

ЗАХАРОВ
Бронислав Глебович

**ЭФФЕКТЫ АБСОРБЦИИ В АДРОН-АДРОННЫХ И
АДРОН-ЯДЕРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЯХ**

Специальность: 01.04.16 — физика ядра
и элементарных частиц

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1992

Работа выполнена в Научно-исследовательском институте ядерной физики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук Б. З. Копелиович.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук Л. Л. Енковский,
кандидат физико-математических наук А. В. Тарасов.

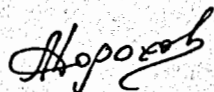
Ведущая организация - Институт теоретической физики им. Л. Д. Ландау.

Защита состоится "1" апреля 1992 г. в 11 час. на заседании специализированного совета К-047.01.01 по присуждению ученых степеней при Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "28" февраля 1992 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат физико-математических наук


А. В. Дорохов

Актуальность работы. Важной особенностью адрон-адронных и адрон-ядерных взаимодействий при высоких энергиях является наличие абсорбционных эффектов, индуцированных померонными обменами. Роль абсорбции, например, очень велика в инклюзивных процессах в трехреджеонной области. Изучение абсорбционных эффектов в этих реакциях представляет большой интерес с точки зрения определения трехпомеронной вершины /1,2/. Неопределенность трехреджеонных вершин, имеющая обычно место, однако, затрудняет выделение вклада абсорбционных поправок к трехреджеонным формулам. Поэтому с точки зрения проверки трехреджеонной модели с абсорбцией (ТРМА) большой интерес представляет анализ процессов, в которых доминирует однопомеронный обмен, так как для этих реакций вклад диаграммы ППР может быть фиксирован с точностью до формфактора, учитывающего сход π -мезона с массовой поверхностью. Изучение таких реакций в ТРМА интересно также с точки зрения определения сечений ПП- (или КП) взаимодействий.

В случае адрон-ядерных соударений абсорбция может менять сечение во много раз. Полные адрон-ядерные сечения удается описать, учитывая абсорбционные эффекты, связанные с упругими перерассеяниями (приближение Глаубера-Ситенко (ПГС) /3,4/) с небольшой примесью вклада неупругих перерассеяний /5,6/. В последние годы, однако, было обнаружено, что для ряда процессов в КХД можно ожидать больших отклонений от ПГС /7,8/, т.е. большого вклада в абсорбцию неупругих перерассеяний. К этим процессам относятся реакции, в которых динамически выделены компактные кварковые конфигурации /7-9/, слабо взаимодействующие с нуклонами ядра, ввиду их малого размера /10,11/. Изучение таких реакций представляет значительный интерес как с точки зрения проверки фундаментального предсказания КХД об уменьшении сечений взаимодействия адронов с уменьшением их размеров, так и с точки зрения выяснения механизмов рассеяния адронов (например, для получения информации о природе образования минимума в сечении процесса $\pi^- p \rightarrow \pi^0 n$ при $|\tau| \sim 0,6$ (ГэВ/с)², о

механизмах $\pi\pi$ -рассеяния на большие углы и т.д.).

Изучение абсорбционных эффектов в адрон-ядерных соударениях представляет интерес также с точки зрения исследования проявлений кварковых эффектов в структуре ядра. Кварковая структура нуклонов и двухглюонная природа померона в КХД должны приводить к поправкам нового типа к ПГС, связанным с тем, что для конфигураций ядра с перекрывающимися кварковыми волновыми функциями нуклонов предположения ПГС не выполняются. Поэтому изучение кварковых поправок к ПГС открывает возможность для получения информации о кварковых волновых функциях многокварковых конфигураций в ядрах, например, о 6_q -компоненте в волновой функции в дейтроне.

Цель работы состоит в анализе ряда процессов адрон-адронных и адрон-ядерных взаимодействий, в которых важную роль играют абсорбционные эффекты. При этом одной из главных задач диссертации является исследование таких адрон-ядерных реакций, для которых на величину абсорбционных эффектов существенно влияют предсказываемое КХД свойство зависимости сечения взаимодействия адронов от их размеров и кварковая структура нуклонов ядра. Изучение этих процессов важно с точки зрения исследования динамики адрон-адронного рассеяния и роли кварковых степеней свободы в структуре ядра. Целью работы является также анализ инклюзивных процессов в трехреджеонной области, в которых доминирует механизм однопионного обмена с учетом абсорбционных поправок.

Научная новизна. Развита формализм для расчета инклюзивных сечений и спиновых матриц плотности резонансов в ТРМА для процессов, в которых доминирует вклад диаграммы ППР. Проведен систематический анализ большой совокупности экспериментальных данных по процессам этого типа в ТРМА. Показано, что учет абсорбции необходим для правильного описания сечений этих реакций. Впервые на основе результатов анализа инклюзивных процессов и двухчастичных реакций, в которых доминирует механизм пионного обмена, выполнена проверка соотношений факторизации для формфакторов вершин взаимодействия π -мезона с частицами и коэффициентов ливневого усиления, вводимых для учета неупругих перерассеяний.

Впервые построен формализм для вычисления структурных функций процессов с доминирующим вкладом π -обмена в трехреджеонной области в случае адрон-ядерных соударений. Продемонстрировано хорошее описание экспериментальных данных по реакции $\pi^-A \rightarrow \rho^0X$.

