

M-801



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

6-92-420

МОРОЗОВ
Владимир Александрович

УДК 539.1.074+539.163

**ЯДЕРНО-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ ЯДЕР.
ВЛИЯНИЕ ОБОЛОЧЕЧНОЙ СТРУКТУРЫ
НА ЯДЕРНЫЕ СВОЙСТВА НУКЛИДОВ**

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

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

Дубна 1992

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединённого института ядерных исследований.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, А.В. Давыдов

доктор физико-математических наук, Ф.А. Гареев

доктор физико-математических наук, Д.Н. Новиков

Ведущее научно-исследовательское учреждение:
НИИЯФ Московского государственного университета.

Защита диссертации состоится "___" _____ 1992 года
в "___" _____ часов на заседании Специализированного совета
Д-047.01.03 при Лаборатории ядерных проблем Объединённого
института ядерных исследований, г. Дубна Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "___" _____ 1992 г.

Учёный секретарь
Специализированного совета

Д.А. Батусов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Результаты исследований, которые представлены в данной диссертации, получены автором в течение 1967-1992 гг. в рамках программы по изучению свойств нейтронодефицитных ядер, осуществляемой в Отделе ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем Объединённого института ядерных исследований.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Ядерно-спектроскопические исследования, проведённые на большом числе изотопов или изотонов ядер, относящихся к различным областям массовых чисел, позволяют устанавливать новые закономерности в изменении ядерных свойств, связанных с заполнением оболочек в ядре и с изменением формы ядра. Последовательное сравнение экспериментальных ядерных данных относительно энергий и квантовых характеристик возбуждённых состояний ядер, приведённых вероятностей электромагнитных переходов, типа мультипольностей переходов и параметров смешивания мультиполей в них и т.д. с теоретическими расчётами позволяют проверить адекватность определённых модельных теоретических представлений о строении ядра, уточнить параметры ядерных моделей и на основе установленных закономерностей прогнозировать изменение определённых ядерных свойств.

Конечной целью ядерно-спектроскопических исследований является не только определение ядерных характеристик нуклидов и уточнение известных данных, но и установление новых ядерных свойств, позволяющих проникать в суть ядерно-физических явлений. В этом смысле актуальность изучения и расширения предмета исследований ядерных свойств на большом числе атомных ядер является непреходящей.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Экспериментальное изучение приведённых вероятностей электромагнитных переходов, установление параметров смеси мультиполей в переходах и квантовых характеристик возбуждённых состояний ядер, уточнение схем распада радиоактивных нуклидов и идентификация новых изотопов.
2. Последовательное сравнение полученных экспериментальных данных с теоретическими расчётами в рамках соответствующих моделей такого типа ядерных явлений как $\{$ -запрещённые магнитные дипольные переходы, установление влияния замыкания оболочек на энергии возбуждённых состояний ядер, на приведённые вероятности электромагнитных переходов и параметры смеси мультиполей, а также установление влияния различного рода взаимодействий (спаривания, Кориолиса, $\Delta N=2$, фононных) на энергии, структуру состояний и приведённые вероятности переходов в нечётных деформированных ядрах.
3. Создание комплекса аппаратуры, включающего временные спектрометры для изучения времён жизни возбуждённых состояний ядер, и спектрометры для изучения γ - γ угловых корреляций для решения вышеперечисленных задач. Проведение детального изучения временных характеристик полупроводниковых детекторов коаксиального и планарного типа.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА.

1. Впервые в стране создан магнитно-линзовый β -спектрометр с треугольной формой магнитного поля, превосходящий по некоторым своим параметрам зарубежные прототипы. Его основные характеристики: разрешение по импульсу - $\Delta V_p/V_p = (0,4 - 2,4)\%$ при светосиле $T = (0,6 - 4,8)\%$, соответственно. Временной спектрометр задержанных совпадений на базе данного спектрометра позволяет получить

временное разрешение 0,4нс. Впервые применённая в спектрометрах задержанных совпадений при измерениях времён жизни уровней система контроля аппаратурной нестабильности на базе полупроводниковых световых диодов позволяет производить измерения времён жизни уровней методом задержанных совпадений в пикосекундном диапазоне вплоть до 10^{-11} с.

2. Впервые проведены измерения наносекундных времён жизни уровней $T_{1/2} = 8,85(31)$ нс в ^{172}Uy и $T_{1/2} = 10,21(35)$ нс в ^{181}Ta методом однокристалльной временной спектрометрии и показана применимость этого метода для эффективного поиска изомерных состояний в наносекундной и субмикросекундной области при изучении распада короткоживущих нуклидов. Предложен, создан и зарегистрирован как изобретение временной спектрометр, позволяющий осуществлять двухмерный режим E_γ -T совпадений на базе однокристалльного сцинтилляционного временного спектрометра.

