

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

П - 147

**4-82-854**

**ПАЛЬЧИК**

**Владимир Владимирович**

**САМОСОГЛАСОВАННОЕ ОПИСАНИЕ  
КОЛЛЕКТИВНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ В ЯДРАХ**

**Специальность: 01.04.16 - физика атомного ядра  
и элементарных частиц**

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

Дубна 1982

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель:

доктор физико-математических наук  
старший научный сотрудник

Н.И.Пятов

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук  
профессор

Д.П.Гречухин

кандидат физико-математических наук  
старший научный сотрудник

В.И.Фурман

Ведущее научно-исследовательское учреждение:  
Физико-энергетический институт, Обнинск.

Защита диссертации состоится "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 198\_\_ года  
на заседании Специализированного ученого совета К 047.01.01  
Лаборатории теоретической физики Объединенного института ядерных  
исследований, г.Дубна, Московской области.

Автореферат разослан "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 198\_\_ года

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета  
кандидат физико-математических наук

В.И.Журавлев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В современных микроскопических подходах ядро рассматривается как система частиц в самосогласованном поле, образованном их взаимодействиями. После выделения самосогласованного поля частицы (квазичастицы) взаимодействуют посредством эффективных сил, существенно отличающихся от взаимодействия свободных нуклонов. Самосогласованное поле (и соответствующее ему основное состояние системы) характеризуется рядом спонтанно нарушенных симметрий, таких как трансляционная, изотопическая (в ядрах с  $N \neq Z$  в отсутствие электромагнитных сил), ротационная (в несферических ядрах). Эффективные взаимодействия восстанавливают спонтанно нарушенные симметрии и, следовательно, должны быть связаны с самосогласованным полем условиями согласования.

В практических микроскопических расчетах самосогласованное поле обычно аппроксимируют феноменологическим статическим оболочечным потенциалом, а эффективные взаимодействия выбирают из соображений простоты расчета и параметризуют независимо. В результате нарушаются условия согласования (законы сохранения), возникает "духовые" состояния в системе, смешанные с физическими возбуждениями.

Важность самосогласования в задачах ядерной физики была осознана в последнее десятилетие, и в настоящее время все большее распространение получают самосогласованные подходы. Помимо автоматического отделения "духовых" состояний, согласование позволяет ограничить произвол в выборе эффективных взаимодействий, уменьшить число параметров теории. В свою очередь, сравнение расчетов в самосогласованных подходах с экспериментальными данными позволяет делать выводы об адекватности тех или иных рассматриваемых взаимодействий физической природе возбуждений. В несамосогласованных подходах постановка такого вопроса зачастую лишена смысла, поскольку взаимодействия параметризуются из сравнения расчетов с экспериментальными данными. Учет условий согласования является естественным качественным развитием оболочечной модели, повышающим надежность теоретических предсказаний. Этим и определяется актуальность рассматриваемой проблемы.

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Основные цели работы можно сформулировать следующим образом.

1. Построение простой самосогласованной модели с эффективными взаимодействиями, формфакторы и силовые параметры которых определяются по заданному оболочечному потенциалу условиями согласования, вытекающими из требования восстановления нарушенной симметрии гамильтониана. Модель использует единственное структурное предположение о сепарабельности искомых сил.

2. Выяснение возможностей самосогласованного подхода в описании коллективных возбуждений в сферических и деформированных ядрах.

Научная новизна и практическая ценность. В диссертации построена самосогласованная модель с сепарабельными взаимодействиями, радиальные формфакторы которых согласованы с формой потенциала. В рамках этой модели в приближении метода случайной фазы впервые получены уравнения для расчета свойств коллективных возбуждений положительной четности в четно-четных аксиально-симметричных ядрах. При этом естественным образом учтено несохранение колебательного момента, что приводит к смешиванию различных мультипольностей в уравнениях для вибрационных состояний.