Впервые в рамках ТРМА проведено извлечение сечений $\pi^+\pi^-$ -взаимодействий до $s_{\text{ППР}} \sim 200 \text{ ГэВ}^2$ из данных по процессам $\pi^+p \rightarrow X\Delta^{++}$, $\pi^+n \rightarrow Xp$.

Впервые в рамках метода собственных состояний КХД проведен анализ процессов квазиупругого рассеяния пионов и реакций перезарядки $\pi^+ \rightarrow \rho^0(\eta)$ на ядрах в области больших энергий и малых углов рассеяния. Показано, что в случае реакций перезарядки неупругие поправки становятся стопроцентно важными. На основе сравнения результатов расчетов с экспериментальными данными по реакциям перезарядки впервые получено подтверждение в адронных реакциях предсказываемого КХД явления цветовой прозрачности ядра для компактных адронных систем. Продемонстрирована возможность изучения природы минимума в сечении процесса $\pi^-p \rightarrow \rho^0n$ при $|\tau| \sim 0,6 (\text{ГэВ}/c)^2$ путем анализа реакции $\pi^-A \rightarrow \rho^0X$.

Впервые показано, что для процессов рассеяния адронов на ядерных нуклонах с большой передачей импульса, выделяющих компактные кварковые конфигурации, возможно нарушение факторизации жесткой адронной амплитуды рассеяния и абсорбционных факторов, связанных со взаимодействием начальных и конечных адронов с ядерной средой.

Впервые проведен анализ процесса $pp \rightarrow ppA$ для больших углов pp -рассеяния в квантовомеханическом подходе с учетом взаимодействия кварков в нуклоне в предасимптотической энергетической области. Показано, что для двухкомпонентной модели амплитуды pp -рассеяния на 90° не возникает осцилляций параметра цветовой прозрачности.

Впервые исследован новый вид поправок к ПГС, связанных с кварковой структурой нуклонов ядра. Показано, что кварковые поправки к сечению $\pi\alpha$ -рассеяния могут быть велики только в случае присутствия в дейтроне шестикварковой компоненты. На основе анализа этих поправок получены ограничения на размер

шестикваркового состояния в дейтроне. Получены условия применимости ПГС для описания дифференциального сечения $n\alpha$ -рассеяния при $|\tau| \neq 0$.

Практическая ценность. Проведенный в работах автора анализ инклюзивных процессов при $X \rightarrow I$ с доминирующим вкладом P -обмена в рамках ТРМА представляет интерес как с точки зрения выяснения возможности описания экспериментальных данных по конкретным реакциям в трехреджеонной модели, так и с точки зрения решения практически важной задачи определения сечений $P^{\pm}P^{-}$ -взаимодействий.

Выполненный автором анализ процессов перезарядки $P^{\pm}A \rightarrow P^{\circ}(\eta)X$ подтвердил предсказываемую борновским приближением КХД зависимость сечения взаимодействия адронной системы с нуклоном от ее размера. Этот факт представляет не только самостоятельный теоретический интерес, но важен также с точки зрения практических расчетов неупругих поправок к ПГС в различных адрон-ядерных реакциях. Исследования автора реакций перезарядки на ядрах инициировали проведение двух экспериментов на серпуховском ускорителе коллаборациями ПРОЗА и ГИПЕРОН.

Разработанный в диссертации квантовомеханический подход с учетом межкваркового взаимодействия для расчета параметра цветовой прозрачности в процессе $pA \rightarrow p\bar{p}A$ может быть использован при анализе других адрон-ядерных реакций, в частности, для реакций с участием тяжелых кваркониев.

Проведенный анализ поправок к ПГС для $n\alpha$ -рассеяния важен с точки зрения получения информации о кварковой волновой функции nn -системы в области кора и с точки зрения вопроса о предельной точности, с которой может быть вычислена амплитуда $n\alpha$ -рассеяния в подходе, не учитывающем кварковой структуры нуклонов. Ответ на последний вопрос интересен в связи с задачей экспериментального определения сечений взаимодействия адронов с нейтроном.

На защиту выносятся следующие основные положения:

I. Разработка формализма трехреджеонной модели с абсорбцией для процессов, в которых доминирует механизм однопионного обмена.

2. Обработка большой совокупности экспериментальных данных по инклюзивным реакциям в трехреджеонной области, в которых доминирует диаграмма ППР в рамках ТРМА. Демонстрация важности учета абсорбции для правильного описания сечений и спиновых матриц плотности резонансов в этих процессах.

3. Проверка соотношений факторизации для формфакторов вершин взаимодействия P -мезона с частицами и коэффициентов ливневого усиления, учитывающих вклад неупругих перерассеяний в абсорбционные поправки, для инклюзивных и двухчастичных реакций, в которых доминирует P -обмен.

4. Обобщение ТРМА на случай ядерных мишеней для процессов с доминирующим вкладом P -обмена. Описание данных по реакции $P^{-} \rightarrow \rho^{\circ}$.

5. Извлечение сечений $P^{\pm}P^{-}$ -взаимодействий в рамках ТРМА из экспериментальных данных по реакциям $P^{\pm}p \rightarrow X\Delta^{++}$, $P^{\pm}n \rightarrow Xp$.

6. Исследование в рамках метода собственных состояний КХД роли неупругих перерассеяний в квазиупругом рассеянии пионов на ядрах при высоких энергиях и малых углах рассеяния.

