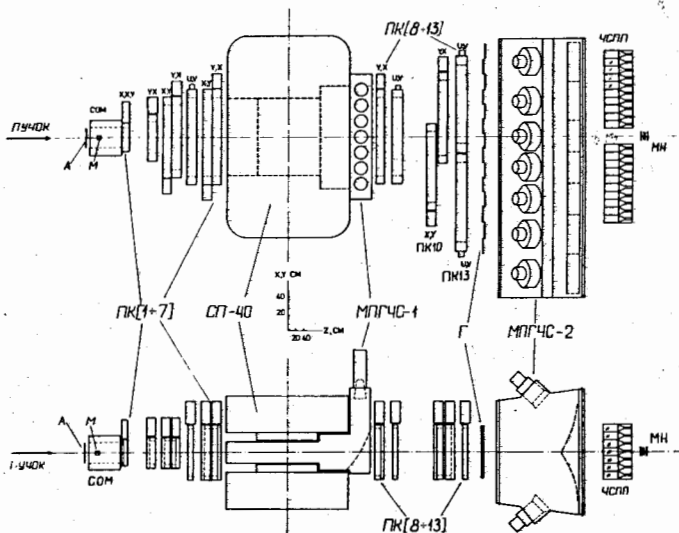


Рис. 1. Схема расположения на канале основных элементов спектрометра БИС-2С.

В конце второй главы приведены условия экспозиции спектрометров БИС-1, БИС-2 и БИС-2С. В спектрометре БИС-1 использовалась углеродная мишень, а его запуск осуществлялся при регистрации не менее трех вторичных заряженных частиц. Всего было зарегистрировано $\sim 2,5 \cdot 10^6$ таких событий. При трех экспозициях БИС-2 также применялась углеродная мишень, а в единственной экспозиции БИС-2С углеродная, алюминиевая и медная мишени (М) чередовались через каждые $4 + 5 \cdot 10^4$ зарегистрированных нейтрон-ядерных взаимодействий. Для запуска спектрометра требовалось, чтобы через него пролетело не менее четырех вторичных заряженных частиц. Всего в течение экспериментов с помощью спектрометров БИС-2 и БИС-2С было зарегистрировано $\sim 2,3 \cdot 10^7$ нейтрон-ядерных взаимодействий.

В третьей главе обсуждаются возможности других экспериментов по поиску УБР и изучению странных и очарованных барионов. Рассмотрены эксперименты как с применением камерной методики, так и электронной. Показано, что данные, полученные с помощью пузырьковых камер, в основном из-за относительно низкой чувствительности таких экспериментов не позволяют решить поставленные в диссертации задачи. В ряде рассмотренных электронных экспериментов была зарегистрирована рекордная статистика инклюзивно рожденных гиперонов, благодаря чему с высокой

точностью была измерена их поляризация. Однако в этих экспериментах не могут быть решены другие вопросы, рассмотренные во введении. В конце главы приведено сравнение по основным характеристикам рассмотренных экспериментов с экспериментами БИС. Показано, что для выполнения предложенной программы научных исследований эксперименты БИС характеризуются наилучшими возможностями.

Во второй части диссертации рассмотрены вопросы анализа зарегистрированной экспериментальной информации и выделения исследуемых событий.

В четвертой главе приведена общая структура обработки данных и получения физических результатов. Эта структура во многом отражает поисковый характер проведенных экспериментов, обусловивший большой объем исходной информации для анализа. Предложенная система организации обработки данных была оптимизирована с целью расширения возможностей для участия в анализе большого числа групп физиков из различных сотрудничающих исследовательских центров.

Весь процесс обработки был разбит на три стадии, включающих геометрическую и кинематическую реконструкции зарегистрированных в эксперименте событий, моделирование изучаемых процессов, выделение интересующих событий и их физический анализ. Каждая из стадий проводилась в несколько этапов, результаты которых записывались на магнитные ленты. Такая структура обработки данных позволила независимо и многократно контролировать любой этап анализа и осуществлять необходимые коррекции.

В этой же главе приведено описание алгоритмов основных математических программ, применявшихся при анализе. На первом этапе анализа использовались программы геометрической реконструкции траекторий заряженных частиц. Эти программы были оптимизированы с целью высокой эффективности поиска траекторий. Окончательный отбор траекторий, т.н. фильтрация, и восстановление их параметров осуществлялись на последующих этапах статистического анализа.

В четвертой главе описаны также условия моделирования процессов рождения УБР, их распадов и регистрации. Приведены результаты расчетов эффективностей регистрации УБР в зависимости от различных кинематических переменных.