Вычислены характеристики  $\beta$ - и  $\gamma$ -колебаний в деформированных ядрах. Впервые показано, что при учете только монопольного спаривания и простых сепарабельных сил, согласованных с потенциалом, теория предсказывает более высокие энергии  $\beta$ - и  $\gamma$ -колебаний по сравнению с экспериментальными данными. Для согласования с экспериментом требуется увеличение квадрупольной константы примерно на 20%. Делается вывод о более сложной физической природе низколежащих возбуждений в деформированных ядрах по сравнению с модельными представлениями. В частности, указано на важность учета квадрупольного спаривания, а также взаимодействий другой симметрии (спиновых, спин-орбитальных и т.д.).

Проведенное исследование низколежащих возбуждений деформированных ядер в простой самосогласованной модели стимулирует развитие качественно новой модели с несепарабельными и зависящими от плотности взаимодействиями и с учетом самосогласования в каналах частица-дырка и частица-частица (для парных сил), которые будут лучше соответствовать физической природе возбуждений.

В сферических ядрах с заполненными оболочками впервые построена самосогласованная модель с сепарабельными силами и точным учетом одночастичного континуума для описания возбуждений различных мультипольностей (с натуральной четностью) в дискретном и непрерывном спектрах. Впервые проведены расчеты для всех дискретных  $E_L$  - возбуждений типа частица-дырка в  $^{208}\text{Pb}$  вплоть до порога сепарации нейтрона

и даны оценки их вклада в энергетически взвешенные правила сумм для  $E_L$  - переходов. Изучены силовые функции  $E_L$  - переходов ( $L \leq 4$ ) в сплошном спектре для ядер  $^{16}\text{O}$ ,  $^{48}\text{Ca}$  и  $^{208}\text{Pb}$ , проанализирована их резонансная структура и зависимость от изотопического спина.

На основании расчетов спектра  $^{208}\text{Pb}$  сделан вывод, что в ядрах с замкнутыми оболочками простая самосогласованная модель, правильно описывающая физику поверхностных колебаний ядер, дает результаты, хорошо согласующиеся как с экспериментальными данными, так и с результатами расчетов с использованием более сложных эффективных взаимодействий. Самосогласование, помимо уменьшения числа параметров теории, повышает надежность теоретических предсказаний, что важно при проведении экспериментальных исследований и интерпретации их результатов.

На примере ядра  $^{40}\text{Ca}$  впервые качественно изучено распределение сил частично-дырочных переходов высокой мультипольности ( $5 \leq L \leq 14$ ) в спектрах возбуждений и показана сильная зависимость распределений от вида внешнего поля, действующего на ядро. Такое рассмотрение позволяет делать выводы о возможности наблюдения структур в энергетических спектрах в реакциях типа  $^{40}\text{Ca} + ^{40}\text{Ca}$  и их интерпретации.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на научных семинарах Лаборатории теоретической физики и Лаборатории вычислительной техники и автоматизации в ОИЯИ, а также представлялись на XXX и XXXI совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра (Ленинград, 1980; Самарканд, 1981), на Международном симпозиуме по высоковозбужденным состояниям в ядерных реакциях (Осака, Япония, 1980).

Публикации. По результатам диссертации опубликовано одиннадцать работ.

Объем работы. Диссертация состоит из трех глав и заключения. Содержит 140 страниц, 23 рисунка и II таблиц. В списке литературы 127 наименований.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой, вводной главе содержится краткий обзор ядерных моделей, используемых для описания свойств атомных ядер. Показано, что проблема построения эффективных взаимодействий непосредственно связана со спонтанным нарушением некоторых симметрий ядерной системы. Формулируется условие согласования, определяющее эффективные взаимодействия через вариационную производную от среднего поля по ядерной плотности, и демонстрируются различные пути его реализации. Обсуждается проблема полноты базиса, возникающая при описании коллективных состояний. Кратко изложено содержание диссертации.

