

Г-616



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2 85-919

УДК 539.125

ГОЛОСКОКОВ
Сергей Витальевич

**СПИНОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ
В КВАЗИПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ
ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАССЕЯНИЯ АДРОНОВ**

Специальность: 01.04.02 - теоретическая
и математическая физика

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени доктора физико-математических наук

Дубна 1985

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

Б.М. БАРБАШОВ

доктор физико-математических наук

В.И. САВРИН

доктор физико-математических наук

В.А. ЦАРЕВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение - Институт физики высоких энергий, Серпухов.

Автореферат разослан " _____ " 1986 г.

Защита диссертации состоится " _____ " 1986 года на заседании специализированного Совета Д047.01.01 Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Объединенного института ядерных исследований

Ученый секретарь Совета
кандидат физико-математических наук


В.И. КУРАВЛЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель работы. Цель диссертации - развитие единого подхода к исследованию динамики сильных взаимодействий адронов на малых и больших расстояниях, основанного на использовании динамического квазипотенциального уравнения для амплитуды рассеяния и позволяющего найти эффективный метод суммирования вкладов больших расстояний в процессах мягкого и жесткого рассеяния частиц со спином.

Актуальность проблемы. Достижения теории элементарных частиц в последние годы в значительной степени связаны с развитием квантовой хромодинамики (КХД). Наибольшего успеха КХД достигла при исследовании процессов, в которых возможно приближенное разделение вкладов больших и малых расстояний. В этом случае на малых расстояниях используются методы теории возмущений. На расстояниях порядка 1 фм эти методы становятся неприменимыми, что не позволяет в настоящее время развить микроскопическую теорию сильных взаимодействий на больших расстояниях.

Одной из основных проблем физики адронов, от решения которой зависит раскрытие природы ядерных сил, является последовательное разделение вкладов малых и больших расстояний и разрешение в КХД проблемы взаимодействия кварков и адронов на расстояниях порядка 1 фм .

Исходным моментом изучения динамики сильных взаимодействий являются фундаментальные результаты, полученные Н.Н. Боголюбовым на основе общих принципов квантовой теории поля^{/1/}. Вывод дисперсионных соотношений и введение представления об амплитуде рассеяния как единой аналитической функции кинематических переменных^{/1/} сыграла основополагающую роль при развитии новых методов исследования процессов сильного взаимодействия. Общие принципы квантовой теории поля положены А.А. Логуновым в основу исследования свойств эксклюзивных и инклюзивных процессов в асимптотической области^{/2/}.

Многие важные результаты в теории сильных взаимодействий получены на основе квазипотенциального метода Логунова - Тавхелидзе^{/3/}. В сочетании с гипотезой о гладкости локального квазипотенциала^{/4/}, тесно связанной с динамикой взаимодействия адронов на больших расстояниях, квазипотенциальный метод позволил понять основные закономерности процессов высокоэнергетического рассеяния на малых углах^{/5/}.

Область жесткого взаимодействия, в которой все кинематические переменные существенно превышают размерные параметры системы, принципиально отличается по свойствам от области мягких столкновений.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Объяснение особенностей жестких процессов потребовало введения новой динамики сильных взаимодействий на малых расстояниях. Здесь проявляется точечная внутренняя структура частиц. Составная природа адронов позволила объяснить степенное автомодельное поведение сечений и формфакторов адронов при больших переданных импульсах^{16/}. В этой области массы частиц становятся несущественными, что приводит к δ_5 -инвариантности взаимодействия на малых расстояниях^{17/}.

Подчеркнем, что детальное исследование процессов рассеяния адронов высоких энергий требует суммирования вкладов больших расстояний в амплитуду рассеяния. Это одна из центральных проблем физики сильных взаимодействий, т.к. сумма вкладов больших расстояний полностью определяет рассеяние на малые углы и может приводить к заметным эффектам в рассеянии адронов на большие углы при конечных энергиях. Отметим, что последовательное суммирование вкладов больших расстояний в жестком упругом рассеянии частиц может существенно дополнить и расширить возможности использования КХД при исследовании рассеяния адронов на большие углы в предасимптотической области. Для решения этой задачи необходима информация о мягкой части взаимодействия, которая может быть получена из анализа процессов рассеяния на малые углы. Это подтверждает актуальность выбранного направления исследований как с чисто теоретической точки зрения, так и с точки зрения детального сравнения полученных результатов с экспериментом, что позволяет получать информацию о динамике сильных взаимодействий на малых и больших расстояниях.

Научная новизна. Предложен динамический подход в теории сильных взаимодействий, основанный на разделении областей малых и больших расстояний в квазипотенциальном уравнении. На его основе впервые развит эффективный метод суммирования вкладов больших расстояний в процессы мягкого и жесткого рассеяния.

Новые методы учета спина взаимодействующих адронов позволили получить асимптотические представления для амплитуд рассеяния частиц произвольного спина на малые и большие углы и исследовать границы их применимости.

В рамках динамической модели, учитывающей внутреннюю структуру частиц на больших расстояниях, впервые развит единый подход к исследованию различных упругих адронных процессов, позволивший объяснить их общие свойства.

Методы суммирования вкладов больших расстояний дали возможность рассмотреть рассеяние частиц в случае слабой энергетической зависимости спиновых эффектов. Предложен принципиально новый механизм "спиновой" динамики сильных взаимодействий при сверхвысоких энергиях.

С учетом спина взаимодействующих частиц в динамической модели, впервые получена самосогласованная картина поляризации при высоких энергиях и поведения сечений рассеяния при сверхвысоких энергиях в дифракционной области.

Эффекты глобальной структуры адрона просуммированы в области высокоэнергетического рассеяния на большие углы. Впервые показано, что отклонения от автомодельности и δ_5 -инвариантности амплитуды рассеяния на большие углы при достигнутых экспериментально энергиях могут быть объяснены вкладом области больших расстояний в жесткие процессы.

Практическая ценность. Развитие в диссертации методы суммирования вкладов больших расстояний используют уравнение, записанное в общем виде. Они могут быть использованы в рамках любого подхода, где имеется трехмерное динамическое уравнение для амплитуды рассеяния.

Предложенные модельные представления о мягком и жестком рассеянии адронов адекватно описывают большой экспериментальный материал, что позволяет, во-первых, извлекать достоверную информацию о динамике сильных взаимодействий на малых и больших расстояниях, во-вторых, получать хорошо обоснованные предсказания о поведении физических величин в экспериментально не изученной области, что может быть использовано при планировании новых экспериментов.