Пятая глава посвящена оптимизации условий выделения частиц и резонансов с отличной от нуля странностью. В основе такого выделения лежит идентификация нейтральных странных частиц Λ^0 и K_S^0 и последующий поиск состояний, распадающихся с образованием этих частиц. Λ^0 и K_S^0 идентифицировались среди "нейтральных вилок", воспроизводящих геометрию их распадов соответственно на $p\pi^-$ и $\pi^+\pi^-$. Были опти-

мизированы геометрические и кинематические условия выделения таких распадов. Эти условия зависели от физических задач анализа событий, содержащих Λ^0 или K_S^0 . На рис. 2 приведен спектр инвариантных масс системы $p\pi^-$ для нейтральных вилков, выделенных в экспозициях спектрометра БИС-2С. Пик в области массы Λ^0 на этом спектре соответствует зарегистрированным распадам $\Lambda^0 \rightarrow p\pi^-$, которые анализировались с целью измерения A -зависимости поляризации Λ^0 . В трех экспозициях спектрометра БИС-2 были выделены события, содержащие K_S^0 , среди которых искались распады очарованных барионов Λ_c^+ . Спектр инвариантных масс в системе $\pi^+\pi^-$ для восстановленных в этих событиях нейтральных вилков приведен на рис. 3. Пик в области массы K_S^0 обусловлен распадами $K_S^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$.

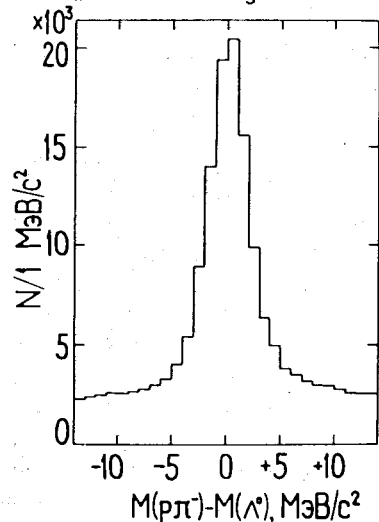


Рис. 2. Спектр инвариантных масс $p\pi^-$ нейтральных вилков, выделенных для изучения A -зависимости поляризации Λ^0 .

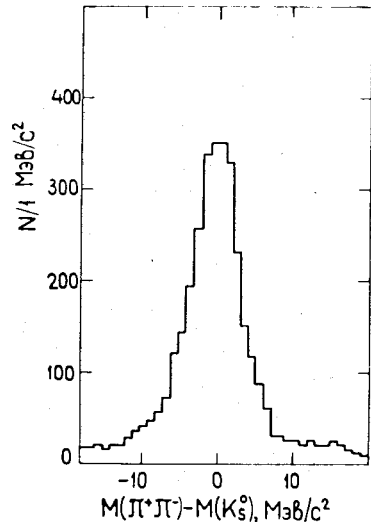


Рис. 3. Спектр инвариантных масс $\pi^+\pi^-$ нейтральных вилков в событиях, выделенных для поиска распадов Λ_c^+ .

Для определения параметров, характеризующих инклюзивное рождение Λ^0 , были восстановлены спектры продольных и поперечных составляющих их импульсов. Описана методика получения таких спектров по фейнмановской переменной x , разработанная для восстановления спектров кинематических переменных, не измеряемых в каждом из зарегистрированных событий.

В этой же главе рассмотрены вопросы выделения гиперонных резонансов, распадающихся с образованием Λ^0 . На рис. 4 приведен спектр инвариантных масс системы $\Lambda^0\pi^-$, иллюстрирующий наблюдение распадов $\Sigma^-(1385) \rightarrow \Lambda^0\pi^-$ среди событий, отобранных для поиска УБР в эксперименте, проведенном с помощью спектрометра БИС-2^{ж)}. Приведенный спектр аппроксимировался гладкой кривой для фона и функцией Брейта-Вигнера для резонанса (пунктирные кривые на рис. 4). Определенные таким образом значения массы и ширины резонанса хорошо согласуются с табличными данными для $\Sigma^-(1385)$.

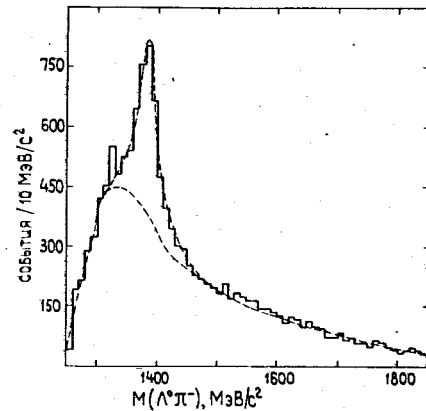


Рис. 4. Спектр инвариантных масс системы $\Lambda^0\pi^-$ для событий, выделенных с целью поиска УБР.

Для измерения поляризации Λ^0 были выделены их распады на Λ^0 и π^- среди всех событий, зарегистрированных с помощью обих модификаций спектрометра БИС-2. С этой целью были отобраны события, в которых Λ^0 и одна из отрицательно заряженных частиц образуют топологию каскадного распада. Распределение

отобранных событий по величине инвариантной массы системы $\Lambda^0\pi^-$ приведено на рис. 5. Пик в области массы Ξ^- соответствует зарегистрированным распадам $\Xi^- \rightarrow \Lambda^0\pi^-$.