Во второй главе развита модель для описания коллективных возбуждений в деформированных четно-четных ядрах. Сепарабельные взаимодействия построены на основе заданного феноменологического оболочечного потенциала с помощью принципа ротационной инвариантности. Константы вычисляются путем согласования взаимодействий с потенциалом. В методе случайной фазы получены уравнения для коллективных возбуждений, с помощью которых вычислены характеристики  $\beta$ - и  $\gamma$ -колебаний в ряде ядер редкоземельной области.

В § 2.2 для заданных аксиально-симметричных изоскалярного и изовекторного потенциалов, которые разлагаются по мультиполям

$$U(r, \beta, \theta) = -v_0 \sum_{L=0,2,4,\dots} f_L(r, \beta) Y_{LO}(\theta) \quad (1)$$

( $v_0$  - глубина потенциальной ямы,  $\beta$  - параметр статической деформации,  $f_L$  - радиальные формфакторы,  $Y_{LO}$  - сферические гармоники), строятся изоскалярные и изовекторные эффективные силы вида

$$h = \frac{v_0}{2} \sum_{L=2,4,\dots} \chi_L \sum_M \left\{ F_{LM} - \chi_L^{-1} \delta_{M,0} \right\}^+ \left\{ F_{LM} - \chi_L^{-1} \delta_{M,0} \right\}, \quad (2)$$

$$F_{LM} = \sum_{k=1} f_L(r_k, \beta) Y_{LM}(\theta_k, \varphi_k). \quad (3)$$

Нетрудно видеть, что эти силы точно восстанавливают ротационную инвариантность полного гамильтониана. Силовые параметры определяются согласованием по Хартри

$$1/\chi_L = \langle 0 | F_{LO} | 0 \rangle, \quad (4)$$

где  $|0\rangle$  - основное состояние невзаимодействующих частиц. Построенные таким образом эффективные силы содержат только четные компоненты колебательного момента  $L=2,4,\dots$ . Заметим, что лишь в случае осцилляторного потенциала типа Нильсона эффективные силы совпадают с обычными квадрупольными силами с радиальными формфакторами  $r^2$ . Для конечных же потенциалов эффективные силы имеют поверхностный характер, т.к.  $f_L(r, \beta)$  существенно отличны от нуля только на поверхности ядра.

В § 2.3 с полученными взаимодействиями в методе случайной фазы с учетом монополярного спаривания решаются уравнения для однофононных вибрационных состояний, характеризующихся квантовым числом  $k$  - проекцией углового момента ядра на ось симметрии. При этом квантовое число колебательного момента  $L$  не сохраняется, т.е. одновременно все мультипольности участвуют в формировании вибрационных состояний. Для состояний с  $k^\pi = 1^+$  и  $0^+$  явно выделяются "духовые" решения  $\omega=0$ , соответствующие при  $k^\pi = 1^+$  вращению ядра как целого и при  $k^\pi = 0^+$  - парным вращениям.

В § 2.4 вычисляются приведенные вероятности  $E_L$  - переходов с основного на возбужденные однофононные состояния.

В § 2.5 в приближении метода случайной фазы рассчитаны модельные правила сумм с различным энергетическим весом для  $E_L$  - переходов с полным, одночастичным и парным гамильтонианами.

В § 2.6 с использованием потенциала Вудса-Саксона проведены следующие численные расчеты для ядер  $^{152}\text{Sm}$ ,  $^{158}\text{Dy}$  и  $^{174}\text{Hf}$ .

а) Изучена зависимость квадрупольных моментов, моментов инерции и гиромагнитных отношений от деформации. Показано, что при использовании достаточно полного одночастичного базиса вычисленные значения  $Q_0$ ,  $J$  и  $g_R$  хорошо согласуются с экспериментальными данными.

б) Сравнением модельных парциальных энергетически взвешенных правил сумм  $E_2$  - переходов при  $\Delta K = 0, 1$  и  $2$  с классическими проверялась полнота используемого одночастичного базиса при различных деформациях и показано, что вплоть до значений  $\beta \sim 0,3$  их различие не превышает 10-15%.