3. Проведено детальное изучение временных свойств полупроводниковых Ge(Li) и HPGe детекторов планарного и коаксиального типа. Обнаружены аномальные отклонения центров тяжести кривых мгновенных совпадений, которые необходимо учитывать при анализе результатов по измерению времён жизни уровней.

4. Впервые определены времена жизни ряда возбуждённых состояний в следующих ядрах $^{132,133,135}\text{La}$, $^{135,137,139}\text{Ce}$, $^{137,135}\text{Pr}$, ^{141}Pm , $^{149,151}\text{Gd}$, $^{163,165}\text{Er}$, ^{184}Os , в результате чего было получено большое число данных о приведённых вероятностях переходов в том числе о $\{$ -запрещённых M1 переходах, переходах между конфигурационными и ротационными состояниями, а также между одноквазичастичными состояниями. Определены также предельные значения времён жизни некоторых уровней в ^{152}Gd , ^{171}Uy и ^{165}Er .

5. Изучены угловые γ - γ корреляции при распаде ^{135}Ce , ^{139}Nd , $^{149,151}\text{Tb}$, ^{185}Tm , в результате чего установлены квантовые

характеристики ряда основных и возбужденных состояний в дочерних ядрах, а также параметры смеси мультиполей.

6. Открыт новый короткоживущий нейтронодефицитный изотоп празеодима- ^{133}Pr с $T_{1/2} = 7$ мин.

7. Уточнена схема распада ^{165}Tm и установлена природа и спин состояния $589,9$ кэВ - $1^{\pi} = 1/2^{-}$. Для $^{163}, ^{165}\text{Er}$ установлены параметры деформации ряда состояний, проведены расчеты структуры основных и возбужденных состояний и приведенных вероятностей переходов на основе моделей, включающих спаривательное, кориолисово, $\Delta N=2$ и квазичастично-фононное взаимодействие.

8. Определен квадрупольный момент основного состояния ^{184}Os .

9. Проведена систематика ξ -запрещенных M1-переходов, показана определяющая роль спин-орбитального взаимодействия в снятии ξ -запрета для тех ядер, где существенно спаривательное взаимодействие.

10. Проанализировано влияние замыкания оболочек на свойства возбужденных состояний ядер. Предложен метод дифференцирования энергетической поверхности уровней определенной природы для обнаружения замыкания оболочек, подоболочек и квазиоболочек в ядрах различной формы. Продемонстрирована выделенность нейтронного числа $N=64$, позволяющая считать его по некоторой совокупности данных магическим. Это же заключение можно отнести и к числу $N=86$. Установлено новое физическое явление: соответствие одночастичному пределу отношения приведенных вероятностей магнитных нейтронных и протонных переходов в нечетных ядрах, имеющих дважды магический остов. Обнаружено влияние замыкания оболочек на величину параметра смеси мультиполей ξ (E2/M1) в нечетных ядрах в переходах между частичными и кластер-вибрационными состояниями, а также влияние замыкания квазиоболочек в четно-четных деформированных ядрах в переходах типа $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$.

На защиту выносятся все вышеперечисленные ядерные данные, установленные закономерности, обнаруженные новые физические явления и методические разработки.

Достоверность полученных нами экспериментальных результатов подтверждается их согласием с ранее известными данными, а также подтверждением наших данных в более поздних работах других авторов.

НАУЧНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ.

Все методические разработки, представленные в диссертации, позволили выполнить обширную программу исследований свойств нейтронодефицитных нуклидов, удаленных от полосы β -стабильности. Магнитно-линзовый β -спектрометр послужил в дальнейшем прототипом при создании спектрометра $e-e$ задержанных совпадений и спектрометра для работы в линию с масс-сепаратором на пучке протонов фазотрона ЛЯП. Система контроля нестабильности временного спектрометра была использована в зарубежных исследовательских центрах при измерениях времен жизни уровней на аналогичной аппаратуре. В диссертации показана перспективность использования однокристалльного временного спектрометра для поиска изомерных состояний в нано- и субмикросекундном диапазоне в on-line экспериментах. Изучение временных свойств полупроводниковых детекторов и обнаружение аномальных эффектов позволят избежать в дальнейшем ошибок в интерпретации результатов по измерению времен жизни уровней, полученных с помощью полупроводниковых детекторов.

Полученные экспериментальные результаты относительно схем распада радиоактивных ядер, квантовых характеристик основных и возбужденных состояний, мультипольностей электромагнитных переходов, времен жизни уровней и приведенных вероятностей, разряжающих их переходов, вошли в международные сборники ядерных данных.