Шестая глава посвящена выделению очарованных барионов Λ_c^+ с целью изучения их поляризации и сравнения с поляризацией Λ^0 , зарегистрированных при аналогичных условиях. Такое сравнение было проведено для Λ_c^+ и Λ^0 , рожденных инклюзивно в нейтрон-углеродных взаимодействиях, зарегистрированных с помощью спектрометра БИС-2^{жж)}. Искались распады Λ_c^+ через нейтральные странные частицы среди событий, содержащих Λ^0 , или K_S^0 , и не менее трех заряженных частиц h^+ , h^+ и h^- .

ж) В результате анализа событий, зарегистрированных в этом эксперименте, выделено наибольшее количество УБР, что позволило провести исследование его свойств.

жж) Статистика, зарегистрированная с помощью спектрометра БИС-2, соответствует наибольшей светимости среди трех проведенных экспериментов.

Показано, что условия экспериментов БИС оптимальны для регистрации распадов Λ_c^+ такой конфигурации. На рис. 6 приведены распределения отобранных событий по инвариантным массам в системах $K_S^0 p \pi^+ \pi^-$ (а) и $\Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-$ (б). В каждом из приведенных распределений в области массы Λ_c^+ наблюдаются узкие пики, свидетельствующие о регистрации распадов $\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$ и $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^+$.

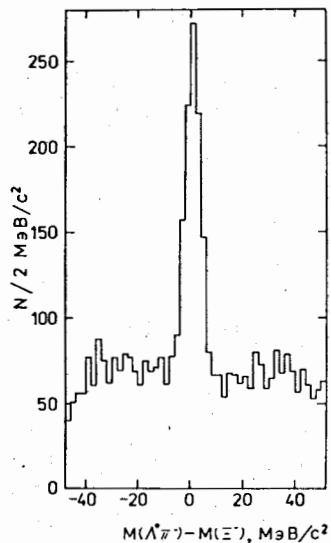


Рис. 5. Спектр инвариантных масс системы $\Lambda^0 \pi^-$ в событиях, соответствующих каскадной топологии.

Третья часть диссертационной работы посвящена поиску УБР в системе $\Sigma^-(1385) K^+$ и исследованию обнаруженного состояния $N(1960)$.

В седьмой главе приведены результаты, полученные в экспериментах БИС-1, БИС-2 и БИС-2С, которые свидетельствуют о наблюдении УБР, распадающегося на $\Sigma^-(1385)$ и K^+ . При анализе экспериментальной информации, зарегистрированной с помощью спектрометра БИС-1, было получено соответствующее указание, а в эксперименте, проведенном с помощью спектрометра БИС-2, было подтверждено существование этого резонанса и исследованы его основные характеристики. Резонанс проявился как узкий статистически значимый пик в спектре инвариантных масс

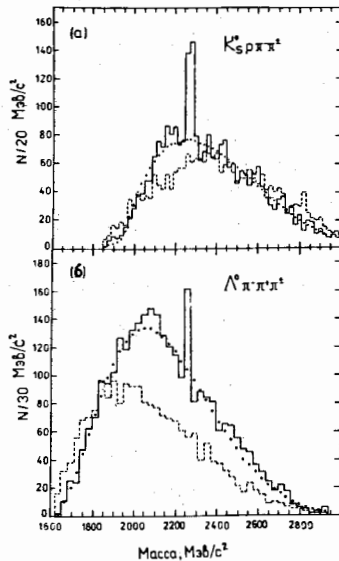


Рис. 6. Спектры инвариантных масс $K_S^0 p \pi^+ \pi^-$ (а) и $\Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-$ (б).

вторичных частиц $\Lambda^0 \pi^- K^+$ около массы ~ 1960 МэВ/с². Этот пик наблюдался, если события были выделены при условии, что Λ^0 и π^- являются продуктами распада $\Sigma^-(1385)$, и не наблюдался в противном случае. В результате анализа экспериментальных и моделированных событий было показано, что наблюдаемый пик не является кинематическим отражением ни одного из известных или гипотетических резонансов. В эксперименте, проведенном с помощью спектрометра БИС-2С, также был зарегистрирован этот резонанс. Анализ сигналов от МПЧС1 и МПЧС2 (см. рис. 1) в этом эксперименте позволил идентифицировать K^+ и подтвердить справедливость методики выделения узких резонансов в экспериментах, в которых отсутствовала непосредственная идентификация заряженных частиц.

На рис. 7 приведены спектры инвариантных масс системы $\Sigma^-(1385) K^+$, иллюстрирующие наблюдение обнаруженного резонанса $N(1960)$.

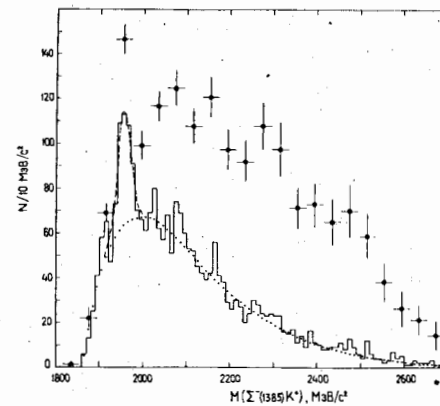


Рис. 7. Спектры инвариантных масс системы $\Sigma^-(1385) K^+$

Гистограммой на этом рисунке обозначен спектр, полученный для совокупности событий, зарегистрированных во всех рассмотренных экспериментах БИС. Пунктирной и точечной кривыми приведены результаты аппроксимации этого спектра соответственно резонансной и фоновой кривыми.

