

Г-371



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

УДК 530.145

2-85-67

**ГЕРАСИМОВ**  
Серго Борисович

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СТРУКТУРЫ АДРОНОВ  
И ФОТОРЕАКЦИЙ  
НА ОСНОВЕ СОСТАВНЫХ МОДЕЛЕЙ  
И МЕТОДА ПРАВИЛ СУММ**

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  
профессор

С.М.БИЛЕНЬКИЙ

доктор физико-математических наук  
профессор

Л.Д.СОЛОВЬЕВ

доктор физико-математических наук

В.А.ЦАРЕВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение -

Математический институт Сибирского отделения АН СССР

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1985 г.

Защита диссертации состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1985 г. на заседании специализированного Совета Д047.01.01 Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области.

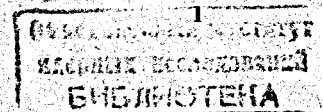
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Объединенного института ядерных исследований.

Ученый секретарь Совета  
кандидат физико-математических наук

В.И.ЖУРАВЛЕВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Электромгнитные взаимодействия и метод правил сумм (п.с.) являются весьма эффективным средством изучения сложных квантовых систем. Достаточно сказать, что именно с помощью правил сумм, полученных из дисперсионных соотношений и алгебры токов, были сформулированы такие важные понятия современной теории элементарных частиц, как приближенная масштабная инвариантность глубоко неупругих лептон-адронных взаимодействий и дуальная взаимосвязь резонансов в различных каналах амплитуд адронных взаимодействий. Правила сумм, т.е. функциональные соотношения между наблюдаемыми физическими величинами являются также основным инструментом экспериментальной проверки приближенных динамических симметрий теории. Современный этап физики элементарных частиц характеризуется тем, что в нашем распоряжении имеются отдельные блоки будущей единой теории - калибровочная теория Глэшоу-Саллама-Вайнберга электрослабых взаимодействий и калибровочная кварк-глюонная теория адронных взаимодействий - квантовая хромодинамика (КХД). Однако несмотря на известный вид фундаментального лагранжиана КХД решение многих динамических проблем теории сильных взаимодействий ("пленение" цвета и т.п.) пока отсутствует из-за сложной нелинейной динамики янг-миллсовских полей. В этих условиях неизбежным этапом развития теории является формулировка и применение приближенных полуфеноменологических подходов, опирающихся на составные динамические модели с минимальным числом составляющих кварков в адронах, или рассмотрение усредненных интегральных величин - правил сумм, которые нечувствительны ко многим тонким деталям динамики, но обеспечивают наиболее надежное определение некоторых важных параметров теории, включая свойства самих субструктурных составляющих адронов. Мощным стимулом для развития упомянутых подходов служит быстрый прогресс усовершенствованной техники и эксперимента, обусловивший открытие новых частиц (тяжелые адроны и т.д.) и возможность определения многих важных для теории структурных характеристик нестабильных частиц: магнитных моментов гиперонов, электромагнитных и слабых формфакторов пионов и кеонов, коэффициентов электромагнитной поляризуемости и т.п. Необходимо отметить также происходящие в последние годы глубокие изменения и перестройку традиционных взглядов на структуру ядра и предмет ядерной физики в связи с развитием релятивистской ядерной физики и новыми результатами по изучению "глубинной" структуры ядер. Многие идеи и методы теории элементарных частиц находят здесь свои новые применения. Релятивистское обобщение уже давно использовавшихся в теории ядерного фотоэффекта п.с. и обобщение на ядра известных соотношений из физики



частиц является существенным для более глубокого понимания роли мезонных и кварк-партонных степеней свободы атомных ядер. Таким образом, тематика обсуждаемых в диссертации вопросов отвечает запросам эксперимента, тенденциям развития теории, т.е. является актуальной.

Цель работы состоит в развитии новых подходов к теоретическому описанию электромагнитных свойств адронов и радиационных переходов на основе составных моделей и правил сумм для сечений фотопоглощения, являющихся следствием строгих результатов квантовой теории поля и достаточно общих предположений об асимптотическом поведении амплитуд при высоких энергиях.

Научная новизна и практическая ценность работы. Предложены, проверены в моделях квантовой теории поля и применены к конкретным проблемам новые правила сумм, вытекающие из безвычитательных дисперсионных соотношений и низкоэнергетических теорем для амплитуд комптоновского рассеяния, из алгебры антикоммутирующих токов на световом конусе и составных партонных моделей адронов.