Особый интерес вызывает проверка предсказаний о поведении РР - поляризации при высоких энергиях и сечений РР- и РР̄-рассеяния при сверхвысоких энергиях на ускорителях нового поколения (УНК, коллайдер ФНАД). Это позволит ответить на вопрос о существовании нового физического явления - механизма "спиновой" динамики сильных взаимодействий.

Проведенное суммирование вкладов больших расстояний в рассеянии частиц на большие углы позволяет существенно расширить границы применимости моделей жесткого столкновения. Оно может быть использовано при исследовании рассеяния адронов на большие углы в КХД в предасимптотической области.

Учет вкладов глобальной структуры адронов в процессах упругого жесткого рассеяния подтверждает справедливость степенного автомодельного поведения при достаточно высоких энергиях.

Апробация диссертации. Основные материалы диссертации неоднократно докладывались на многочисленных международных конференциях, симпозиумах, в том числе: на семинарах по проблемам физики высоких энергий и квантовой теории поля (Протвино, 1978, 1979, 1980, 1981,

1982), на семинаре "Структура адронов 1979" (Братислава), на семинарах "Кварки 1980, 1982" (Сухуми), "Кварки 1984" (Тбилиси), на конференциях по физике высоких энергий (Лиссабон, 1981, Брайтон, 1983, Лейпциг, 1984), на симпозиуме по физике частиц (Вьенна, 1981), на симпозиуме по поляризационным явлениям в физике высоких энергий (Дубна, 1981, Протвино, 1984, Марсель, 1984), на школе молодых ученых по физике высоких энергий (Дубна, 1981). Кроме того, работы обсуждались на сессиях ОЯФ АН СССР, ученых советах ОИЯИ по теоретической физике, на семинарах в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ, в ИФВЭ (Протвино).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 32 работы.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения, содержит 237 страниц машинописного текста, 6 таблиц, 49 рисунков и библиографию из 265 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дается обзор современного состояния теории сильных взаимодействий при высоких энергиях, делается обоснование важности проблем, рассмотренных в диссертации, кратко излагается ее материал.

I глава диссертации посвящена квазипотенциальному методу в квантовой теории поля.

В первом параграфе главы дан краткий обзор основных направлений, в которых развивался квазипотенциальный метод в последние годы. Во втором параграфе исходя из гипотезы о гладкости локального квазипотенциала даны примеры исследования процессов рассеяния в различных областях переданного импульса. Продемонстрировано, что гладкость квазипотенциала приводит к эйкональному представлению для главного члена амплитуды рассеяния на малые углы вперед и назад.

Процессы высокоэнергетического рассеяния частиц на большие углы на гладких квазипотенциалах рассмотрены на основе квазиклассического приближения в квазипотенциальном подходе. Показано, что в этом случае для амплитуды рассеяния справедлива асимптотика экспоненциального вида:

$$T(s, t) \sim e^{-\sqrt{|t|} C(s)} \quad (I)$$

Таким образом, гладкие квазипотенциалы приводят к экспоненциальному падению амплитуды при больших переданных импульсах.

Степенное поведение дифференциальных сечений рассеяния на большие углы:

$$\frac{d\sigma}{dt} \sim \left(\frac{1}{s}\right)^N f\left(\frac{t}{s}\right), \quad \frac{Ht}{s} - \text{фикс.} \quad (2)$$

потребовало введения нового механизма сильных взаимодействий на малых расстояниях. В отличие от процессов с малыми передачами импульса, где определяющую роль играет глобальная структура адрона как целого, в процессах с большими переданными импульсами существенной оказывается внутренняя точечная структура адрона. Таким образом, динамика сильных взаимодействий на малых и больших расстояниях имеет различный характер.

Основные представления, позволяющие развить на единой основе подход к исследованию мягкого и жесткого рассеяния адронов высоких энергий введены в третьем параграфе главы. Проблема разделения вкладов малых и больших расстояний в квазипотенциальном методе решена здесь на основе аналитического представления для гладких локальных квазипотенциалов

$$\hat{V}(s, t) = ig(s) \int_0^\infty dx \hat{\rho}(s, x) e^{xt} \quad (3)$$

При этом для мягких процессов, определяемых свойствами адронов на больших расстояниях, существенной оказывается область $x \gtrsim 1 \text{ ГэВ}^{-2}$. Для процессов рассеяния на большие углы, определяемых точечной кварковой структурой адронов, жесткая функция плотности $\hat{\rho}_h(s, x)$ отлична от нуля при $x \lesssim 1 \text{ ГэВ}^{-2}$. Критерием точечноподобности для нее является существование слабого предела

$$\lim_{s \rightarrow \infty} s^M \hat{\rho}_h(s, x = \eta/s) = \hat{\Psi}(\eta); \quad M > 0, \quad 0 < \eta < \infty. \quad (4)$$

Следствием (4) является степенное автомодельное поведение амплитуды высокоэнергетического рассеяния на большие углы.

Разделение областей, определяющих рассеяние на малые и большие углы в (3), позволило ввести понятие мягкого и жесткого асимптотических квазипотенциалов. В том же параграфе найдено следующее представление для $(n+1)$ итерационного члена амплитуды рассеяния:

$$\hat{T}_{n+1}(s, t) = \int_0^\infty dx_1 \dots dx_{n+1} \exp\left\{t / \sum_{j=1}^{n+1} 1/x_j\right\} \hat{J}_n(x_1, \dots, x_{n+1}), \quad (5)$$

где $\hat{J}_n(x_1, \dots, x_{n+1})$ - n - кратный интеграл, содержащий функции плотности $\hat{\rho}(s, x_i)$ квазипотенциалов, заданных (3).