Черными кружками показан спектр для рожденных событий в относительных единицах, восстановленный с учетом эффективности их регистрации.

Анализ характеристик наблюдаемого резонанса приведен в восьмой главе. Большинство характеристик было определено в эксперименте, выполненном с помощью спектрометра БИС-2, поскольку при этом была зарегистрирована и выделена наибольшая статистика $N(1960)$. Характеристики дифференциального сечения рождения резонанса были определены в рамках параметризации

$$d^3\sigma/dp^3 \sim \exp(-b \cdot P_T^2) \cdot (1-x)^n, \quad (I)$$

где P_T – поперечная составляющая импульса резонанса, а x – переменная Фейнмана. Распределения зарегистрированных резонансных событий по P_T^2 и по продольной составляющей импульса в лаб. системе, P_L , приведены соответственно на рис. 8 и 9 черными точками. Пунктирными линиями на этих рисунках показаны результаты аппроксимации приведен-

ных спектров в рамках выражения (1). В области $P_T^2 < 0,24$ (ГэВ/с)² были получены значения параметров:

$$b = (9,9 \pm 3,0) (\text{ГэВ/с})^{-2} \quad (2)$$

$$n = (0,2 \pm 0,2), \quad (3)$$

которые указывают на дифракционный характер механизма образования резонанса.

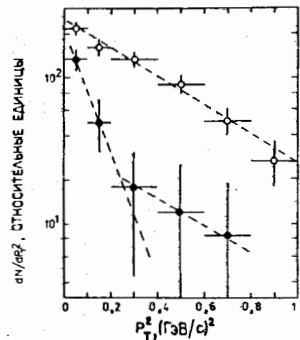


Рис. 8. Распределение рожденных N (I960) (\bullet) и фоновых событий (\circ) по P_T^2 .

Светлыми кружками на рис. 8 приведено распределение по P_T^2 для фоновых событий, инвариантная масса системы $\Sigma^-(I385) K^+$ которых соответствует ближайшим интервалам в спектре справа и слева от резонансного пика. Из рисунка видно,

что фоновые и резонансные события имеют разный характер распределения по P_T^2 .

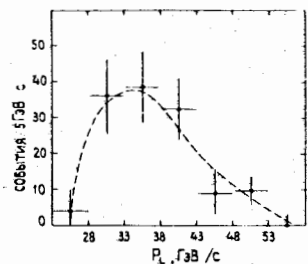


Рис. 9. Распределение зарегистрированных в эксперименте БИС-2 N (I960) по P_L .

В интервале импульсов от 23 до 53 ГэВ/с была изучена зависимость сечения рождения резонанса от импульса первичного нейтрона P_n . Получено, что сечение пропорционально P_n^a при

$$a = -(0,28 \pm 0,04). \quad (4)$$

В результате анализа информации, зарегистрированной при экспозициях спектрометра БИС-2С с тремя ядерными мишенями, была измерена A -зависимость сечения рождения N (I960). Она описывается степенным законом A^α при

$$\alpha = (0,6 \pm 0,3). \quad (5)$$

Совокупность полученных характеристик (2 - 5) рождения резонанса в нейтрон-ядерных взаимодействиях соответствует процессу ДД первичного нейтрона. Это подтверждается также тем, что резонанс наблюдается только при отсутствии других заряженных частиц, зарегистрированных спектрометром. Было получено, что произведение сечения рождения N (I960) в нейтрон-углеродных взаимодействиях на вероятность его

распада по наблюдаемому каналу:

$$\sigma \cdot B = (1,15 \pm 0,19) \text{ мкб/ядро углерода}. \quad (6)$$

Из сравнения с данными других экспериментов было определено, что величина (6) составляет около 5% от сечения процесса ДД нейтрона в систему $\Sigma^-(I385) K^+$.

В этой же главе приведен анализ угловых характеристик распада резонанса, позволивший получить ограничения на возможные значения его спина-четности (J^P). На рис. 10 черными точками приведено распределение рожденных N (I960) по величине $\cos \Psi$, где Ψ - угол между вектором импульса $\Sigma^-(I385)$ в системе покоя резонанса и вектором импульса Λ^0 в системе покоя $\Sigma^-(I385)$. Пунктирными линиями на этом же

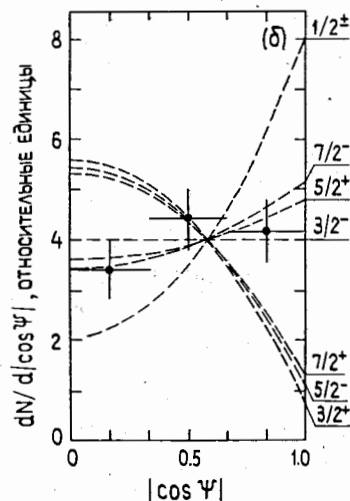


Рис. 10. Распределение рожденных N (I960) по $\cos \Psi$ (\bullet) и ожидаемые спектры для различных значений J^P (пунктирные линии).