Впервые предложена и подробно рассмотрена модель универсального нарушения  $SU(3)$  - симметрии в электромагнитных характеристиках мезонов и барионов из-за различия эффективных масс конститuentных  $s$ - и  $u(d)$  - кварков.

На основе гипотезы кварк-адронной дуальности и следствий PCAC на кварковом уровне предложен метод петлевых кварковых диаграмм для расчета низкоэнергетических параметров мезонной физики, не связанных с аномалиями аксиального тока.

В рамках квазипотенциального подхода предложено новое вариационное условие, определяющее экстраполяцию амплитуд за массовую оболочку. Получены точные выражения для спектра модельных двухчастичных задач с линейным, кулоновским и осцилляторным потенциалом. Предложено объединение физически привлекательных особенностей релятивистских составных моделей квазипотенциального типа и моделей типа "мешка" в рамках единого вариационного подхода.

В модели векторной доминантности рассмотрены конечно-энергетические п.с. для спектральных функций коррелятора векторных токов и сечений фоторождения адронов. Рассмотрены эффекты интерференции и смешивания  $\rho^0$ ,  $\omega$ ,  $\varphi$ -состояний в процессах фоторождения векторных мезонов при высоких энергиях.

Практическое значение диссертации состоит в том, что результаты, полученные в ней, инициировали большое число работ, направленных на коррекцию релятивистских спиновых поправок к гамильтониану электромагнитных взаимодействий слабосвязанных систем, на создание адекват-

ного аппарата в теории фотоэффекта на 3-нуклонных ядрах для "микроскопического" объяснения предсказанного на основе п.с. эффекта изотопической чистоты 3-частичного канала фоторасщепления  $^3\text{He}$ . Ряд предсказаний модели универсального нарушения  $SU(3)$  (сильное нарушение симметрии в радиационных распадах  $K^{*+}$  и  $K^{*0}$  - мезонов, электромагнитный радиус  $K^0$ -мезона) успешно прошли экспериментальную проверку, другие - еще ожидают ее.

Методы феноменологического анализа электромагнитных моментов и радиусов барионов, развитые в работе, могут быть обобщены на слабые формфакторы и использованы для анализа будущих экспериментов. Применение полученных релятивистских п.с. в ядерной физике перспективно с точки зрения выявления новых связей между динамикой фото-мезо-ядерных процессов и параметрами кварк-партонных структурных функций ядер.

Квазипотенциальная модель мешка представляет собой удобную схему для единого описания спектроскопии тяжелых и легких адронов.

Апробация работы. Основные результаты докладывались на семинарах лабораторий ОИЯИ, ФИАН им. П.Н.Лебедева, ИФВЭ, НИИЯФ МГУ, сессиях Отделения ядерной физики АН СССР. Отдельные результаты представлялись и докладывались на Международных конференциях по физике высоких энергий (Вена, 1968; Тбилиси, 1976), Международных симпозиумах по взаимодействиям лептонов и фотонов при высоких энергиях. (Ливерпуль, 1969; Бонн, 1971; ФНАЛ, Батавия, 1979), Международной конференции по физике высоких энергий и структуре ядра (Цюрих, 1977), Международных школах по физике (Доме-Коли, Финляндия, 1970; Эриче, 1981), Международных конференциях по физике электромагнитных взаимодействий и по проблемам физики высоких энергий (Дубна, 1967; Дубна, 1969; Дубна, 1981; ИФВЭ, Протвино, 1979; Сухуми, 1982; Аренсхооп, ГДР, 1982; Алушта, 1984; Смоленице, ЧССР, 1984), Рабочем совещании по программе экспериментов на УНК (ИФВЭ, Протвино, 1978).

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в работах /1-277/.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и трех приложений, содержит 128 страниц машинописного текста, 3 рисунка, 10 таблиц и список цитируемой литературы из 118 названий.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении кратко обсуждена мотивация постановки вопросов, решение которых было целью диссертации.