Представление (5) справедливо во всей области переданного импульса. Оно позволяет использовать проведенное выше разделение областей малых и больших расстояний в квазипотенциале взаимодействия

и развить эффективную процедуру суммирования вкладов больших расстояний в амплитуду рассеяния на малые и большие углы. Следует отметить, что при выводе (5) использовалось квазипотенциальное уравнение для частиц произвольного спина, записанное в общем виде:

$$[E^2(-i\vec{\nabla}) - E^2(\vec{p})] \hat{\Psi}_{\vec{p}}(\vec{r}) = \hat{A}_{\vec{p}}(-i\vec{\nabla}) \hat{V}(s, r) \hat{\Psi}_{\vec{p}}(\vec{r}), \quad (6)$$

здесь $E(\vec{p}) = \sqrt{m_1^2 + \vec{p}^2} + \sqrt{m_2^2 + \vec{p}^2}$ - полная энергия частиц массы m_1 и m_2 и импульса \vec{p} в системе центра масс, $\hat{A}_{\vec{p}}(-i\vec{\nabla})$ - матричный оператор, содержащий информацию о спине взаимодействующих частиц. В результате, вычисления для конкретных процессов можно производить на конечном этапе, выбирая соответствующую матричную структуру уравнения и квазипотенциала взаимодействия.

Во II главе диссертации на основе представления (5) проведено полное суммирование вкладов больших расстояний в амплитуду мягкого рассеяния частиц произвольного спина, а также решен вопрос о роли спиновых эффектов в высокоэнергетическом рассеянии на малые углы. В первом параграфе главы для амплитуды рассеяния частиц произвольного спина в области $|t|/s \ll 1$ найдено единое эйкональное представление:

$$\hat{T}_{n+1}(s, t = -\vec{\Delta}^2) = \frac{1}{(2\pi)^3} \left(\frac{i}{\delta p}\right)^n \int d^2\rho e^{i\vec{\Delta}\vec{\rho}} \int_{-\infty}^{\infty} dz_1 \dots dz_{n+1} \theta(z_1 - z_2) \dots \quad (7)$$

$$\dots \theta(z_n - z_{n+1}) \hat{V}(s, \rho, z_1) \hat{A}_{\vec{p}}(\vec{\ell}) \dots \hat{A}_{\vec{p}}(\vec{\ell}) \hat{V}(s, \rho, z_{n+1}),$$

где $\vec{\ell} = (\vec{p} + \vec{k})/2$; \vec{p} и \vec{k} - импульсы частиц в системе центра масс до и после взаимодействия.

На основе (7) вычислены главные асимптотические члены амплитуд рассеяния в дифракционной области мезонов на нуклонах для квазипотенциала наиболее общего матричного вида. Выражения для спиральных амплитуд нуклон-нуклонного рассеяния на малые углы найдены для квазипотенциала, содержащего три независимые матричные структуры:

$$\begin{aligned} \hat{V}_{\frac{1}{2}, \frac{1}{2}}(s, \vec{r}, \vec{\ell}) &= a(s, \vec{r}) + b(s, \vec{r}) [\hat{I} \otimes \hat{n}(\vec{\ell}) + \hat{n}(\vec{\ell}) \otimes \hat{I}] + \\ &+ d(s, \vec{r}) \hat{n}(\vec{\ell}) \otimes \hat{n}(\vec{\ell}); \\ \hat{n}(\vec{\ell}) &= \gamma_0 - \vec{\gamma} \vec{\ell} / |\vec{\ell}|. \end{aligned} \quad (8)$$

Здесь квазипотенциалы a , b , d простым образом связаны с инва-

риантными амплитудами нуклон-нуклонного рассеяния в области $|t|/s \ll 1$.

Во втором параграфе главы рассмотрена проблема нахождения критериев эйкональности для мягких квазипотенциалов. Показано, что единое эйкональное представление (7) справедливо при выполнении следующего ограничения на рост с энергией величин, входящих в правую часть уравнения (6):

$$\hat{A}(\vec{p}) \hat{V}(s, \vec{r}) \leq \sqrt{s}.$$

Рассмотрены следствия этого ограничения для мезон-нуклонного и нуклон-нуклонного рассеяния. Так, во втором случае имеем следующие неравенства для квазипотенциалов (8)

$$a(s, r) \leq s^0; \quad b(s, r) \leq s^0; \quad d(s, r) \leq s^0. \quad (9)$$

В случае постоянных или растущих с энергией полных сечений, когда граница для квазипотенциала $d(s, r)$ насыщена, следствием (9) является быстрое, степенное падение с энергией поляризации и вклада амплитуд с переворотом спина в дифференциальные сечения рассеяния на малые углы. Эти результаты справедливы и для мезон-нуклонных процессов. Таким образом, показано, что эйкональный характер рассеяния адронов возможен при достаточно быстром падении с энергией спиновых эффектов.

Модельные соображения требуют последовательного суммирования вкладов области больших расстояний при слабой энергетической зависимости спиновых эффектов. Эта задача решена в третьем параграфе главы. В случае NN -рассеяния слабая зависимость от энергии амплитуды с переворотом спина может быть получена при аномальном поведении квазипотенциала b в (8) при $s \rightarrow \infty$:

$$b(s, r) \sim \sqrt{s} \beta(r), \quad (10)$$

что противоречит ограничению (9). Показано, что наличие таких членов может приводить к модификации эйконального представления, причем в эйкональной фазе, определяющей амплитуду NN -рассеяния без переворота спина, возникают члены, растущие как \sqrt{s} :

$$\chi_0(s, \rho) = -\frac{2}{t} \int_{-\infty}^{\infty} [d(s, r) - \frac{\sqrt{s}}{2} \beta^2(s, r)] dz, \quad (11)$$

которые отсутствуют в стандартном эйкональном представлении. Эти члены могут быть интерпретированы как вклады с двукратным переворотом спина частицы, суммирование которых в амплитуде без перево-

рота спина проведено с помощью квазипотенциального уравнения.

В результате, спиновые вклады могут играть существенную роль в динамике сильных взаимодействий при достаточно высоких энергиях. Показано, что в этом случае возникает спиновый механизм роста полных сечений и ряд других эффектов, появление которых возможно лишь в случае взаимодействия частиц со спином.

На основе найденных во второй главе выражений для амплитуд упругого рассеяния адронов могут быть исследованы свойства процессов высокоэнергетического рассеяния на малые углы и таким образом получена информация о динамике сильных взаимодействий на больших расстояниях, которая требуется для проведения последовательного суммирования мягких вкладов в жестком рассеянии адронов. Для того, чтобы эта информация была наиболее достоверной, необходимо развить модель, которая адекватно, на единой основе, позволит объяснить все основные свойства рассеяния различных адронов в широкой области переданного импульса.

Эта задача решается в III главе диссертации. В первом параграфе главы дан краткий обзор современных экспериментальных данных по упругому рассеянию адронов на малые углы при высоких энергиях.