в) Вычислены константы квадрупольных и гексадекапольных изоскалярных и изовекторных сил, изучена их зависимость от деформации и параметров парных корреляций. Показано, что константы являются плавными функциями деформации и слабо меняются при вариации параметров парных корреляций.

г) Вычислены энергии  $\beta$ - и  $\gamma$ -колебательных состояний как функции деформации и параметров парных корреляций. Расчеты показали немонотонную зависимость энергий от деформации и заметное отличие их значений от экспериментальных данных (согласия с экспериментом можно достичь увеличением констант приблизительно на 20%). Это свидетельствует о том, что кроме монополярного спаривания в канале частица-частица и мультипольных сил в канале частица-дырка необходимо учитывать и другие взаимодействия, в первую очередь квадрупольное спаривание.

д) Рассчитаны приведенные вероятности  $E_2$  и  $E_0$  переходов, причем их значения существенно отличаются от вычисленных в традиционной модели с квадрупольными силами, что связано в основном с различием радиальных формфакторов сил. Сравнение вероятностей переходов с экспериментальными данными показывает, что с имеющейся полнотой одночастичного базиса нет необходимости во введении дополнительных параметров типа эффективных зарядов.

В Приложении I к главе показано, что в предельном переходе от деформированных к сферическим ядрам эффективные взаимодействия не исчезают, а вся зависимость от деформации полностью сокращается.

В Приложении 2 получены выражения для матричных элементов  $(f_{L\mu}^{L\mu})_{\nu\nu'}$ , входящих в операторы (3) эффективных взаимодействий (2).

Третья глава посвящена самосогласованному описанию коллективных возбуждений в сферических ядрах с заполненными оболочками. Сепарабельные эффективные взаимодействия строятся на основе оболочечного потенциала с помощью условия согласования, вытекающего из требования трансляционной инвариантности. Расчеты проведены в координатном представлении с точным учетом одночастичного континуума.

В § 3.2 для заданного сферически-симметричного оболочечного потенциала, содержащего изоскалярное  $u_0$ , изовекторное  $u_1$  и кулоновское  $u_c$  слагаемые в предположении о пропорциональности коллективной амплитуды градиенту самосогласованного поля (это условие является точным следствием спонтанного нарушения трансляционной инвариантности) строятся соответствующие компоненты эффективных сил

$$h_k(\vec{r}, \vec{r}') = \sum_L \chi_L^{(k)} f_L^k(r) f_L^k(r') \sum_M Y_{LM}^*(\vec{n}) Y_{LM}(\vec{n}') \quad (5)$$

где индекс  $k$  принимает значения 0, 1, с. Радиальные формфакторы и силовые константы при этом имеют вид

$$f_L^k(r) = \partial u_k / \partial r, \quad k=0, 1, \quad (6)$$

$$f_L^c(r) = - \frac{3e^2(z-1)}{(2L+1)R_c^2} \begin{cases} (r/R_c)^L, & r \leq R_c \\ (R_c/r)^{L+1}, & r > R_c \end{cases} \quad (7)$$

$$(\chi_L^{(k)})^{-1} = \int f_L^k(r) \frac{\partial \rho^{(k)}}{\partial r} r^2 dr, \quad k=0, 1, c. \quad (8)$$

Через  $\rho^{(k)}$  здесь обозначили следующие комбинации нейтронной и протонной плотностей:

$$\rho^{(0)} = \rho_n + \rho_p, \quad \rho^{(1)} = \rho_n - \rho_p, \quad \rho^{(c)} = \rho_p \quad (9)$$

Вид  $f_L^c$  в (7) соответствует кулоновскому потенциалу однородно заряженной сферы радиуса  $R_c$ .

В § 3.3 в методе теории конечных ферми-систем получены уравнения для спектра дискретных частично-дырочных возбуждений мультипольности  $L$ . Переход в координатное представление позволил точно учесть одночастичный непрерывный спектр, что существенно повышает надежность результатов для возбуждений с мультипольностью  $L \gg 3$ .