рисунке показаны распределения, ожидаемые для определенных значений J^P . Видно, что экспериментальное распределение соответствует возможным натуральным значениям J^P , начиная с $3/2^-$. Распределения рожденных N (I960) по $\cos \theta$, где θ - угол Готтфрида-Джексона, и по углу Треймана-Янга, φ , приведены соответственно на рис. 11 и рис. 12 (черные точки). В приложении показано, что полученные распределения по $\cos \theta$ и φ исключают значение $J^P = 3/2^-$ для N (I960).

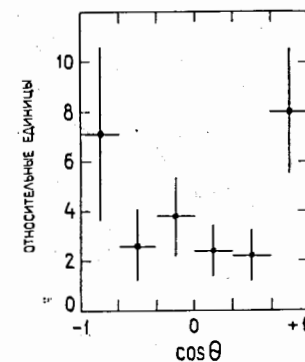


Рис. 11. Распределение рожденных N (I960) по $\cos \theta$.

В девятой главе проанализированы относительные вероятности каналов распада N (I960). При поиске возможных распадов на странные частицы анализировались как данные, полученные в экспериментах БИС, так и опубликованные результаты других экспериментов. При поиске каналов распада без странных частиц в конечных состояниях были проанализиро-

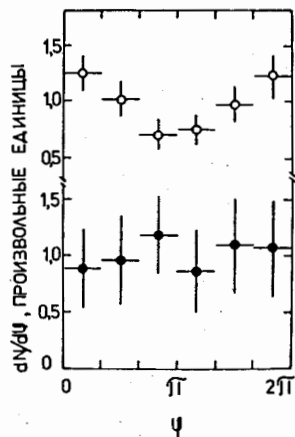


Рис. 12. Распределение рожденных $N(1660)$ (●) и фоновых событий (○) по φ .

ваны только результаты других экспериментов. Из полученных верхних ограничений для отношений вероятностей искомых каналов распада $N(1660)$ на странные частицы к зарегистрированному следует значительная роль фактора центробежного барьера, приводящего к подавлению вероятности распадов с высокими орбитальными моментами. Было получено также ограничение на вероятность распада $N(1660) \rightarrow \Delta \pi$, которое может быть объяснено правилом Окубо-Цвейга-Иизуки и свиде-

тельствует о том, что $N(1660)$ является барионом со скрытой странностью.

В десятой главе обсуждается ряд моделей экзотических барионов и рассмотрены резонансы - кандидаты в экзотические адроны. Экзотический набор квантовых чисел у адрона, как правило, объясняется его многокварковым составом. В общем случае многокварковый адрон, например, пятикварковый барион может характеризоваться неэкзотическим набором квантовых чисел, а необычная структура - проявиться в его аномальной узости. На рис. 13 приведено сравнение масс и ширин известных неэкзотических нуклонных резонансов (обозначены стандартными спектроскопическими символами) с массами и ширинами аномально узких

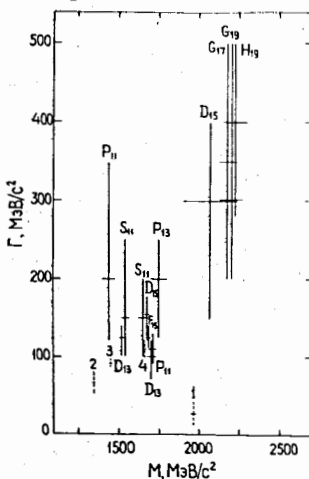


Рис. 13. Значения масс (M) и ширин (Γ) известных нуклонных резонансов (спектроскопические символы), кандидатов в УБР (2-4) и обнаруженного резонанса $N(1660)$ (1).

резонансов - кандидатов в пятикварковые барионы (обозначены 2-4). Обнаруженный резонанс $N(1660)$, обозначенный 1 на этом же рисунке, характеризуется наименьшей шириной, что является дополнительным свидетельством в пользу его пятикварковой структуры. Совокупность таких характеристик $N(1660)$, как масса, ширина, спин-четность,

наличие внутреннего орбитального момента, механизм рождения и его сечение, изотопический спин ($1/2$), наличие скрытой странности, из всех рассмотренных моделей пятикварковых барионов наилучшим образом соответствует т.н. модели мезобарионов. Барионы в этой модели состоят из двух цветных кварковых кластеров, разделенных орбитальным моментом и связанных полем октетных цветовых сил. В рамках модели мезобарионов $N(1660)$ является представителем $5/2^+ SU(3)$ 9-плета. Рассмотрена возможная идентификация других членов этого 9-плета с некоторыми из наблюдавшихся кандидатов в экзотические барионы.