Во втором параграфе главы показано, что функция плотности квазипотенциала (3) может быть связана с мнимой частью амплитуды рассеяния на t -канальном разрезе:

$$ig(s)\rho(s,x) = \frac{1}{4\pi} \int_{t_0}^{\infty} e^{-xt} J_{m_t} T(s,t) dt.$$

Это соотношение рассматривается как правило сумм для определения формы и параметров функции плотности. Оно позволяет выделить класс диаграмм, определяющих мягкую часть $\rho(s,x)$. Сделан вывод о том, что функция плотности квазипотенциала взаимодействия частиц на больших расстояниях $x \gg 1 \text{ ГэВ}^{-2}$ определяется ближайшими особенностями амплитуды рассеяния в t -канале. Существенную роль здесь играют треугольные диаграммы с обменом двумя J -мезонами в t -канале.

Это позволяет развить бесспиновую динамическую модель взаимодействия адронов, учитывающую их структуру на больших расстояниях. Модель основана на предположении о наличии у адрона жесткой центральной части, в которой сосредоточены валентные кварки, окруженной облаком кварк-антикварковых пар - мезонов. Простейшие диаграммы взаимодействия двух частиц содержат мягкое рассеяние двух адронных центров, а также рассеяние мезона из "шубы" одного адрона на центральной части другого. Они определяют периферическую часть эйконоальной фазы, которая при больших прицельных расстояниях имеет

экспоненциальную асимптотику. Полная эйконоальная фаза с учетом центральных эффектов может быть хорошо аппроксимирована выражением

$$\chi(s,\rho) \sim h e^{-M(s)\sqrt{B^2(s)+\rho^2}} \quad (12)$$

Вычисления показывают, что в (12) эффективная масса $M \sim 0,6 \text{ ГэВ}$. Модель может быть без труда использована для любых упругих адронных реакций. Показано, что и в этом случае эйконоальная фаза может быть представлена в виде (12), причем эффективная масса M должна примерно соответствовать найденной для PP -рассеяния. Это подтверждено исследованием поведения наклона дифракционного пика JP - и PP -рассеяния при малых передачах импульса, которое полностью определяется структурой адрона на больших расстояниях.

Детальное сравнение динамической модели с экспериментом проведено в третьем параграфе главы. Показано, что она с малым числом свободных параметров позволяет количественно воспроизвести все известные свойства PP -рассеяния в широкой области переданного импульса. Сравнение модели с данными по J^+P -рассеянию при $P_L = 200 \text{ ГэВ}$ и передачах импульса $|t| \leq 2,5 \text{ ГэВ}^2$ привело к возникновению дифракционного минимума при больших передачах импульса, чем это ожидалось ранее: $|t|_{\text{мин}} \sim 3,8 \text{ ГэВ}^2$. Это предсказание модели было подтверждено экспериментально во ФНАЛ.

Единый подход к исследованию различных адронных реакций приводит к выводу о близости дифференциальных сечений различных нуклон-нуклонных реакций при высоких энергиях, что выполняется для PP , $P\bar{P}$, nP -рассеяния. Следует ожидать также близости сечений Kp - и JP -рассеяния в широкой области переданного импульса.

Таким образом, простая динамическая модель, учитывающая эффекты мезонного облака, адекватно описывает широкий круг процессов рассеяния адронов на малые углы. Это позволяет предположить, что использованная в ней гипотеза о структуре частиц на больших расстояниях соответствует физической реальности.

Существенное значение в понимании динамики сильных взаимодействий на больших расстояниях имеет вопрос о характере спиновых эффектов в высокоэнергетическом рассеянии адронов на малые углы. Изучению высокоэнергетического рассеяния частиц со спином в динамической модели рассеяния адронов посвящена IV глава диссертации. Рассеяние мезонов на нуклонах рассмотрено в первом параграфе главы. В модели возникает малый по величине аномальный член квазипотенциала, приводящий к слабой энергетической зависимости спиновых эффектов. В этом случае возможен быстрый рост вида (II) эйконоальной фазы JP -рас-

сеяния, который проявляется при недоступных в настоящее время энергиях

$$S \sim 10^6 \text{ ГэВ}^2.$$

Это позволяет исследовать при энергиях

$$100 \text{ ГэВ}^2 \leq S \leq 400 \text{ ГэВ}^2$$

бесспиновый вариант модели. Найденные выражения для периферической части эйкональной фазы с учетом центральной части взаимодействия позволяют с малым числом свободных параметров количественно описать экспериментальные данные по $\pi\pi$ -рассеянию при энергиях

$P_L \geq 50 \text{ ГэВ}$. Дифракционный минимум в дифференциальных сечениях при $|t| \sim 3,8 \text{ ГэВ}^2$ появляется при энергиях $P_L \geq 150 \text{ ГэВ}$. При более низких энергиях он заполнен вещественной частью амплитуды рассеяния.

Исследование в рамках динамической модели нуклон-нуклонного рассеяния, проведенное во втором параграфе главы, вызывает особый интерес. Это связано с тем, что в pp - и $p\bar{p}$ -рассеянии на ускорителях достигнуты достаточно высокие энергии, что позволяет рассчитывать на обнаружение в этих реакциях эффектов, определяемых "спиновым" механизмом.

Вычисления, аналогичные проведенным во втором параграфе главы, показывают, что динамическая модель, учитывающая структуру адрона на больших расстояниях и спины взаимодействующих частиц, позволяет количественно передать все известные свойства pp -рассеяния при энергиях $\sqrt{S'} \geq 19 \text{ ГэВ}$. С помощью $S \rightarrow u$ кроссинга предсказаны сечения $p\bar{p}$ -рассеяния, которые имеют дифракционный минимум при энергиях $P_L \sim 50 \text{ ГэВ}$. При энергиях ISR сечения pp - и $p\bar{p}$ -рассеяния близки друг к другу. Эти результаты полностью соответствуют эксперименту.

Следствием модели являются малые по величине аномальные члены амплитуды NN -рассеяния вида (10). Они слабо сказываются на поведении дифференциальных сечений при энергиях ISR , но существенны при $\sqrt{S'} \geq 100 \text{ ГэВ}$.