7. Анализ в рамках метода собственных состояний КХД процессов перезарядки $P^{\pm}A \rightarrow P^{\circ}(\eta)X$ в области больших энергий и $|\tau| \leq 1$ $(\text{ГэВ}/c)^2$. Подтверждение предсказываемого КХД уменьшения сечения взаимодействия адронной системы с нуклоном при уменьшении размера этой системы.

8. Подтверждение на основе анализа данных по процессу $P^{\pm}A \rightarrow P^{\circ}X$ механизма образования минимума в сечении реакции $P^{\pm}p \rightarrow P^{\circ}n$ при $|\tau| \sim 0,6$ $(\text{ГэВ}/c)^2$ за счет интерференции ρ -полюса с ρP -ветвлением.

9. Доказательство возможности нарушения факторизации жесткой адронной амплитуды и абсорбционных факторов, связанных с поглощением в ядерной среде для процессов рассеяния частиц на связанных нуклонах с большой передачей импульса.

10. Увеличение поляризации протонов отдачи (или параметра асимметрии при рассеянии поляризованных протонов) в квазиупругом рассеянии частиц на связанных нуклонах.

11. Квантовомеханический анализ с учетом межкваркового взаимодействия процесса $pA \rightarrow p\bar{p}A$ для больших углов рассеяния

в преасимптотической энергетической области.

12. Анализ поправок нового типа к ПГС, связанных с кварковой структурой нуклонов и двухглюонной природой померона. Доказательство малости этих поправок для амплитуды nd -рассеяния в случае отсутствия в дейтроне примеси $6q$ -компоненты.

13. Получение ограничений на размер шестикваркового мешка в дейтроне путем сравнения расчетных значений кварковых поправок к $\sigma_{tot}(pd)$ с отклонениями экспериментальных данных от предсказаний ПГС.

14. Показано, что, несмотря на большую величину кварковых поправок к амплитуде nd -рассеяния при $|t| \neq 0$ в случае наличия $6q$ -компоненты в дейтроне, ПГС должно давать правильные результаты для амплитуды nd -рассеяния, если при этом используется нуклонная волновая функция дейтрона, описывающая данные по ed -рассеянию.

Апробация работы и публикации. Диссертация написана по материалам 14 опубликованных работ, список которых приводится в конце автореферата диссертации. Основные результаты докладывались на сессиях Отделения ядерной физики АН СССР, на Всесоюзной зимней школе по физике высоких энергий (Бакуриани, 1991 г.), на рабочих совещаниях "Адроны-88, 89, 90", на Международной конференции по адрон-ядерным взаимодействиям (Балатон, 1983 г.), на Международной конференции по частицам и ядрам (PANIC XII, Cambridge, 1990), на научных семинарах ОИЯИ, ИФВЭ, НИИЯФ МГУ.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения, в котором перечислены основные результаты. Общий объем диссертации составляет страниц машинописного текста, включая 37 рисунков и список литературы из 112 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении формулируются проблемы, рассматриваемые в диссертации. Дается краткий обзор полученных результатов.

Первая глава посвящена анализу с учетом абсорбционных

поправок инклюзивных реакций в трехрежеонной области, в которых доминирует вклад диаграммы ППР. В § 1 этой главы дан вывод формул ТРМА для структурных функций процессов $P^+N \rightarrow \rho^0 X$, $K^+(K^-)N \rightarrow K^{*0}(\bar{K}^{*0})X$, $pN \rightarrow \Delta^{++}X$, $p(n)N \rightarrow n(p)X$. Вычисление спиновых структурных функций для реакций рождения резонансов выполнено в системе координат Готфрида-Джексона, в отличие от обычно используемого для вычисления абсорбционных поправок s -канального спирального формализма /12, 13/. Удобство использования системы Готфрида-Джексона обусловлено тем, что именно в этой системе координат особенно наглядно проявляется влияние абсорбции на спиновые матрицы плотности резонансов в реакциях с доминирующим вкладом диаграммы ППР. Для вычисления интегралов по импульсам, протекающим по реджеонам, возникающим при расчете абсорбционных поправок, использован дискретный аналог α -представления Боголюбова P -мезонного пропагатора. Вклад неупругих перерассеяний учитывался введением коэффициентов ливневого усиления, которые наряду с параметрами, учитывающими сход P -мезона с массовой поверхностью, считались свободными параметрами модели.

В § 2 главы 1 проводится сравнение результатов расчетов в ТРМА с экспериментальными данными по сечениям и спиновым матрицам плотности резонансов рассматриваемых процессов. Результаты этого сравнения показывают, что абсорбция важна для правильного описания абсолютных величин сечений этих процессов и поведения матриц плотности резонансов при x , близких к 1. Используя значения параметров, описывающих формфакторы P -мезонных вершин и коэффициенты ливневого усиления, полученные из анализа данных по инклюзивным реакциям и двухчастичным реакциям, в которых также доминирует P -обмен, в § 2 проведена проверка соотношений факторизации для этих величин. Показано, что соотношения факторизации хорошо выполняются. Подобная проверка согласия параметров реджевских моделей, полученных из анализа двухчастичных и инклюзивных реакций, в литературе ранее не проводилась.