В выводах по третьей части обсуждается возможность поиска других экзотических адронов при различных энергиях пучков, в т.ч. и на строящемся ускорительно-накопительном комплексе ИФВЭ.

В четвертой части диссертации приведены результаты исследования поляризации странных и очарованных барионов, образованных инклюзивно в адронных реакциях.

В одиннадцатой главе проанализированы существовавшие экспериментальные данные по поляризации гиперонов. Из качественного рассмотрения состояний гиперонов, рожденных в различных адронных реакциях, следует, что наличие у них поляризации и ее знак обусловлены типом первичного адрона, в области фрагментации которого они образованы, независимо от типа другого первичного адрона. Количественный анализ величины поляризации показывает, что она зависит от кинематических переменных x и P_T , при которых зарегистрирован гиперон, но не зависит от энергии реакции. Приведена систематизация данных по поляризации Λ^0 , рожденных на различных ядрах. При этом величины поляризации Λ^0 , измеренные в различных экспериментах, были пересчитаны с учетом известных зависимостей от x и P_T так, чтобы исключить влияние кинематических переменных на различие сопоставляемых значений поляризации. В результате такого анализа получено указание на то, что абсолютная величина поляризации Λ^0 убывает с ростом атомного веса ядра мишени (A) и тем значительнее, чем ниже энергия реакции.

В двенадцатой главе приведены результаты изучения в экспериментах БИС-2 поляризации странных и очарованных барионов, образованных в нейтрон-ядерных взаимодействиях.

Наличие трех ядерных мишеней при экспозиции спектрометра БИС-2С позволило проверить вывод, полученный в одиннадцатой главе, и впервые экспериментально измерить A-зависимость поляризации Λ^0 . Для измерения такой зависимости предложена методика, позволяющая исключить из расчетов эффективность регистрации распадов $\Lambda^0 \rightarrow p \pi^-$, которая была одинаковой в экспозициях с различающимися мишенями. A-зависимость поляризации была измерена для Λ^0 , зарегистрированных при $P_T > 0,6$

ГэВ/с, в рамках параметризации: $\alpha \cdot A^\beta$. Полученные значения параметров α и β и контуры стандартных ошибок для них приведены на рис. 14. Эти значения согласуются с результатами анализа, проведенного в одиннадцатой главе. Заштрихованной полосой на рис. 14 обозначена область

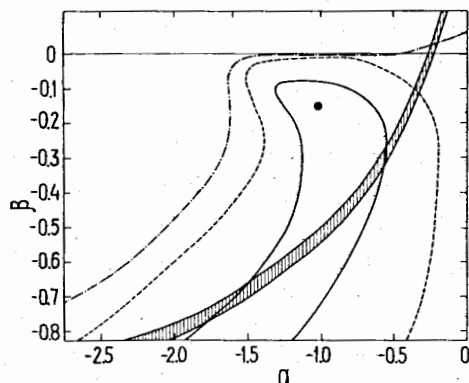


Рис. 14. Значения параметров, характеризующих зависимость поляризации Λ^0 от A .

параметров, соответствующая величине поляризации Λ^0 , рожденных в нейтрон-углеродных взаимодействиях при $P_T > 0,6$ ГэВ/с^{ж)}. Путем сравнения с данными других экспериментов показано, что поляризация Λ^0 , образованных в нейтрон-ядерных взаимодействиях, не отличается от поляризации Λ^0 , образованных в протон-ядерных взаимодействиях.

В этой же главе приведены результаты измерения поляризации Ξ^- , рожденных в нейтрон-ядерных взаимодействиях. Из-за незначительной статистики зарегистрированных Ξ^- такое измерение было выполнено на основании анализа суммарной информации, зарегистрированной во всех экспозициях спектрометров БИС-2 и БИС-2С. Результаты измерения приведены на рис. 15 светлым кружком. Для сравнения на этом же рисунке приведены результаты измерения поляризации Ξ^- , рожденных отрицательными каонами, при разных значениях P_T . Видно, что знак поляризации Ξ^- , образованных нейтронами, отрицателен и отличается от поляризации Ξ^- , образованных отрицательными каонами.

На рис. 16 приведено сопоставление результатов измерения поляризации Λ^0 и Λ_c^+ . Для того, чтобы исключить возможные экспериментальные неопределенности, оба результата получены при анализе только нейтрон-

^{ж)} Результаты, полученные с помощью спектрометра БИС-2.

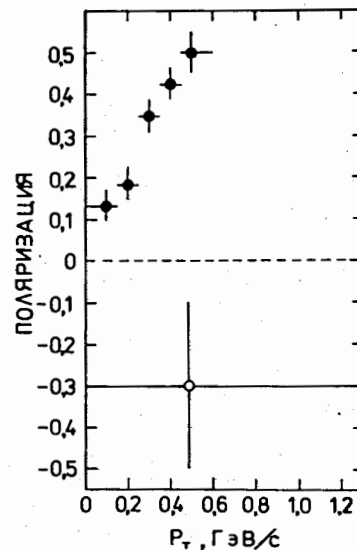


Рис. 15. Сравнение поляризации Ξ^- , рожденных инклюзивно нейтронами (○) и отрицательными каонами (●).