Обсуждению спиновых эффектов в нуклон-нуклонном рассеянии посвящен третий параграф главы. Полученные выше результаты указывают на возможное существование нового механизма "спиновой" динамики сильных взаимодействий при высоких энергиях. Действительно, при наличии в эйкональной фазе (II) растущих с энергией членов, которые имеют спиновый характер, в амплитуде рассеяния появляется энергия S_0 , при которой динамика сильных взаимодействий изменяет свой характер. Эта энергия может быть определена из (II):

$$\sqrt{S_0} = 2 \frac{\left| \int_{-\infty}^{\infty} dz d(s,r) \right|}{\left| \int_{-\infty}^{\infty} dz \beta^2(s,r) \right|_{p=0}} \simeq 100 \text{ ГэВ}. \quad (13)$$

Эффекты спинового механизма изучены на основе динамической модели взаимодействия адронов. Показано, что возникающая в модели поляризация слабо зависит от энергии и согласуется с экспериментом при $P_L \geq 100 \text{ ГэВ}$. При сверхвысоких энергиях следствием быстрого роста фазы (II) является: спиновый механизм роста полных сечений, вклад которого в $\sigma_{tot}^{p\bar{p}}$ при $\sqrt{S'} = 540 \text{ ГэВ}$ около 5 Мбн; быстрый рост дифференциальных сечений в области дифракционного минимума и максимума. Предсказано полное исчезновение дифракционной структуры при $|t| \sim 1 \text{ ГэВ}^2$ и появление в дифференциальных сечениях "плеча" с $\frac{d\sigma}{dt} \Big|_{|t| \sim 1 \text{ ГэВ}^2} \sim 1,2 \frac{N\kappa\delta}{\text{ГэВ}^2}$ при энергиях $p\bar{p}$ -коллайдера ЦЕРН. Эти результаты полностью подтверждены на эксперименте. Таким образом, обнаружены первые указания на проявления механизма "спиновой" динамики при сверхвысоких энергиях. Показано также, что вклады мезонного облака адрона могут являться динамическим механизмом возникновения слабо зависящих от энергии спиновых эффектов в различных упругих и неупругих адронных реакциях. Проверка этих выводов может быть сделана на ускорителях нового поколения (УНК, коллайдер ФНАЛ).

Важное место в исследовании динамики сильных взаимодействий на малых расстояниях занимает изучение процессов рассеяния на большие углы. Интерес к ним обусловлен тем, что их характер связан в основном со структурой частиц на малых расстояниях.

У главы диссертации посвящена исследованию автомодельного поведения бинарных процессов жесткого рассеяния адронов высоких энергий. В первом параграфе главы дан краткий обзор экспериментальных данных. Их анализ показывает, что правила кваркового счета передают, в основном, энергетическое поведение сечений рассеяния на фиксированные углы. Однако в $\pi\pi$ -рассеянии при невысоких энергиях имеются отклонения от автомодельного поведения, а также структуры в угловых распределениях, которые сглаживаются с ростом энергии. Это позволяет сделать вывод о том, что при рассеянии на большие углы достигнута лишь граница асимптотической области.

Важная информация о динамике взаимодействия кварков на малых расстояниях содержится в угловых зависимостях дифференциальных сечений, т.е. в функциях $f(t/s)$ в (2). Примеры их исследования на основе ряда модельных представлений приведены в том же параграфе главы.

Жесткое упругое рассеяние адронов в КХД рассмотрено во втором параграфе. На примере взаимодействия кварка с мезоном показано, что в процессах рассеяния адронов на большие углы велика роль "пинчевых" сингулярностей, связанных с внутренними линиями, находящимися на массовой поверхности. Это означает появление в жестком подпроцессе взаимодействия на больших расстояниях. Такие вклады могут изменить автомодельную асимптотику реального адронного процесса. Их вычисление в теории возмущений КХД не является, вообще говоря, полностью обоснованным. Учет радиационных поправок не позволяет подавить вклад особенностей на массовой поверхности в Q^2 -рассеянии на большие углы.

Анализ простейшего эксклюзивного процесса показывает, что для главного асимптотического члена амплитуды рассеяния в пределе большого числа цветов $N_c \rightarrow \infty$ справедливы правила обобщенного кваркового счета.

В третьем параграфе главы показано, что проведенное в I главе диссертации разделение вкладов малых и больших расстояний в динамическом квазипотенциальном уравнении позволяет просуммировать эффекты глобальной структуры адрона в процессах жесткого рассеяния, которые определяются, в основном, динамикой взаимодействия кварков на малых расстояниях. Найдено представление для главного асимптотического члена амплитуды рассеяния частиц произвольного спина на большие углы вида

$$\hat{T}(s, \vec{p}, \vec{z}) = \exp\left\{i \hat{\chi}_s(0) \frac{\hat{A}(\vec{z})}{16pg(s)}\right\} \hat{V}_h(s, \vec{p}, \vec{z}) \exp\left\{i \frac{\hat{A}(\vec{z})}{16pg(s)} \hat{\chi}_s(0)\right\} \quad (I4)$$

Здесь эйкональная фаза $\hat{\chi}_s(0)$ содержит эффекты области больших расстояний, \hat{V}_h - жесткий квазипотенциал, определяемый взаимодействием адронов на малых расстояниях. Таким образом, в (I4) мягкие и жесткие вклады в амплитуду рассеяния на большие углы факторизуются. Развитый метод позволяет единым образом рассматривать различные модели жесткого рассеяния адронов.

Представление (I4) использовано для изучения конкретных эксклюзивных процессов. При определении матричной структуры квазипотенциала учитывалось требование δS -инвариантности взаимодействия на малых расстояниях. В результате получены выражения для дифференциальных сечений мезон-нуклонного и нуклон-нуклонного рассеяния на большие углы.

Наличие мягких перерассеяний в начальном и конечном состояниях в жестком соударении адронов (I4) приводит к необходимости учета в амплитуде рассеяния на большие углы поправок, аналогичных эйкональ-

ным. Они соответствуют более точному, чем в (I4), учету вкладов больших расстояний в процессы жесткого рассеяния частиц. Подобные поправки могут приводить к наблюдаемому на эксперименте отклонению от автомодельности при невысоких энергиях. В связи с этим их вычисление чрезвычайно важно.