В § 3.4 изложены результаты расчетов всех дискретных состояний частично-дырочного типа с натуральной четностью и моментами  $2 \leq L \leq 12$  в ядре  $^{208}\text{Pb}$  вплоть до порога эмиссии нейтронов. Вычислены энергии состояний, их приведенные вероятности переходов, зарядовые переходные

плотности, переходные радиусы и формфакторы неупругого рассеяния электронов. Показано, что для нижайших по энергии состояний полученные результаты хорошо согласуются как с расчетами в других подходах (в том числе с использованием несепарабельных сил), так и с экспериментальными данными. Это свидетельствует о правильном отражении в нашей модели поверхностного характера рассмотренных возбуждений, особенно для состояний с моментом  $L \geq 3$ , в которых постепенно "вымирают" объемные компоненты в переходных плотностях. Вычислены вклады всех дискретных уровней в энергетически взвешенные правила сумм и показано, что они резко уменьшаются с ростом мультипольности ( $L \geq 3$ ). Сделан вывод о том, что доминирующий вклад в правила сумм дают частично-дырочные переходы в сплошном спектре, особенно для мультипольности  $L > 4$ .

В § 3.5 изложен метод расчета силовых функций для исследования возбуждений в сплошном спектре, с помощью которых в § 3.6 вычислены различные распределения частично-дырочных переходов в ядрах  $^{208}\text{Pb}$ ,  $^{48}\text{Ca}$  и  $^{16}\text{O}$  в интервале энергий от нуля до 60 МэВ. Определено положение максимумов резонансов, их escape-ширины и зарядовые переходные плотности, изучена изотопическая структура распределений. Проведено сравнение расчетов с экспериментальными данными. В частности, показано, что в  $^{208}\text{Pb}$  в области квадрупольного резонанса сосредоточены заметные доли сил переходов с  $L=4$  и 6, что важно учитывать при обработке экспериментальных данных по неупругому рассеянию электронов, протонов и т.д. Детально проанализированы характеристики резонансов других мультипольностей и сделан вывод о том, что для всех наблюдаемых гигантских резонансов переходные плотности имеют поверхностный характер, причем с ростом  $L$  объемные компоненты быстро уменьшаются. Показано, что в целом теория качественно правильно описывает наблюдаемые свойства возбуждений сплошного спектра как в легких, так и в тяжелых ядрах.

В § 3.7 в модели невзаимодействующих частиц рассмотрены распределения силы частично-дырочных переходов в  $^{40}\text{Ca}$ , возбуждаемых полями с различной радиальной зависимостью при высоких мультипольностях  $L > A^{1/3}$ . Показано, что для мультипольных операторов  $j_L(qr) Y_{LM}$  ( $q \leq 1 \text{ fm}^{-1}$ ) эти распределения имеют максимум при одной и той же сравнительно низкой энергии, равной приблизительно двойной энергии сепарации нуклонов, а их ширины пропорциональны  $L^{-1/2}$ , т.е. сужаются с ростом  $L$ . Следовательно, уменьшается энергетический интервал, на котором набираются правила сумм. Для полей поверхностного типа  $\partial u / \partial r Y_{LM}$  средняя энергия возбуждения пропорциональна  $L^2$ , а распределения становятся широкими (ширина растет, как  $L^{4/3}$ ).

Рассмотренные структуры распределений качественно сопоставляются структурам, обнаруженным в реакции  $^{40}\text{Ca} + ^{40}\text{Ca}$ . Сделан вывод о том, что наблюдаемые при этом структуры в спектрах возбуждений могут быть связаны с частично-дырочными степенями свободы только до энергий  $\omega \lesssim 2 \varepsilon_F$  ( $\varepsilon_F$  - энергия Ферми) и для значений  $L \lesssim 2A^{1/3}$ . Однако для полей поверхностного типа частично-дырочные переходы могут давать заметный вклад в сечения и при более высоких энергиях.

В Заключении приведены основные результаты диссертации, представляемые на защиту.