В первой главе диссертации приведены результаты проверки наиболее известных и широко используемых дисперсионных п.с. и правил сумм ал-

гербы токов на основе расчетов в низших порядках теории возмущений в скалярной и спинорной электродинамике и моделях мезодинамики с псевдоскалярной и скалярной связью (линейная  $\sigma$ -модель). Отмечена необходимость модификации сверхходящихся дисперсионных п.с. для  $\gamma\gamma$ - и  $\gamma\pi$ -рассеяния из-за присутствия фиксированных полюсов с  $\mathcal{J} = 0$ . Вычисления устанавливают соответствие между вкладами в правило сумм нерезонансных борновских диаграмм фоторождения пионов и нерезонансными вкладами диаграмм низшего порядка для электромагнитных вершин нуклонов. Получено правило сумм для квадрата "аномального" магнитного момента произвольной частицы со спином  $S$ :

$$4\pi^2 S \left( \frac{1}{S} \mu_0 - \frac{Q}{M} \right)^2 = \int_{\omega_{\text{пор}}}^{\infty} \frac{d\omega}{\omega} (\sigma_p(\omega) - \sigma_a(\omega)),$$

где  $\mu_0 = \mu \cdot S$  - полный магнитный момент,  $Q$  и  $M$  - заряд и масса,  $\sigma_{p(a)}(\omega)$  - сечение взаимодействия циркулярно-поляризованных фотонов со спином, параллельным (антипараллельным) спину мишени. Форма п.с. характеризует "аномальный" момент как своего рода глобальный параметр "оптической анизотропии" квантовых систем со спином.

Во второй главе §§ 1, 3 и 4 посвящены выводу и применениям релятивистских правил сумм в ядерной физике. В § 1 предложено обобщение классического п.с. Томаса-Рейхе-Куна и сформулирована теорема о компенсации высших мультиполей и поправок на запаздывание в интеграле от сечения поглощения фотонов. В релятивистской модели теории поля выполнена проверка этого п.с. Для реальных ядерных систем предложен конечно-энергетический вариант дисперсионного п.с. ТРК с учетом квазилокальных членов, которые пропорциональны следу тензора энергии-импульса заряженных бозонных полей (пионов и т.д.), входящих в "состав" ядра и нуклонов.

Влияние принципа Паули на аномальные магнитные моменты и радиусы нуклонов в ядрах (§ 3) выражается в небольшом уменьшении (на 5-10%) этих величин. Подчеркнута важность более точного экспериментального определения формы кривой резонансного возбуждения  $\Delta$ -изобары в ядрах, поскольку наблюдающееся динамическое влияние ядерной среды в виде увеличения ширины и площади под кривой сечения может обратить тенденцию изменения характеристик связанных нуклонов, т.е. приводить, например, к небольшому увеличению радиуса связанного нуклона.

П.с. Кабиббо-Радикати обобщено на случай ядерных систем и применено к анализу фоторасщепления 3-нуклонных ядер (§ 4). Сделан вывод о

том, что в трехчастичном канале фоторасщепления  $^3\text{He}$ , где возможны значения изоспина  $I=1/2$  и  $3/2$ , доминирует значение  $I=3/2$ . Оценена примесь состояния с  $I=1/2$  ( $\omega(I=1/2) \leq 0,1$ ), представляющая интерес для детальных динамических моделей этого процесса. На основе выведенных в работе п.с. для сечений фотовозбуждения нуклонных резонансов (§ 2) получены новые подтверждения дуальной связи резонансов различных каналов.

Применяя п.с. для аномального магнитного момента к лептонам, рассматриваемым как протяженные составные объекты, мы получаем (§ 5) весьма сильные ограничения на масштабы нелокальности электронов и мюонов (соответствующее значение в энергетической шкале составляет  $M \geq 10^6$  ГэВ) и константы переходов в возбужденные состояния лептонов  $e^* \leftrightarrow e + \gamma$ .

В § 1 главы 3 предложена и подробно рассмотрена модель универсального нарушения  $SU(3)$ -симметрии в электромагнитных константах мезонов и барионов, обусловленного большей величиной эффективной (динамической) массы  $s$ -кварка по сравнению с массами  $u(d)$ -кварка. Получены значения магнитных моментов, радиусов, изотопического расщепления масс, радиационных ширин векторных мезонов и барионов декуплета. Как правило, результаты находятся в неплохом, учитывая простоту модели, согласии с экспериментом. Эксперимент подтвердил давно сделанные предсказания о сильном нарушении  $SU(3)$  в распадах  $K^* \rightarrow K\gamma$ , знаке и величине э.м. радиуса  $K^0$ -мезонов.