Последовательному решению этой проблемы на основе квазипотенциального метода посвящена VI глава диссертации. В первом параграфе главы рассмотрено рассеяние бесспиновых частиц. Вычислены и просуммированы поправки первого и второго порядка по $1/p$ к главному асимптотическому члену амплитуды рассеяния, которые определяются вкладом области больших расстояний. Информация о ней, полученная в III главе диссертации, позволяет определить величину предасимптотических эффектов в жестком рассеянии. В результате для дифференциальных сечений на угол 90° имеем

$$\frac{d\sigma}{dt} \Big|_{\theta=90^\circ} = \frac{d\sigma_{ac}}{dt} \Big|_{\theta=90^\circ} (1 - \delta(s, 90^\circ)); \quad \delta(s, 90^\circ) \approx 4.27(\text{ГэВ})/p \quad (I5)$$

Отсюда следует, что при энергиях $S \leq 50 \text{ ГэВ}^2$ поправки составляют значительную величину

$$\delta \approx 0,35.$$

Их учет приводит к отклонению от автомодельности при конечных энергиях. При этом эффективная степень N в (2) начинает зависеть от энергии и угла рассеяния:

$$N(s, z) = N_{ac} - \frac{\delta(s, z)}{1 - \delta(s, z)}. \quad (I6)$$

Таким образом, учет поправок, определяемых областью больших расстояний, приводит к уменьшению энергетической зависимости дифференциальных сечений при достигнутых энергиях.

Вклады области больших расстояний в процессы упругого рассеяния частиц со спином просуммированы во втором параграфе главы. Найдены представления для спиральных амплитуд мезон-нуклонного и нуклон-нуклонного рассеяния на большие углы, содержащие предасимптотические поправки. При определении величины поправочных членов, связанных с мягкой частью взаимодействия, использована детальная информация о поведении квазипотенциалов, описывающих πN - и NN -рассеяние на малые углы, полученная в IV главе диссертации. Отметим, что суммирование таких поправочных членов может расширить возможности исследования жесткого рассеяния адронов в КХД в предасимптотической области.

Третий параграф главы посвящен анализу экспериментальных данных по рассеянию адронов на большие углы в рамках различных моделей жесткого столкновения, с учетом и без учета предасимптотических эффектов. Показано, что величина поправок остается значительной вплоть до энергий $P_L \sim 60$ ГэВ. Поэтому в экспериментально изученной области по рассеянию частиц на большие углы, где $P_L \leq 15 + 30$ ГэВ, вообще говоря, нельзя пользоваться асимптотическими методами без учета поправок. Найденные для дифференциальных сечений представления, обусловленные взаимодействием адронов на больших расстояниях, позволяют получить количественное описание всего набора экспериментальных данных по жесткому $\pi^{\pm}p$ -, pp - и np -рассеянию. Наблюдаемые в эксперименте отклонения от строгой автомодельности и ненулевые поляризации в процессах упругого рассеяния на большие углы могут быть интерпретированы как предасимптотические эффекты. Отметим, что отклонения от степенного автомодельного поведения при $P_L < 60$ ГэВ значительны в πp - и np -рассеянии, в то время как для pp -рассеяния поправки к различным спиральным амплитудам в значительной степени компенсируются. В результате, $N_{pp}(s, 90^\circ)$ слабо отличается от асимптотического значения $N = 10$ при энергиях $P_L \gtrsim 6$ ГэВ, что соответствует эксперименту.

Сделан вывод о том, что в области энергий, для которых имеются в настоящее время экспериментальные данные по дифференциальным сечениям упругого рассеяния адронов на большие углы, учет поправок, связанных с взаимодействием на больших расстояниях, приводит к существенному улучшению согласия теории с экспериментом. Это подтверждает справедливость автомодельного поведения дифференциальных сечений при достаточно высоких энергиях.

В заключении приведены основные результаты, полученные в диссертации.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Для защиты выдвигаются следующие основные результаты, полученные в диссертации:

1. Решена проблема разделения вкладов малых и больших расстояний в интегральном представлении для аналитических квазипотенциалов. Получено в рамках квазипотенциального метода представление для амплитуды рассеяния частиц произвольного спина, позволяющее провести суммирование вкладов больших расстояний в процессы мягкого и жесткого рассеяния адронов.

2. Развита методика изучения спиновой динамики сильных взаимо-

действий на больших расстояниях. На их основе найдено единое эйкональное представление для амплитуды рассеяния на малые углы частиц произвольного спина, справедливость которого доказана при достаточно быстром падении спиновых эффектов с ростом энергии.

3. Проведено суммирование вкладов больших расстояний в случае слабой энергетической зависимости спиновых эффектов. Показано, что в этом случае может возникать модификация эйконального представления с эйкональной фазой, быстро возрастающей с энергией. Следствием этого является принципиально новая возможность - существование "спинового" механизма роста полных сечений.

4. Предложены правила сумм, позволяющие выделить класс диаграмм, определяющих поведение мягкой части амплитуды рассеяния. На их основе развита динамическая модель взаимодействия адронов, учитывающая внутреннюю структуру частиц. В рамках модели вычислен вклад области больших расстояний в амплитуду рассеяния адронов. Показано, что зависимость наклона дифракционного пика от передачи импульса при $|t| \leq 0,6$ ГэВ² близка для упругого мезон-нуклонного и нуклон-нуклонного рассеяния и полностью определяется структурой адрона на больших расстояниях.

5. Детальное исследование свойств πp - и pp -рассеяния при высоких энергиях позволяет сделать заключение о том, что представление о структуре адрона на больших расстояниях как об объекте, содержащем жесткую центральную часть размером порядка $0,5$ фм, окруженную облаком мезонов, количественно соответствует эксперименту. Сделан вывод о близости сечений рассеяния различных мезонов на нуклонах, а также сечений нуклон-нуклонного рассеяния в широком интервале переданного импульса.

6. Проведено обобщение модели для случая рассеяния частиц со спином. Показано, что в амплитуде рассеяния возникают аномальные члены, определяемые структурой адронов на больших расстояниях, приводящие к слабой энергетической зависимости спиновых эффектов. Установлено, что аномальные члены несущественны при энергиях $\sqrt{s} \gg 1$, однако могут полностью изменять картину рассеяния при более высоких энергиях.

7. Обнаружена принципиально новая возможность механизма "спиновой" динамики сильных взаимодействий при сверхвысоких энергиях, возникающая при слабой энергетической зависимости спиновых эффектов. В этом случае амплитуды без переворота спина и с переворотом спина полностью определяются суммой вкладов аномальных членов квазипотен-

циала. Следствием механизма является рост полных сечений, имеющий спиновый характер, быстрый рост дифференциальных сечений в области дифракционной структуры.