углеродных взаимодействий, зарегистрированных с помощью спектрометра БИС-2. При вычислении поляризации Λ_c^+ было учтено полученное указание на различие знаков параметров асимметрии вылета вторичных барионов в распадах $\Lambda_c^+ \rightarrow \bar{K}^0 p \pi^+ \pi^-$ и $\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda^0 \pi^+ \pi^+ \pi^-$. Предполагалось также, что эти параметры равны по абсолютной величине максимально допустимому значению — единице. Если последнее предположение несправедливо, то поляризация Λ_c^+ по абсолютной величине будет больше, чем приведенная на рисунке. Из полученных данных следует, что Λ_c^+ поляризованы значительно, чем Λ^0 .

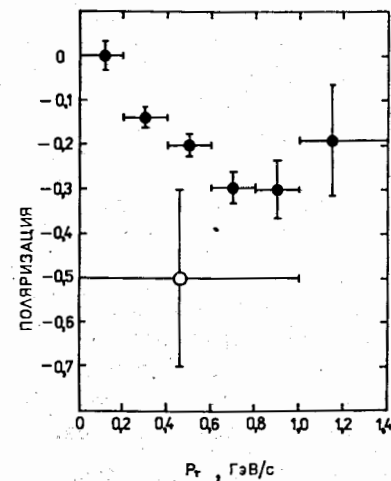


Рис. 16. Зависимость поляризации Λ^0 от P_T и минимальная по абсолютному значению поляризация Λ_c^+ .

В тринадцатой главе обсуждается ряд теоретических моделей, описывающих явление поляризации инклюзивных гиперонов, и рассмотрено их соответствие существующим экспериментальным данным. Совокупность полученных в экспериментах БИС результатов по A -зависимости поляризации Λ^0 , поляризации Ξ^- и асимметрии в распадах Λ_c^+ лучше соответствуют группе моделей, в которых явление поляризации обусловлено спин-орбитальным взаимодействием кварков в поле сил, связывающих их в адроны.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертации, в получение которых автор внес определяющий вклад.

В приложении приведены расчеты, позволившие получить результаты восьмой главы диссертации.

ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ДИССЕРТАЦИИ

1. Обнаружен узкий барионный резонанс $N(1960)$. Определена его масса (1956 ± 7) МэВ/с² и ширина (27 ± 15) МэВ/с². Проведен анализ угловых характеристик распада резонанса на $\Sigma^-(1385)$ и K^+ , из которого следует, что его спин-четность равна $5/2^+$ или $7/2^-$, или более высокому натуральному значению. Измерены характеристики рождения $N(1960)$ нейтронами с импульсом 30–60 ГэВ/с, которые соответствуют процессу дифракционной диссоциации нейтронов.

2. Получены верхние границы отношений вероятности возможных каналов распада резонанса к вероятности наблюдаемого: $N(1960) \rightarrow \Sigma^-(1385) K^+$.

3. На основании анализа существующих экспериментальных данных показано, что обнаруженный резонанс является барионом со скрытой странностью.

4. Проведена классификация резонанса путем его сопоставления с другими барионами в рамках моделей экзотических барионов, из которой следует его соответствие пятикварковому состоянию (uds) $(d\bar{s})$ модели мезобарионов.

5. В результате обнаружения барионного резонанса $N(1960)$ со скрытой странностью и его исследования получено указание на существование октетных цветовых сил между кварками, отличающихся от цветовых сил связывания кварков в известных адронах.

6. Указано направление и определены оптимальные условия поиска в адронных реакциях многокварковых состояний, содержащих странные или очарованные кварки.

7. Впервые получены экспериментальные данные о поляризации Λ^0 , рожденных инклюзивно во взаимодействиях нейтронов с тремя ядерными мишенями из углерода, алюминия и меди. На основании этих данных показано, что Λ^0 , рожденные в области фрагментации нейтронов, поляризованы так же, как и Λ^0 , рожденные в области фрагментации протонов.

8. Экспериментально показано убывание поляризации Λ^0 с ростом атомного веса ядер мишени, на которой они рождены. Впервые систематизированы экспериментальные данные по этой зависимости и получены ее количественные оценки.

9. Впервые измерена поляризация Ξ^- , рожденных в области фрагментации нуклонов при энергиях, существенно меньших энергии пучков в Лаборатории им. Ферми.

10. Впервые экспериментально измерена асимметрия в распадах очарованных барионов. Получено указание на рост поляризации барионов с увеличением массы кварка, определяющего их поляризацию.

11. Показано, что совокупность полученных экспериментальных данных по поляризации странных и очарованных барионов соответствует возможным проявлениям спин-орбитального взаимодействия странных или очарованных кварков в поле сил, связывающих их в адроны.

12. Намечен экспериментальный подход к исследованию барионов и многокварковых адронов, содержащих странные или очарованные кварки, позволяющий получить новую информацию о силах, связывающих эти кварки в адронах.