В § 3 первой главы проводится анализ процесса $P^+ \rightarrow \rho^0$ на ядерной мишени. Переход от нуклонной к ядерной мишени

увеличивает роль абсорбции. Это обстоятельство делает такие процессы особенно интересными для проверки ТРМА. Результаты расчетов спектров ρ^0 -мезонов в ТРМА хорошо согласуются с данными для ядра ${}^9\text{Be}$ при $R_{\text{лаб}} = 43 \text{ ГэВ/с}$ /14/. В § 3 проведено также сравнение результатов расчетов в ТРМА с результатами упрощенного феноменологического подхода Кофед-Хансена /15/. Показано, что из-за большого радиуса взаимодействия для Π -обмена подход Кофед-Хансена приводит к большим ошибкам в инклюзивных сечениях реакций с доминирующим вкладом пионного обмена.

В § 4 первой главы, используя параметры ТРМА, полученные при анализе реакций $p n \rightarrow \Delta^{++} x$, $p(n)n \rightarrow n(p)x$, проводится извлечение сечений $\Pi^+\Pi^-$ -взаимодействий на основе данных по сечениям процессов $\Pi^+p \rightarrow x\Delta^{++}$, $\Pi^+n \rightarrow xp$. Сечение $\Pi^+\Pi^-$ -взаимодействия определено до $s_{\text{III}} \leq 100 \text{ ГэВ}^2$, а $\Pi^-\Pi^-$ -взаимодействия до $s_{\text{III}} \sim 200 \text{ ГэВ}^2$. Извлечение сечений $\Pi\Pi$ -взаимодействий в формализме с абсорбционными поправками до этого в литературе не проводилось. Полученные в рамках ТРМА значения $\sigma_{\text{tot}}^{\text{III}}$ оказались на 10–15% ниже значений, получаемых в формализме, не учитывающем абсорбции.

§ 5 главы 1 посвящен обсуждению результатов анализа процессов с доминирующим вкладом Π -обмена.

В главе II проводится анализ процессов квазиупругого рассеяния и реакций перезарядки на ядрах. В § 1 этой главы проводится анализ процесса квазиупругого рассеяния пионов на ядрах при небольших $|t|$ ($\leq 1 \text{ (ГэВ/с)}^2$) и больших s . При этом под областью больших s понимается область энергий, для которых можно пренебречь изменением межкварковых расстояний в налетающем адроне в процессе его прохождения через ядро (для Π -мезона – это энергии выше нескольких десятков ГэВ). В § 2 второй главы в этой же кинематической области исследуются абсорбционные эффекты для процессов с изменением квантовых чисел $\Pi^+A \rightarrow \eta(\rho^0)x$, $\bar{p}A \rightarrow \Lambda x$.

Результаты расчетов § 1, выполненных с использованием ДМП, параметра цветовой прозрачности (τ_r), определяемого как отношение

$$\tau_r = \frac{\sigma_{hA}}{A \sigma_{hN}} \quad (I)$$

($\sigma_{hA, hN}$ – сечения процессов на ядерной и нуклонной мишенях), дают для этой величины значения, близкие к предсказаниям ПГС со слабой t -зависимостью. Таким образом, вклад неупругих перерасеяний для квазиупругого рассеяния пионов оказывается небольшим. Этот факт связан с двухглюонной природой затравочного померона в КХД. При взаимодействии каждого глюона с отдельным кварком в Π -мезоне отсутствуют кварки-спекраторы. В результате даже для значительных переданных импульсов ($q \geq 1/r_{\Pi}$) при померонном обмене характерный размер $q\bar{q}$ -пары оказывается порядка размера Π -мезона. Близость сечения взаимодействия таких $q\bar{q}$ -конфигураций с нуклоном к $\sigma_{\Pi N}$ приводит к тому, что абсорбция оказывается близка к рассчитанной в ПГС. Ситуация, однако, меняется при переходе к реакциям перезарядки, идущим через обмен вторичными реджеонами, для которых один кварк может быть спектатором. Для механизмов рассеяния с кварком-спектатором амплитуда процесса должна, в основном, определяться $q\bar{q}$ -конфигурациями с поперечным межкварковым расстоянием $r_{\perp} \sim 1/q$ (при $q \geq 1/r_{\Pi}$). Поэтому для реакций перезарядки можно ожидать существенного увеличения τ_r с ростом $|t|$ по сравнению с предсказанием ПГС (для реакций $\Pi^+(\Pi^-) \rightarrow \rho^0, \eta$ в определении τ_r фактор A следует заменить на $A-z(z)$, где z – заряд ядра). В § 2 процесс перезарядки пионов в η -мезон рассматривается как идущий через обмен A_2 -реджеоном. Результаты расчетов для реакции $\Pi^- \rightarrow \eta$ действительно показывают значительный рост τ_r с увеличением $|t|$ и хорошо согласуются с экспериментальными данными при $E_{\text{лаб}} = 40 \text{ ГэВ}$ /16, 17/, полученными на ядре ${}^{12}\text{C}$.