8. Вычисленные в модели периферические части амплитуд рассеяния позволяют получить самосогласованную картину рассеяния адронов. Объяснены поляризационные явления в PP -рассеянии при высоких энергиях. Следствием "спинового" механизма является возрастание дифференциальных сечений на порядок при $|t| \sim 1 \text{ ГэВ}^2$ и исчезновение их дифракционной структуры при $\sqrt{s} = 540 \text{ ГэВ}$, что полностью соответствует эксперименту. Таким образом, на PP -коллайдере ЦЕРН получены первые указания на существование "спинового" механизма.

9. Показано, что в процессах жесткого рассеяния частиц существенны вклады, содержащие взаимодействие на больших расстояниях, которые не могут быть последовательно рассмотрены в рамках теории возмущений КХД. Учет мягких глюонных поправок не приводит к их исчезновению в процессе кварк-мезонного рассеяния.

10. Разделение мягкой и жесткой частей квазипотенциала взаимодействия дает возможность развить метод исследования рассеяния частиц на большие углы, позволяющий просуммировать эффекты глобальной структуры адронов. Найдено представление для главного асимптотического члена амплитуды рассеяния частиц произвольного спина, в котором вклады взаимодействия на малых и больших расстояниях факторизуются. Получены выражения для сечений конкретных процессов жесткого рассеяния.

11. Вычислены и просуммированы вклады больших расстояний, определяемые мягкими перерассеяниями в начальном и конечном состояниях в жестком рассеянии частиц. Показано, что такие члены приводят к предасимптотическим поправкам, существенным при энергиях $P_s \leq 50 \text{ ГэВ}^2$. Доказано, что отклонения от автомодельности и δ_5 инвариантности при достигнутых энергиях в рассеянии адронов на большие углы могут быть объяснены эффектами больших расстояний.

12. Проверена самосогласованность различных модельных представлений в жестком рассеянии адронов. Показано, что учет вкладов больших расстояний, имеющих большую величину при достигнутых энергиях, приводит в случае автомодельного поведения сечений рассеяния при $s \rightarrow \infty$ к существенному улучшению согласия теории с экспериментом. Полученные отклонения от правил кваркового счета при конечных энергиях для различных процессов рассеяния на большие углы объясняют экспериментальные наблюдения. Это подтверждает справедливость правил

кваркового счета при достаточно высоких энергиях. Показано, что в жестком рассеянии адронов наиболее предпочтительными являются асимптотические амплитуды, соответствующие обмену с нулевым изотопическим спином в t -канале.

Литература

1. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В. Введение в теорию квантованных полей, 3-е издание, "Наука", М., 1976.
Боголюбов Н.Н., Медведев Б.В., Поливанов М.К. Вопросы теории дисперсионных соотношений, М., Физматгиз, 1957.
2. Логунов А.А., Нгуен Ван Хьеу, Хрусталева О.А. В сб. Проблемы теоретической физики, посв. 60-летию Н.Н.Боголюбова. М., Наука, 1969.
Логунов А.А., Мествиришвили М.А., Петров В.А. В кн. Общие принципы квантовой теории поля и их следствия. М., Наука, 1977.
3. Logunov A.A., Tavkhelidze A.N. Nuovo Cim., 1963, v. 29, p. 380.
4. Alliluyev S.P., Gershtein S.S., Logunov A.A. Phys. Lett., 1965, v. 18, p. 195;
Логунов А.А., Хрусталева О.А. ЭЧАЯ, 1970, т. I, с. 71.
5. Кадышевский В.Г., Тавхелидзе А.Н. В сб. Проблемы теоретической физики, посв. 60-летию Н.Н.Боголюбова. М., Наука, 1969.
Гарсеванишвили В.Р., Матвеев В.А., Слепченко Л.А. ЭЧАЯ, 1970, т. I, с. 91.
Саврин В.И., Тюрин Н.Е., Хрусталева О.А. ЭЧАЯ, 1976, т. 7, с. 21.
6. Matveev V.A., Muradyan R.M., Tavkhelidze A.N. Lett. Nuovo Cim., 1973, v. 7, p. 719;
Brodsky S.J., Farrar G.R., Phys.Rev.Lett., 1973, v. 31, p. 1153.
7. Логунов А.А., Мещеряков В.А., Тавхелидзе А.Н. Доклады АН СССР, 1962, т. 142, с. 317.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах:

1. Goloskokov S.V., Koudinov A.V., Kuleshov S.P. Asymptotic Angular Dependences of Exclusive Hadron Large-Angle Scattering. (Асимптотические угловые зависимости эксклюзивного рассеяния адронов на большие углы). JINR, E2-12627, Dubna, 1979 (14 p.).
2. Голоскоков С.В., Кудинов А.В., Кулешов С.П. Асимптотический подход к исследованию бинарных процессов с большими передачами импульса. Труды Межд. сем. по проблемам физ. выс. энерг. и квант. теор. поля. Протвино, 1979, с.309-321.
3. Голоскоков С.В., Кудинов А.В., Кулешов С.П. Учет поправок к амплитуде рассеяния на большие углы. ТМФ, 1979, т. 39, в. 2, с. 185-194.