1. Для описания свойств коллективных возбуждений в сферических и деформированных ядрах предложена самосогласованная модель с простыми сепарабельными эффективными взаимодействиями, радиальные формфакторы которых согласованы с потенциалом. Условия согласования вытекают из требования восстановления нарушенной симметрии одночастичного гамильтониана, что накладывает ограничения на выбор силовых констант и позволяет корректно отделить "духовые" состояния.

2. В приближении метода случайной фазы получены уравнения для расчета свойств коллективных возбуждений положительной четности в четно-четных аксиально-симметричных ядрах. При этом естественным образом учтено несохранение колебательного момента  $L$ , вследствие чего происходит смешивание различных мультипольностей в уравнениях для вибрационных состояний.

3. В рамках самосогласованного подхода с монополярным спариванием и сепарабельными эффективными силами рассчитаны характеристики нижайших коллективных возбуждений для ряда типичных ядер редкоземельной области. Вычисленные энергии низколежащих коллективных возбуждений оказываются систематически выше экспериментальных. Это свидетельствует о том, что природа этих состояний более сложная, чем предполагается в простом модельном представлении. Согласие с экспериментальными данными можно получить перенормировкой изоскалярной квадрупольной константы приблизительно на 20% (т.е. провести параметризацию констант, как в несамосогласованных моделях). При этом в нашей модели вычисленные вероятности переходов существенно отличаются от вычисленных в традиционной модели с парными и квадрупольными силами, что в основном является следствием различия радиальных формфакторов эффективных сил в этих моделях. Однако простую подгонку констант для получения согласия с экспериментом нельзя признать удовлетворительным решением проблемы, поскольку она только маскирует (как и в любых несамосогласованных подходах) недостатки теории. Делается вывод о необходимости дальнейшего качественного развития модели, в частности, путем учета самосогласованного спаривания (в

первую очередь квадрупольного), а также других взаимодействий в канале частица-дырка.

4. В сферических ядрах с заполненными оболочками предложена самосогласованная модель с сепарабельными эффективными взаимодействиями, построенными на основе оболочечного потенциала с помощью условия согласования, вытекающего из требования трансляционной инвариантности. Все уравнения теории сформулированы в координатном представлении, что позволило точно учесть одночастичный континуум, дало возможность исследовать свойства резонансных состояний выше порога сепарации нуклонов и оценить их ширины, связанные с вылетом нуклона в сплошной спектр.

5. На основе самосогласованной модели проведены расчеты для всех дискретных возбуждений натуральной четности частично-дырочного типа с  $2 \leq L \leq 12$  в ядре  $^{208}\text{Pb}$  и оценен их вклад в энергетически взвешенные правила сумм для  $E_L$ -переходов. Показано, что с ростом мультипольности ( $L \geq 3$ ) этот вклад резко уменьшается, что приводит к увеличению доли резонансных состояний сплошного спектра в этих правилах сумм. Изучено распределение силы частично-дырочных  $E_L$ -переходов ( $L \leq 4$ ) в континууме для ядер  $^{16}\text{O}$ ,  $^{48}\text{Ca}$  и  $^{208}\text{Pb}$ , исследована их резонансная структура и зависимость от изотопического спина.

Численные расчеты в легких и тяжелых ядрах с заполненными оболочками показали хорошее согласие полученных результатов с имеющимися экспериментальными данными в широкой области энергетического спектра для различных мультипольностей. Это подтверждает заложенное в модели предположение о простой поверхностной природе большей части коллективных возбуждений. Полученная степень согласия с экспериментом ничуть не хуже, чем в подходах с более сложными несепарабельными взаимодействиями. При этом простота модели позволяет проводить вычисления с меньшими затратами машинного времени.