Анализ процесса $\Pi^- \rightarrow \rho^0$ в § 2 проведен для двух вариантов механизма образования минимума в сечении процесса $\Pi^-p \rightarrow \rho^0 n$ при $|t| \approx 0,6 \text{ (ГэВ/с)}^2$. Рассмотрен механизм с занулением вычета ρ -реджеона при $|t| \approx 0,6 \text{ (ГэВ/с)}^2$ и механизм с интерференцией ρ -полуса в ρP -ветвления. В последнем случае в амплитуду перезарядки дают вклад и диаграммы без кварков-спекраторов. Для вклада этих диаграмм

можно ожидать большой абсорбции в ядерной среде и в области больших переданных импульсов. Это должно приводить к смещению положения минимума при переходе от нуклонной к ядерной мишени. Сравнение с данными по процессу $\pi^- \rightarrow \pi^0$ для ядра ^{12}C , полученными при $E_{\text{лаб}} = 40 \text{ ГэВ}$ /16, 17/, показывает, что лучшее согласие с экспериментом имеется для варианта с интерференцией ρ -обмена и $\rho\rho$ -ветвлений. Вычисленное в этом варианте T_r хорошо согласуется с данными работ /16, 17/. В то же время предсказания ПГС находятся в резком противоречии с данными /16, 17/.

В § 2 приведены также результаты расчетов T_r для ряда ядер в процессе $\bar{p}A \rightarrow \Lambda X$, выполненных в рамках кварк-дикварковой модели протона и Λ -гиперона. Как и в случае реакций $\pi^+A \rightarrow \pi^0(\eta)X$, величина T_r в этой реакции превышает предсказание ПГС и растет с увеличением переданного импульса.

В заключение § 2 главы II приведены аргументы в пользу того, что в жестких процессах, выделяющих компактные кварковые конфигурации (с размером $\sim 1/q$) T_r в асимптотике $q \rightarrow \infty$ может не стремиться к 1, как принято считать /7, 9/. Этот вывод делается на основе анализа T_r в процессе $\pi^- \rightarrow \eta$, в котором T_r превышает 1 при больших $|t|$. Это связано с знакопеременным характером амплитуды процесса $\pi^-_p \rightarrow \eta_n$ в зависимости от межкваркового расстояния в $\bar{q}q$ -паре. Такое поведение амплитуды перезарядки, несмотря на выделение компактных $\bar{q}q$ -конфигураций в пределе больших $|t|$, приводит к отсутствию факторизации жесткого механизма рассеяния и абсорбционных эффектов ядерной среды. Высказано предположение, что обнаруженное в эксперименте vnl /18/ убывание T_r в квазиупругом рассеянии протонов на угол 90° при $E_{\text{лаб}} \geq 10 \text{ ГэВ}$ может быть связано именно с знакопеременным характером амплитуды pp -рассеяния по межкварковым расстояниям. Такое поведение амплитуды pp -рассеяния на 90° , возможно, возникает в результате сложных интерференционных эффектов при суммировании огромного числа фейнмановских диаграмм, определяющих амплитуду pp -рассеяния на большие углы /19/.

В § 3 главы II обсуждаются поляризационные эффекты в

процессах квазиупругого рассеяния. Из-за меньшего поглощения реджеонной амплитуды по сравнению с померонной при $q \geq 1/r_h$ предсказывается увеличение поляризации протонов отдачи в квазиупругом рассеянии пионов на ядра. Для рассеяния поляризованных протонов на ядрах по аналогичной причине должен увеличиваться параметр асимметрии.

В § 4 второй главы рассматривается квазиупругое рассеяние протонов на ядрах (процесс $pA \rightarrow ppA'$) при $|t| \sim s$ в преасимптотической области энергий, в которой существенна эволюция волновых функций протонов в процессе прохождения через ядро. Интерес к этой задаче связан с обнаруженным в эксперименте /18/ явлением изменения энергетической зависимости T_r в процессе $pA \rightarrow ppA'$ при $\theta_{\text{с.м.}} = 90^\circ$ с возрастающей на убывающую при $E_{\text{лаб}} \sim 10 \text{ ГэВ}$. Основной целью § 2 является вычисление T_r для этого процесса в квантовомеханическом подходе, учитывающем взаимодействие кварков в протоне. Квантовые эффекты и межкварковое взаимодействие в процессе прохождения $3q$ -систем через ядро не учитывались в работах /20, 21/, посвященных анализу данных /18/. При этом, как и в /20, 21/, мы в § 2 предполагаем, что для жесткого механизма pp -рассеяния выполняется гипотеза факторизации амплитуды pp -рассеяния и абсорбционных факторов, связанных с поглощением в ядерной среде.

Взаимодействие кварков учитывается в нерелятивистской осцилляторной модели. Задача учета изменения волновых функций $3q$ -систем в ядерной среде сводится к вычислению операторов эволюции для осцилляторов с комплексной переменной частотой. В § 4, после представления ядерной плотности в виде ступенчатой функции, расчет этих операторов выполняется путем вычисления дискретного гауссовского функционального интеграла. Для амплитуды pp -рассеяния в § 4 рассмотрено две модели. В первом варианте предполагается жесткий механизм pp -рассеяния, выделяющий в момент взаимодействия $3q$ -конфигурации с размером $r \sim 1/\sqrt{s}$ /19, 20/. Во втором варианте считается, что амплитуда pp -рассеяния есть сумма жесткой амплитуды и амплитуды ландшафовского типа /22/, выделяющей компактных $3q$ -конфигураций. Изучение этого

варианта представляется интересным в связи с работой Ралстона и Пира /21/. В /21/ на основе качественных оценок был сделан вывод, что данные вкл /18/ можно описать в двухкомпонентной модели амплитуды pp-рассеяния. Для отношения вкладов в амплитуду двух механизмов в /21/ использовались результаты подгонки по данным для сечения pp-рассеяния на 90° .