Учет нарушения  $SU(3)$  в волновых функциях позволяет вывести правило сумм (§ 2), согласующиеся с новейшими прецизионными измерениями магнитных моментов гиперонов и получить значение магнитного момента перехода  $\mu(\Lambda\Sigma^0) = 1,73 \pm 0,04$  я.м., которое может быть проверено в планируемых точных измерениях ширины  $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda\gamma$ -распада. В § 3 предложен метод петлевых кварковых диаграмм для расчета низкоэнергетических параметров мезонной физики, не связанных с аномалиями аксиально-го тока. Электромагнитный радиус пиона

$$\langle r_\pi^2 \rangle = 3/(4\pi^2 F_\pi^2) = 0,34 \text{ фм}^2$$

меньше экспериментального значения  $0,43 \pm 0,03 \text{ фм}^2$ , однако учет поправок из-за  $m_\pi \neq 0$  и нерезонансных вкладов от пионных токов существенно улучшает ситуацию. Получены значения радиусов заряженных и нейтральных кеонов ( $\langle r_{K^0}^2 \rangle = -0,05 \text{ фм}^2$ ), структурных параметров  $K_{13}$ -распадов ( $\lambda_+ = 0,03$ ;  $\xi(0) = -0,4$ ), ширины  $\omega \rightarrow \pi^0\gamma$ -распада ( $\Gamma(\omega \rightarrow \pi^0\gamma) = 3\pi/\alpha \cdot \Gamma(\omega \rightarrow e^+e^-) = 850 \pm 85 \text{ КэВ}$ , при  $\Gamma(\omega \rightarrow e^+e^-) = 0,66 \pm 0,06 \text{ КэВ}$ ). Проанализирована зависимость величин

ны аксиальной константы в  $\pi \rightarrow e \nu \gamma$  - распаде и поляризуемости заряженного пиона от схемы насыщения спектральных правил сумм для корреляторов токов и рассмотрены соотношения между 2-фотонными ширинами псевдоскалярных, скалярных и тензорных мезонов при различных углах смешивания и значениях параметра нарушения SU(3)-симметрии ( $0,5 \leq m_a^{eff}/m_s^{eff} \leq 1$ ). Введены конечно-энергетические п.с. для спектральных функций токов и отмечены условия, при которых возможно решение с единым универсальным углом  $\omega$ - $\varphi$ -смешивания, на который указывают эксперименты по изучению  $\omega$ - $\varphi$ -интерференции в реакции  $e^+e^- \rightarrow 3\pi$ .

В главе 4 сформулирован вариант релятивистского квазипотенциального подхода с вариационным условием

$$\partial W / \partial x_i = 0,$$

фиксирующим способ выхода частиц за массовую оболочку при включении взаимодействия ( $W$  - полная энергия системы,  $x_i = \epsilon_i / W$ ,  $\epsilon_i$  - одночастичная энергия). Рассмотрены статические свойства (массы, радиусы, электромагнитные характеристики) адронов (§ 2) и отмечена качественная особенность схемы - роль "эффективных" масс кварков (в нерелятивистском подходе) теперь играют величины  $\epsilon_i$ , которые меняются для кварка данного типа от адрона к адрону, т.е. зависят от кварков-соседей.

Привлечение картины конфайнмента, характерной для моделей мешка, позволяет "доопределить" эффективный потенциал взаимодействия кварков в адронах и связать его с величинами, оцениваемыми на основе правил сумм КХД, т.е. приблизить схему к фундаментальной хромодинамике. Сформулированная в § 3 новая квазипотенциальная модель мешка была применена к вычислению спектра возбужденных состояний тяжелых ( $c\bar{c}$  и  $b\bar{b}$ ) мезонов.

В § 1 главы 5 модель векторной доминантности и аддитивная модель кварков используются для обсуждения эффектов интерференции и  $\omega$ - $\varphi$ -смешивания в фоторождении векторных мезонов при высоких энергиях. Учет этих эффектов уменьшает, но не ликвидирует расхождений в значениях констант перехода " $\varphi$ -мезон-фотон", извлекаемых из опытов по  $\varphi$ -фоторождению и из  $e^+e^-$ -аннигиляции.