4. Голоскоков С.В., Кудинов А.В., Кулешов С.П. Неавтомодельные поправки в рассеянии частиц со спином на большие углы. ЯФ, 1979, т. 29, в. 4, с. 1070-1080.
5. Goloskokov S.V., Koudinov A.V., Kuleshov S.P. Preasymptotic Effects in π^+p Large-Angle Scattering. (Предасимптотические эффекты в π^+p -рассеянии на большие углы). Lett. Nuovo Cim., 1979, v. 24, No. 4, p. 110-114.
6. Голоскоков С.В., Кудинов А.В., Кулешов С.П. Предасимптотические эффекты в адрон-адронном рассеянии на большие углы. ТМФ, 1979, т. 40, в. 3, с. 373-383.
7. Голоскоков С.В., Кудинов А.В., Кулешов С.П. Описание рассеяния частиц высоких энергий на большие углы в предасимптотической области. Труды Межд. сем. по проблемам физ. выс. энерг. и квант. теор. поля, Протвино, 1978, с.226-237.
8. Голоскоков С.В., Кудинов А.В., Кулешов С.П. Предасимптотические эффекты в адрон-адронном рассеянии на большие углы и описание экспериментальных данных. ОИЯИ, P2-12693, Дубна, 1979 (10 стр.).
9. Голоскоков С.В., Кудинов А.В., Кулешов С.П. Предасимптотические эффекты в нуклон-нуклонном рассеянии на большие углы. ЯФ, 1980, т. 31, в. 3, с. 751-761.
10. Голоскоков С.В., Кудинов А.В., Кулешов С.П. О роли взаимодействия на больших расстояниях в рассеянии адронов на большие углы. Труды Межд. сем. по проблемам физ. выс. энерг. и квант. теор. поля, с. 291-303, Протвино, 1980.
11. Голоскоков С.В., Кудинов А.В., Кулешов С.П. Рассеяние адронов на большие углы при высоких энергиях. Труды Межд. сем. "Кварки-80", с. 116-121, ИЯИ АН СССР, М., 1981.
12. Голоскоков С.В., Кудинов А.В., Кулешов С.П. Предасимптотические эффекты в высокоэнергетическом упругом рассеянии адронов на большие углы. ЭЧАЯ, 1981, т.12, в. 3 с. 614-650.
13. Голоскоков С.В., Кудинов А.В., Матвеев В.А., Тепляков В.Г. Кварк-мезонное рассеяние на большие углы в квантовой хромодинамике. ОИЯИ P2-81-420, Дубна, 1981 (8 стр.).
14. Голоскоков С.В., Кулешов С.П., Селюгин О.В. Высокоэнергетическое протон-протонное рассеяние в широкой области передач импульса. ЯФ, 1980, т. 31, в. 3, с. 741-750.
15. Голоскоков С.В., Кулешов С.П., Селюгин О.В. Геометрический скейлинг и энергетическая зависимость сечений pp -рассеяния при больших передачах импульса. ЯФ, 1980, т. 32, в. 2, с. 492-497.
16. Голоскоков С.В., Кулешов С.П., Селюгин О.В. Высокоэнергетическое протон-протонное рассеяние в широкой области передач импульса и

- энергетическая зависимость эйкональной фазы. ЯФ, 1981, т. 34, в. 1, с. 235-240.
17. Голоскоков С.В., Матвеев В.А. Динамика сильных взаимодействий. Труды XIV Межд. школы мол. ученых по физ. выс. энерг., ОИЯИ, Д2-81-158, Дубна, 1981, с.205-264.
18. Goloskokov S.V., Kuleshov S.P., Seljugin O.V. Model of High Energy Elastic Hadron-Hadron Scattering at Small Angles. (Модель высокоэнергетического упругого адрон-адронного рассеяния на малые углы). Proc. of the Symp. on Particle Phys., Visegrad, 1981 (19 p.).
19. Голоскоков С.В., Кулешов С.П., Селюгин О.В. Изучение высокоэнергетического pp -рассеяния в модели, учитывающей мезонную шубу адрона. Труды Межд. сем. по проблемам физ. выс. энерг. и квант. теор. поля, Протвино, 1981, с.221-232.
20. Голоскоков С.В., Кулешов С.П., Тепляков В.Г. Асимптотический подход к исследованию рассеяния частиц со спином на малые углы. ТМФ, 1982, т. 52, в. 1, с. 44-50.
21. Голоскоков С.В., Кулешов С.П., Селюгин О.В., Тепляков В.Г. О роли спиновых эффектов в высокоэнергетическом рассеянии адронов на малые углы. ЯФ, 1982, т. 35, в. 4, с. 1000-1005.
22. Голоскоков С.В., Кулешов С.П., Селюгин О.В., Тепляков В.Г. Эйкональный характер рассеяния адронов на малые углы и роль спиновых эффектов при высоких энергиях. Труды Межд. симп. по поляриз. явлен. в физ. выс. энерг. ОИЯИ, Д1, 2-82-27, Дубна, 1982, с.137-140.
23. Голоскоков С.В., Кулешов С.П., Селюгин О.В. Высокоэнергетическое адрон-адронное рассеяние в модели, учитывающей вклад мезонной "шубы". ЯФ, 1982, т. 35, в. 6, с. 1530-1536.
24. Goloskokov S.V., Kuleshov S.P., Seljugin O.V. Prediction of Meson-Cloud-Model for Elastic Hadron Scattering. (Предсказания модели, учитывающей мезонную "шубу" адрона, для упругого адронного рассеяния). JINR, E2-82-109, Dubna, 1982 (6 p.).
25. Голоскоков С.В., Кулешов С.П., Тепляков В.Г. Мезон-нуклонное рассеяние в модели, учитывающей мезонную "шубу" адрона. ОИЯИ, P2-82-632, Дубна, 1982, (18 стр.).
26. Голоскоков С.В., Кулешов С.П., Тепляков В.Г. Спиновые эффекты протон-протонного рассеяния в модели, учитывающей мезонную "шубу" адрона. ЯФ, 1984, т. 39, в. 2, с. 486-492; ОИЯИ, P2-82-822, Дубна, 1982 (10 стр.).
27. Голоскоков С.В., Селюгин О.В., Тепляков В.Г. Рассеяние частиц высоких энергий на малые углы в динамической модели взаимодейст-

- вия адронов. ОИИИ, P2-82-827, Дубна, 1982 (7 стр.).
28. Голоскоков С.В., Тепляков В.Г. О возможном существовании спинового механизма роста полных сечений. ЯФ, 1983, т. 38, в. 5, с. 1335-1339; ОИИИ, E2-82-821, Дубна, 1982.
 29. Голоскоков С.В., Кулешов С.П., Тепляков В.Г. Рост полных сечений и ограничение на величину спиновых эффектов в высокоэнергетическом рассеянии адронов на малые углы. ЯФ, 1983, т. 38, в. 1, с. 173-179.
 30. Голоскоков С.В., Кулешов С.П., Тепляков В.Г. Роль спиновых эффектов в росте полных сечений нуклон-нуклонного рассеяния при сверхвысоких энергиях. ТМФ, 1983, т. 57, в. 1, с. 35-41.
 31. Голоскоков С.В. Спиновый механизм роста полных сечений и поляризационные явления при высоких энергиях в модели мезонной "шубы" адрона. ЯФ, 1984, т. 39, в. 4, с. 913-919; ОИИИ, E2-83-313, Дубна, 1983.
 32. Goloskokov S.V., Seljugin O.V. New Role of Spin in High Energy Hadron Scattering. (Новая роль спина в высокоэнергетическом рассеянии адронов). JINR, E2-83-448, Dubna, 1983 (6 p.).

Рукопись поступила в издательский отдел
20 декабря 1985 года.