Результаты расчетов § 4 второй главы показывают, что в обоих вариантах для амплитуды pp-рассеяния можно описать данные /18/ до $E \sim 10$ ГэВ. При $E \geq 10$ ГэВ согласия с данными нет как для варианта с жестким механизмом, так и для варианта с двухкомпонентной амплитудой. В первом случае T_r продолжает расти при $E \geq 10$ ГэВ. Во втором варианте, при использовании параметризации амплитуд Ралстона и Пира /21/, при $E \geq 10$ ГэВ существует область энергий, где T_r понижается. Однако это уменьшение T_r существенно слабее наблюдавшегося в /18/ и полученного в работе Ралстона и Пира /21/ в результате качественных расчетов. Обсуждение результатов, полученных в главе II, проводится в § 5.

Глава III посвящена анализу поправок к ПГС, связанных с кварковой структурой нуклонов, названных выше кварковыми поправками. Рассматривается случай ядра дейтрона. В вводной части главы III дается общая постановка задачи о кварковых поправках к ПГС и обсуждается схема вычисления этих поправок для сечения nd -взаимодействия в аддитивной кварковой модели, т.е. в предположении, что затравочный померон взаимодействует с одним кварком. В этой модели кварковые поправки к $\sigma_{tot}(nd)$ оказываются малы. Существенно меньше, чем вклад неупругих перерассеяний при энергиях в сотни ГэВ.

Основная часть главы III посвящена вычислению кварковых поправок к амплитуде nd -рассеяния в рамках двухглюонной модели померона. В § I описывается параметризация шестикварковой волновой функции дейтрона. Волновая функция дейтрона записывается в виде суммы антисимметризованной по методу резонирующих групп /23, 24/ двухнуклонной волновой функции и волновой функции шестикваркового мешка в s^6 состоянии. Пространственные волновые функции нуклонов и s^6 -состояния взяты в осцилляторной форме. В § 2 в рамках

двухглюонной модели померона проводится вывод формул, необходимых для расчета поправок к амплитуде nd -рассеяния. В § 3 приводятся результаты численных расчетов, выполненных по формулам § 2. Результаты расчетов § 3 показывают, что для случая волновой функции дейтрона без примеси s^6 -состояния кварковые поправки к амплитуде nd -рассеяния пренебрежимо малы. При наличии примеси шестикваркового состояния поправки к результату ПГС для амплитуды nd -рассеяния могут достигать большой величины. В § 3 получены ограничения на радиус 6_q -примеси в дейтроне, следующие из условия, что кварковая поправка к $\sigma_{tot}(pd)$ не превышает величину $\sim 0,4$ мбн (с этой точностью экспериментальные данные по $\sigma_{tot}(pd)$ можно описать в ПГС). В § 3 показано также, что, несмотря на существенное влияние примеси 6_q -состояния на амплитуду nd -рассеяния при $t \neq 0$, ПГС должно давать правильные значения дифференциального сечения nd -рассеяния, если двухнуклонная волновая функция дейтрона позволяет описать электромагнитный формфактор дейтрона.

В заключении изложены выводы и основные результаты диссертации:

1. В рамках трехреджеонной модели с абсорбционными поправками разработан формализм для вычисления сечений и спиновых матриц плотности резонансов в системе Готфрида-Джексона в области X , близких к I , для процессов, в которых доминирует механизм пионного обмена.

2. На основании обработки большой совокупности экспериментальных данных по инклюзивным адрон-адронным процессам, в сечение которых дает вклад диаграмма ППР, сделан вывод о важности учета абсорбции для правильного описания сечений подобных реакций и матриц плотности резонансов при $X \sim I$ для этих процессов. Показано, что абсорбция уменьшает сечение реакций этого типа на фактор ~ 2 .

3. Впервые продемонстрировано согласие формфакторов вершин взаимодействия Π -мезона с частицами и коэффициентов ливневого усиления, учитывающих неупругие перерассеяния, получаемых из анализа инклюзивных реакций и из анализа двухчастичных процессов.

4. Развита трехреджеонный формализм для процессов с доминирующим вкладом Π -обмена в случае ядерных мишеней. Показано, что предсказания модели хорошо согласуются с данными по процессу $\Pi^{-9}\text{Be} \rightarrow \rho^0\text{X}$. Продемонстрировано, что для расчета сечений реакций этого типа не применим стандартный формализм глауберовской модели, в котором не учитывается периферический характер однопионного обмена.

5. Впервые проведено извлечение сечений $\Pi^{\pm}\Pi^{-}$ -взаимодействий из экспериментальных данных по сечениям процессов $\Pi^{\pm}p \rightarrow \chi\Delta^{++}$, $\Pi^{\pm}n \rightarrow \chi\rho$ в рамках трехреджеонного формализма с учетом абсорбционных поправок. Показано, что учет абсорбции приводит к уменьшению значений $\sigma_{\text{tot}}(\Pi^{\pm}\Pi^{-})$ на 10-15%.

6. Впервые в рамках метода собственных состояний КХД исследована роль неупругих перерасеяний в процессе квазиупругого рассеяния пионов на ядрах при высоких энергиях в области малых углов рассеяния. Показано, что из-за двухглюонной природы померона в КХД вклад неупругих перерасеяний в этом процессе оказывается мал и слабо зависит от переданного импульса.