Правила сумм для полных сечений фотон-нуклонного взаимодействия обсуждаются в § 2. Сопоставление экспериментальной параметризации сечений и предсказаний модели ВД в области энергий  $E_\gamma \leq 50$  ГэВ позволяет отметить возможную качественную особенность фоторождения радикальных возбуждений  $\varrho$ - и  $\omega$ -мезонов - доминантность "вакуумного" обмена по сравнению с вкладами обычных реджевских обменов. В области

наблюдаемого роста всех адронных сечений предложено феноменологическое обобщение формулы модели ВД для  $\sigma_{tot}(\gamma N)$  и получена оценка для сечения фоторождения "новых" частиц (чарм и т.д.):  $\sigma_{tot}(\gamma \rightarrow c\bar{c}, \dots) \approx 4 \pm 2$  мкбн. На этой основе в § 3 оценивается порядок величины фактора подавления возможных "цветных" компонент электромагнитного тока целозарядных кварков в амплитуды двухфотонных процессов. Малость этого фактора определяет повышенные требования к точности экспериментов, нацеленных на дискриминацию между моделями с целыми и дробными зарядами кварков.

В заключении перечисляются основные результаты работы.

#### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Разлит подход, намеченный в основополагающих работах по дисперсионным соотношениям, к построению п.с. для взаимодействия фотонов с произвольными системами (атомы, ядра, элементарные частицы) на основе строгих результатов теории поля и предположений об асимптотике амплитуд взаимодействия при высоких энергиях.

2. Предложены новые соотношения, являющиеся эффективным инструментом получения динамической информации в ядерной физике и физике элементарных частиц. В работах этого направления получены обобщения широко известных квантовомеханических правил сумм (п.с. Томаса-Рейхе-Куна, п.с. для флуктуации дипольного момента).

3. На основе идей кварк-адронной дуальности предложена релятивистская конституентная модель описания низкоэнергетических структурных параметров мезонов с помощью петлевых кварковых диаграмм и следствий условия PCAC на кварковом уровне.

4. Сформулирован вариационный подход в квазипотенциальной релятивистской модели кварков, который позволяет соединить опыт приближенного описания многочастичных аспектов динамики, накопленный в нерелятивистской теории, и релятивистское описание движения составляющих частиц. Привлечение элементов картины конфайнмента, характерной для модели мешков, позволяет связать эффективные потенциалы кваркового взаимодействия с фундаментальными параметрами непертурбативной квантовой хромодинамики.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Gerasimov S.B. On the Thomas-Reiche-Kuhn sum rule.- Phys. Lett. 1964, v. 13, No 2, p. 240-242.
2. Gerasimov S.B. Sum rules and high-energy photonuclear absorption.- Phys. Lett. 1963, v. 5, No 2, p. 259-260.
3. Герасимов С.Б. Правила сумм для фотоядерных реакций. Труды Международной конференции по электромагнитным взаимодействиям при низких и средних энергиях, Москва, АН СССР, 1967, т. 3, с. 382-396.