В ДИССЕРТАЦИИ РЕШЕНЫ ТАКЖЕ ЗАДАЧИ, ИМЕЮЩИЕ МЕТОДИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

1. Показана возможность в рамках единого экспериментального подхода проводить поиск и исследование многокварковых адронов и измерение поляризации инклюзивно рожденных странных и очарованных барионов.

2. Предложена система организации обработки экспериментальной информации, которая применяется сотрудничеством БИС-2 и может быть принята при анализе в рамках широкого сотрудничества исследовательских центров больших объемов информации, накопленной на магнитных носителях.

3. Разработан ряд алгоритмов и на их основе создан комплекс математических программ, применяемый для анализа информации, зарегистрированной в экспериментах БИС, и пригодных для использования в других экспериментах.

4. Предложена методика восстановления инклюзивных спектров вторичных адронов, образованных монохроматическим пучком нейтронов.

5. Предложена методика измерения поляризации гиперонов, рожденных на ядрах с различающимися атомными весами, которая позволяет исключить многие из возможных систематических ошибок измерений.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

- I. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Указание на существование узкого барионного резонанса с массой $1,95 \text{ ГэВ}/c^2$. ЯФ, 1981, т.34, с.386-391; Препринт ОИЯИ, Е1-80-726, Дубна, 1980.
2. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Наблюдение узкого барионного резонанса, распадающегося на $\Sigma^-(1385)$ и K^+ . ЯФ, 1982, т.36, с.1420-1425; Препринт ОИЯИ, Д1-82-116, Дубна, 1982.
3. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Наблюдение узкого барионного резонанса, рожденного в нейтрон-углеродных взаимодействиях. Препринт ОИЯИ, Д1-82-921, Дубна, 1982.
4. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Дифракционное рождение узкого барионного резонанса в нейтрон-углеродных взаимодействиях. Препринт ОИЯИ, Д1-83-602, Дубна, 1983.
5. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Исследование очарованных барионов Λ_c^+ , рожденных инклюзивно в нейтрон-углеродных взаимодействиях. Материалы семинара "Кварки-82", ИЯИ, Москва 1983, с.362-375.
6. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Наблюдение узкого резонанса, распадающегося на $\Sigma^-(1385)$ K^+ . Материалы семинара "Кварки-82", ИЯИ, Москва, 1983, с.376-385.
7. Высоцкий М.И., Кекелидзе В.Д. и др. Поиск экзотических адронов на УНК-1. Материалы второго рабочего совещания. Физические исследования на ускорительно-накопительном комплексе ИФВЭ. Серпухов 1983, с.94-113.
8. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Наблюдение и исследование узкого состояния в системе $\Sigma^-(1385)$ K^+ . Сообщение ОИЯИ, I-83-912, Дубна, 1983; Препринт ОИЯИ, Е1-84-125, Дубна, 1984; Z.Phys., C, 1984, v. C25, p.205-212.
9. Aleev A.N.,..., Kekelidze V.D. et al. Observation of a Narrow Baryon Resonance - a Possible Five-Quark State. Proc. of the Ninth European Conf. on Few Body Problems in Physics, Tbilisi, Georgia, USSR, 25-31 August 1984, World Scientific, p.130-138.
10. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Поиск асимметрии в распадах очарованных барионов Λ_c^+ . Краткие сообщения ОИЯИ, № I-84, Дубна, 1984, с.13-17.
11. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Поляризация очарованных барионов Λ_c^+ , рожденных в нейтрон-углеродных взаимодействиях. ЯФ, 1986, т. 43, с.619-623; Препринт ОИЯИ, Д1-84-859, Дубна, 1984.

12. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Узкий резонанс в системе $\Sigma^-(1385)$ K^+ , рожденный дифракционно в нейтрон-углеродных взаимодействиях. Материалы семинара "Кварки-84", ИЯИ, Москва, 1985, с.255-263.
13. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Инклюзивное рождение очарованных барионов Λ_c^+ в нейтрон-углеродных взаимодействиях. Материалы семинара "Кварки-84", ИЯИ, Москва, 1985, с.264-273.
14. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Наблюдение узкого состояния в системе $\Sigma^-(1385)$ K^+ . Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. ОИЯИ, Д1,2-84-599, Дубна, 1984, с.366-377.
15. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. А-зависимость сечения рождения узкого барионного резонанса N_φ . Препринт ОИЯИ, P1-85-948, Дубна, 1985.
16. Амаглобели Н.С.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Существование барионного состояния со скрытой странностью. Препринт ОИЯИ, Д1-86-319, Дубна, 1986.
17. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. А-зависимость поляризации Λ^0 , рожденных инклюзивно в нейтрон-ядерных взаимодействиях. Препринт ОИЯИ, Д1-86-550, Дубна, 1986.
18. Алеев А.Н.,..., Кекелидзе В.Д. и др. Поляризация Ξ^- , рожденных инклюзивно нейтронами. Краткие сообщения ОИЯИ, № I9-86, с.6-15.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 октября 1986 года.