7. Впервые в рамках метода собственных состояний КХД проведен учет неупругих поправок к ПГС в процессах перезарядки $\Pi^{\pm}A \rightarrow \Pi^0(\eta)\text{X}$, $\bar{p}A \rightarrow \Lambda\text{X}$ в области высоких энергий и $|t| \leq 1$ (ГэВ/с)². Показано, что свойство цветовой прозрачности ядра для компактных кварковых систем делает неупругие поправки стопроцентно существенными в этих реакциях. Анализ экспериментальных данных подтверждает предсказываемое КХД убывание сечения взаимодействия адронных систем с уменьшением их размеров.

8. Из анализа экспериментальных данных по процессу $\Pi^{-}A \rightarrow \Pi^0\text{X}$ получено подтверждение в пользу механизма образования минимума в дифференциальном сечении процесса $\Pi^{-}p \rightarrow \Pi^0n$ при $|t| \sim 0,6$ (ГэВ/с)² за счет интерференции ρ -полюса с вкладом $\rho\rho$ -ветвлений.

9. Впервые показано, что для процессов рассеяния на ядерных нуклонах с большой передачей импульса q за счет жестких механизмов, выделяющих компактные кварковые

конфигурации, возможно нарушение факторизации жесткой амплитуды рассеяния и абсорбционных факторов, связанных с влиянием ядерной среды. Вследствие этого параметр цветовой прозрачности может не стремиться к 1 при $q \rightarrow \infty$.

10. Показано, что явление цветовой прозрачности ядра для компактных кварковых систем приводит к увеличению поляризации протонов отдачи (или асимметрии в случае рассеяния поляризованных протонов) в процессах квазиупругого рассеяния на ядрах.

11. Впервые проведен квантовомеханический расчет с учетом межкваркового взаимодействия параметра цветовой прозрачности в процессе $pA \rightarrow pp\text{X}$ в преасимптотической области энергий и углов рассеяния $\theta_{\text{с.м.}} \sim 90^{\circ}$. Показано, что в двухкомпонентной модели амплитуды pp -рассеяния не возникает осциллирующего поведения параметра цветовой прозрачности.

12. Впервые исследованы поправки к ПГС, связанные с кварковой структурой нуклонов. Показано, что в случае $n\alpha$ -рассеяния кварковые поправки оказываются малы, если кварковая волновая функция дейтрона не содержит примесь 6_q -компоненты.

13. Из анализа кварковых поправок к $\sigma_{\text{tot}}(pd)$ в случае наличия в дейтроне примеси 6_q -компоненты получены ограничения на размер 6_q -компоненты в дейтроне.

14. Показано, что, несмотря на большую величину кварковых поправок к амплитуде $n\alpha$ -рассеяния при $|t| \neq 0$ в случае наличия 6_q -компоненты в дейтроне, ПГС должно давать правильные результаты для дифференциального сечения $n\alpha$ -рассеяния, если при этом используется нуклонная волновая функция дейтрона, описывающая данные по $e\alpha$ -рассеянию.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Захаров Б.Г., Сергеев В.Н. Абсорбционные поправки к трехреджеонным формулам и реакции инклюзивного рождения $\Delta^{++}(1236)$. ЯФ. 1978. Т.28. С.1339-1348.
2. Захаров Б.Г., Сергеев В.Н. Анализ реакций $\Pi^{\pm}(K^{-})n \rightarrow \rho^0(K^{*0})\text{X}$ в рамках трехреджеонной модели с абсорбцией. ЯФ. 1979. Т.30. С.236-244.

3. Захаров Б.Г., Сергеев В.Н. Анализ процессов $pp(n)n \rightarrow Xn(p)$ в рамках трехреджеонной модели с учетом абсорбционных поправок. ЯФ. 1983. Т.38. С.1555-1562.
4. Захаров Б.Г., Сергеев В.Н. Описание процесса $P^+A \rightarrow p^+X$ в области фрагментации пиона в рамках метода комплексных моментов. ЯФ. 1983. Т. 38. С. 1087-1094.
5. Захаров Б.Г., Сергеев В.Н. Описание процессов $K^+(K^-)p \rightarrow K^{*0}(K^{*0})X$ в трехреджеонной модели с учетом абсорбции. ЯФ. 1984. Т.39. С.920-923.
6. Захаров Б.Г., Сергеев В.Н. Извлечение полных сечений P^+P^- -взаимодействий из анализа процессов $P^+p \rightarrow X\Delta^{++}$, $P^+n \rightarrow Xp$ в трехреджеонной модели с абсорбцией. ЯФ. 1984. Т.39. С.707-711.
7. Захаров Б.Г. О возможности проверки гипотезы составляющих кварков для системы из шести кварков. Письма в ЖЭТФ. 1982. Т.36. С.412-414.
8. Захаров Б.Г. Влияние кварковой структуры дейтрона на полное сечение nd -взаимодействия. ЯФ. 1983. Т.38. С.1058-1064.
9. Захаров Б.Г. О поправке к результату глауберовского приближения для $\sigma_{tot}(n^4He)$, связанной с кварковой структурой ядра 4He . ЯФ. 1983. Т.38. С.1318-1324.
10. Kopeliovich B.Z., Zakharov B.G. The pomeron colour structure and hadron scattering on the six-quark deuteron configuration. Z.Phys. 1984. C. V.26. P.459-463.
Proceedings of the 6th Balaton conference on nuclear physics, Balatonfured, Hungary, 1983. p.113-122.
11. Захаров Б.Г., Копелиович Б.З. Справедливость глауберовского приближения при учете кварковой структуры дейтрона. ЯФ. 1985. Т.42. С.1073-1081.
12. Захаров Б.Г., Копелиович Б.З. Цветовая структура адронов в квазиупругом рассеянии и перезарядке на ядрах. ЯФ. 1987. Т.46. С.1535-1544.
13. Kopeliovich B.Z., Zakharov B.G. Investigation of rare components of nucleon wave function in antiproton-nucleus interactions. Czechoslovak Journ. of