4. Герасимов С.Б. Правило сумм Кабиббо-Радикати и фоторасщепление трехнуклонных ядер.- Письма в ЖЭТФ, 1967, т. 5, в. II, с. 412-414.
5. Герасимов С.Б. Правило сумм для магнитных моментов и затухание магнитного момента нуклона в ядре.- ЯФ, 1965, т. 2, в. 4, с. 598-602.
6. Герасимов С.Б. Электромагнитные свойства барионов и мезонов в нерелятивистской модели кварков.- ЖЭТФ, 1966, т. 50, в. 6, с. 1559-1564.
7. Герасимов С.Б. Дисперсионное правило сумм для магнитных моментов и спиновой зависимость сечений фотопоглощения.- ЯФ, 1967, т. 5, в. 6, с. 1263-1269.
8. Герасимов С.Б. Векторная доминантность и правила сумм для сечений поглощения фотонов.- Труды международного семинара "Векторные мезоны и электромагнитные взаимодействия", ОИЯИ, 2-4816, Дубна, 1969, с. 367-385.
9. Герасимов С.Б. Векторная доминантность,  $\omega$ - $\varphi$  смешивание и подавление фоторождения  $\varphi$ -мезонов.- Письма в ЖЭТФ, т. 8, в. 4, с. 205-209.
10. Герасимов С.Б., Сердюцкий В.А. Модель векторной доминантности и правила сумм для  $\Upsilon P$ -взаимодействия при высоких энергиях.- ЯФ, 1968, т. 8, в. 3, с. 554-557.
11. Gerasimov S.B., Vector dominance and sum rules for the high-energy photon-nucleon interaction. JINR, E2-3926, Dubna, 1968, p. 3-14. (subm. to the 14-th Int. Conf. on High Energy Physics, Vienna, 1968).
12. Gerasimov S.B. Relation between spin and isospin dependence of radiative transitions  $\Upsilon + N \rightarrow N^*$ .- JINR, E2-4296, Dubna, 1969, p. 3-7 (subm. to the 1969 Int. Symp. on Electron and Photon Interactions, Liverpool, 1969).
13. Герасимов С.Б. Правила сумм для лептонных распадов  $\rho^0$ ,  $\omega$ - и  $\varphi$ -мезонов в нарушенной SU(3)-симметрии.- ОИЯИ P2-4522, Дубна, 1969, с. 3-14.
14. Герасимов С.Б. Кварк-партоновая модель нарушенной симметрии и спектральные правила сумм.- ОИЯИ, P2-9020, Дубна, 1975, с. 3-II.
15. Gerasimov S.B. On electromagnetic form factors of baryons in the broken SU(3)-symmetry.- JINR, E2-9857, Dubna, 1976, p. 3-7 (subm. to the 18-th Int. Conf. on High Energy Physics, Tbilisi, 1976).
16. Gerasimov S.B. Effects of the SU(3)-breaking in masses and electromagnetic decays of vector mesons.- in: Proc. of the 18-th Int. Conf. on High Energy Physics, Tbilisi, July 1976, D1,2-10400, Dubna, 1977, p. A7-10+A7-22.

17. Gerasimov S.B., Moulin J. On sum rules for the photon-lepton interaction cross sections.- JINR, E2-6722, Dubna, 1972, p. 3-12. (subm. to Int. Seminar on the  $\mu$ -e problem, Moscow, 1972).
18. Gerasimov S.B. Selected topics in the theory of electromagnetic interactions.- Proceedings of the 1970 CERN-JINR school of physics, CERN 71-7, 1971, p. 181-283.
19. Gerasimov S.B., Moulin J. Tests of sum rules for total cross sections in quantum electrodynamics and mesodynamics.- Nucl. Phys., 1975, v. B98, p. 349-364.
20. Герасимов С.Б., Мулен Ж., Проверка правил сумм для сечений взаимодействия фотонов в квантовой электродинамике и мезодинамике.- ЯФ, 1976, т. 23, в. I, с. 142-153.
21. Gerasimov S.B., Moulin J. Sum rules from light-cone current anticommutators.- JINR, E2-7247, Dubna, 1973, p. 3-16. (subm. to the 1973 Int. symp. on Electron and Photon Int. at High Energies, Bonn, Aug. 27-31, 1973).
22. Gerasimov S.B. Effective interactions of quarks and static properties of hadrons.- in: Prog. Part. Nucl. Phys. vol. 8, Pergamon Press, 1981, p. 207-223.
23. Герасимов С.Б. Структурные константы мезонов в модели кварковых диаграмм.- ЯФ, 1979, т. 29, в. 2, с. 513-521; ОИЯИ E2-II693, Дубна, 1978, с. 3-18; (доклад на Межд. симп. по взаимодействиям лептонов и фотонов при высоких энергиях, ФНАЛ, Батавия, 1979).
24. Gerasimov S.B. On the axial-vector structure constant in the radiative decay of the charged pion.- JINR, E2-11094, Dubna, 1977, p. 3-6. (subm. to the 7-th Int. Conf. on PANIC, Zürich, 1977).
25. Герасимов С.Б. Эффективные взаимодействия кварков и статические свойства адронов, в кн. Мультикварковые взаимодействия и квантовая хромодинамика, Д1,2-81-728, Дубна, 1981, с. 51-62.
26. Герасимов С.Б. Вариационный подход к описанию статических свойств адронов в релятивистской модели кварков, в кн. Кварки-82, Институт ядерных исследований АН СССР, Москва, 1983 г., с. 314-318.
27. Gerasimov S.B. Variational approach to description of static properties of composite relativistic systems, in Special Topics in Gauge Field Theory, Proc. of the 16-th Int. Symp. Ahrenshoop, PHE-82-10, Berlin-Zeuthen, DDR, p. 31-39.

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 января 1985 года.