6. На примере ядра  $^{40}\text{Ca}$  показано, что характер распределения силы частично-дырочных  $E_L$ -переходов в сплошном спектре при высоких мультипольностях ( $5 \leq L \leq 14$ ) существенно зависит от вида внешнего поля, действующего на ядро. Так, для внешних полей  $j_L(qr)Y_{LM}$  ( $q \lesssim 1 \text{ Фм}^{-1}$ ) распределения имеют максимум при одной и той же сравнительно низкой энергии возбуждения, примерно равной удвоенной энергии сепарации нуклона, а их ширины сужаются с ростом  $L$ . Для внешних полей поверхностного типа  $\partial u / \partial r Y_{LM}$  средняя энергия возбуждения пропорциональна  $L^2$ , а ширина распределения растет как  $L^{4/3}$ . Качественное рассмотрение распределения сил  $E_L$ -переходов при высоких мультипольностях позволяет оценить возможности наблюдения структур в энергетических спектрах в реакциях с тяжелыми ионами типа  $^{40}\text{Ca} + ^{40}\text{Ca}$ .

Результаты диссертации опубликованы в работах:

- I. В.В.Пальчик, Н.И.Пятов. Самосогласованная модель квадрупольных возбуждений в деформированных ядрах. Препринт ОИЯИ, Р4-12892, Дубна, 1979; ЯФ, 32, 924-931, 1980.
2. В.В.Пальчик, Н.И.Пятов, М.И.Базнат. Самосогласованная теория квадрупольных возбуждений в деформированных ядрах. В сб.: Микроскопические расчеты структуры ядра и ядерных реакций, с.84-99. "Штиинца", Кишинев, 1980.
3. В.В.Пальчик, Н.И.Пятов. Самосогласованные расчеты  $\beta$ - и  $\gamma$ -колебаний в деформированных ядрах. Препринт ОИЯИ, Р4-80-310, Дубна, 1980; ЯФ, 33, 637-644, 1981.
4. В.В.Пальчик, Н.И.Пятов. Самосогласованный расчет квадрупольных возбуждений в деформированных ядрах. Тезисы докл. 30 Совещания по ядерной спектр. и структуре ат.ядра, с.165. "Наука", Л., 1980.
5. В.В.Пальчик, Н.И.Пятов, С.А.Фаянс. Самосогласованный расчет спектра  $^{208}\text{Pb}$ . Препринт ОИЯИ, Р4-80-848, Дубна, 1980; ЯФ, 34, 903-913, 1981.
6. В.В.Пальчик, Н.И.Пятов, С.А.Фаянс. О мультипольных электрических резонансах в  $^{208}\text{Pb}$ . Препринт ОИЯИ, Р4-81-475, Дубна, 1981; ЯФ, 35, 1374-1379, 1982.
7. S.A. Fayans, V.V. Palichik, N.I. Pyatov. Strength function for quadrupole and octupole excitations in continuum. Int. Symp. on Highly Excited States in Nucl. Reactions, p. 28. RCNP, Osaka, Japan, 1980.
8. В.В.Пальчик. Силовые функции  $E_L$ -возбуждений в ядре  $^{16}\text{O}$ . Сообщение ОИЯИ, Р4-82-257, Дубна, 1982.
9. В.В.Пальчик, Н.И.Пятов, С.А.Фаянс. Ядерные возбуждения с высокой мультипольностью в континууме. Препринт ОИЯИ, Р4-82-85, Дубна, 1982.  
S.A. Fayans, V.V. Palichik, N.I. Pyatov. High Multipolarity Nuclear Excitations in the Continuum. Z. Physik, A308, 145-148; 1982.
10. В.В.Пальчик, Н.И.Пятов, С.А.Фаянс. Самосогласованный расчет спектра  $^{208}\text{Pb}$ . Тезисы докл. 31 Совещания по ядерной спектр. и структуре ат.ядра, с.220. "Наука", Л., 1981.
- II. В.В.Пальчик, Н.И.Пятов, С.А.Фаянс. Изоскалярные  $E_L$ -резонансы в  $^{208}\text{Pb}$ . Тезисы докл. 31 Совещания по ядерной спектр. и структуре ат.ядра, с.237. "Наука", Л., 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел  
13 декабря 1982 года.