- Phys. 1991. V.41. P.409-425.
14. Kopeliovich B.Z., Zakharov B.G. Preasymptotics of colour transparency. Phys.Lett. 1991. V.264B. P.434-439. Proceedings of the international conference on particles and nuclei. (PANIC XII), Cambridge, 1990, p.IX-5.

СПИСОК ЦИТИРОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Абрамовский В.А. О величине трехпомеронной вершины. Письма в ЖЭТФ. 1976. Т.23. С.228-231.
2. Абрамовский В.А., Бетман Р.Г. Дифракционное жесткое рассеяние и величина трехпомеронной вершины. ЯФ. 1989. Т.49. С.1205-1207.
3. Glauber R.J. High energy collision theory. Lecture on theor.phys. N.Y.: Rutgerscience. 1959. V.1. P.315.
4. Ситенко О.К. Укр.физ.журн. 1959. Т.4. С.52-163.
5. Грибов В.Н. Глауберовские поправки и взаимодействие адронов с ядрами при высоких энергиях. ЖЭТФ. 1969. Т.56. С.892-901.
6. Грибов В.Н. Взаимодействие γ -квантов и электронов с ядрами при высоких энергиях. ЖЭТФ. 1969. Т.57. С.1306-1323.
7. Mueller A.H. Topics in high energy perturbative QCD including interactions with nuclear matter. Preprint of Columbia University. CU-TP-232. 1982.
8. Захаров Б.Г., Копелиович Б.З. Цветовая структура адронов в квазиупругом рассеянии и перезарядке на ядрах. ЯФ. 1987. Т.46. С.1535-1544.
9. Brodsky S.J., Mueller A.H. Using nuclei to probe hadronization in QCD. Phys.Lett. 1988. V.206B. P.685-690.
10. Low F.E. Model of the bare Pomeron. Phys.Rev. 1975. V.D12. P.163-173.
11. Gunion J.F., Soper D.E. Quark-counting and hadron-size effects for the total cross sections. Phys.Rev. 1977.
12. Kane G.L., Seidle A. Two-body hadron reactions. Rev.Mod.Phys. 1976. V.48. P.309-360.
13. Moriarty K.J.M., Tabor J.H., Ungkitchanuct A. Absorption corrections in the inclusive production of the $\Delta(1236)$

in the triple-Regge region. Phys.Rev. 1977. V.D16. P.130-138.

14. Антипов Ю.М., Беззубов В.А., Буданов Н.П. и др. Исследование инклюзивного образования ρ^0 - и ω -мезонов Π^- -мезонами на ядрах бериллия при импульсе 43 ГэВ/с. ЯФ. 1980. Т.32. С.676-683.
15. Kofoed-Hansen O. Interpretation of high-energy inclusive scattering data of hadrons on nuclei. Nucl.Phys. 1973. V.B54. P.42-60.
16. Апокин В.Д., Васильев А.Н., Матуленко Ю.А. и др. Измерение дифференциальных сечений перезарядки Π^- -мезонов на углероде при импульсе 40 ГэВ/с. ЯФ. 1982. Т.36. С.1191-1196.
17. Апокин В.Д., Арестов Ю.И., Беликов Н.И. и др. Квазиупругая перезарядка отрицательных пионов на углероде в ρ^0 , η , $\eta(958)$, $\omega(783)$ и $f_2(1270)$ мезоны при импульсе 39,1 ГэВ. ЯФ. 1987. Т.46. С.1108-1114.
18. Carroll A.S., Barton D.S., Bunce G. et al. Nuclear Transparency to large-angle pp elastic scattering. Phys.Rev.Lett. 1988. V.61. P.1698-1701.
19. Lepage G.P., Brodsky S.J. Exclusive processes in perturbative quantum chromodynamics. Phys.Rev. 1980. V.D22. P.2157-2198.
20. Farrar G.N., Liu H., Frankfurt L.L., Strikman M.I. Transparency in nuclear quasiexclusive processes with large momentum transfer. Phys.Rev.Lett. 1988. V.61. P.686-689.
21. Ralston J.P., Pire B. Fluctuating proton size and oscillating color transparency. Phys.Rev.Lett. 1988. V.61. P.1822-1826.
22. Landshoff P.V., Donnachie A. Elastic scattering at large t. Z.Phys.C. 1979. V.2. P.55-62.
23. Wheeler J.A. On the mathematical description of light nuclei by the method of resonanting group. Phys.Rev. 1937. V.52. P.1107-1127.
24. Вильдермут К., Тан Я. Единая теория ядра. М.: Мир. 1980.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 февраля 1992 года.