Наши экспериментальные результаты нашли своё отражение в международных справочных материалах по ядерным данным:

Nuclear Data Sheets - v.49,1986,A=133; v.52,1987,A=135;

v.59,1990,A=137; v.57,1987,A=139; v.45,1985,A=141;

v.46,1985,A=149; v.55,,1988,A=151; v.56,1989,A=163;

v.50,1987,A=165; v.58,1989,A=184;

Atomic Data and Nuclear Data Tables-v.19,1977;v.25,1980;v.36,1987.

Проведённая систематика известных ранее и полученных нами данных позволила установить новые закономерности в изменении ядерных свойств и обнаружить новые явления в ξ -запрещённых переходах и эффектах замыкания оболочек в ядре. Предлагаемые методы обнаружения замыкания оболочек фактически открывают новое направление исследований, позволяющее устанавливать замыкание оболочек, подоболочек и квазиоболочек в ядрах и проводить анализ, сопутствующих этому явлений.

Полученные экспериментальные результаты послужили основой расчётов в рамках неадиабатической вращательной модели, квазичастично-фононной модели и теории конечных ферми систем, что было использовано для проведения последовательного сравнения теории с экспериментом, выбора параметров расчёта ядерных моделей и определения границ применимости соответствующих моделей.

АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ И ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ.

Результаты, изложенные в данной диссертации, были представлены на 12,13,14 Сессиях по ядерной спектроскопии и теории ядра, на первом и втором Рабочих совещаниях по ЯСНАПП в Дубне (1989-1990), на 21,22,23,24,24,33,34,35,37,38,40 Всесоюзных совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, на Международном симпозиуме по структуре ядра (Дубна, 1968 год), на

международных конференциях по следующей тематике: Ядерная физика (Мюнхен, 1973 год), Ядерная структура (Амстердам, 1982 год), Ядерные формы и ядерная структура при малых энергиях возбуждения (Каргезе-Франция, 1991 год), Экзотические ядра (Форос, 1991 год).

Помимо этого результаты исследований докладывались в университетах г. Орхус (Дания) и им. М.Склодовской-Кюри г. Люблин (Польша), в Институте ядерной физики и энергетики г. София (Болгария), на III рабочем совещании по установке СПИН г. Лишно (ЧССР), а также на сессиях Комитета по структуре ядра секции учёного совета ОИЯИ по физике низких энергий (Дубна).

По теме диссертации издано 55 работ в виде публикаций в отечественных и зарубежных ядерно-физических журналах, в материалах конференций, симпозиумов и совещаний, в препринтах и сообщениях ОИЯИ. Список работ, включённых в диссертацию, представлен в конце автореферата.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИССЕРТАЦИИ.

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения общим объёмом 290 страниц, 104 рисунков и списка литературы, содержащего 301 название.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ.

Во введении охарактеризованы проблемы, связанные с изучением строения ядра, показана актуальность ядерно-спектроскопических исследований в изучении таких вопросов, как влияние замыкания оболочек на ядерные свойства нуклидов, ξ -запрещённые M1-переходы, форма ядер, взаимосвязь природы состояний с приведёнными вероятностями переходов, идущими между ними.

В первой главе даётся общая характеристика метода задержанных совпадений применительно к задаче определения времён жизни уровней

и квантовых характеристик возбужденных состояний ядер. Рассмотрены вопросы анализа временных спектров задержанных совпадений.

Во второй главе рассмотрены методические вопросы, связанные с созданием и использованием спектрометров ядерного излучения, а также с методами получения радиоактивных источников. Комплекс аппаратуры, созданный при участии автора и включающий временные спектрометры и спектрометры для изучения угловых γ - γ корреляций, представлен совместно с результатами методических исследований, проведенных на временных спектрометрах с использованием как полупроводниковых, так и сцинтилляционных детекторов. Были проведены измерения времен жизни уровней в диапазоне от 0,04 нс до 0,6 мкс.

Основой созданного нами спектрометра e - γ совпадений служил спектрометр Герхольца с треугольной формой магнитного поля, отличающийся высокой изохронностью траекторий электронов и большой светосилой при достаточно хорошем энергетическом разрешении. Его основные характеристики: диапазон регистрируемых электронов $E_e = 5-700$ кэВ, разрешение $\Delta V_F / V_F = (0,4-2,4) \%$ при светосиле $T = (0,6-4,8) \%$, соответственно, временное разрешение вплоть до 0,4 нс. Примененная нами система контроля временной нестабильности аппаратуры с использованием полупроводниковых световых диодов - рис.1 позволила проводить измерения времен жизни уровней в диапазоне десятков пикосекунд - рис.2. Предельно-достижимое время жизни, которое можно измерить подобным образом не превышает 0,01 нс.

Для поиска изомерных состояний возбуждаемых при распаде короткоживущих нуклидов был создан однокристалльный сцинтилляционный временной спектрометр, обеспечивающий проведение измерений в геометрии 4π . Реализация режима двумерных совпадений измерений в геометрии 4π . Реализация режима двумерных совпадений E_γ - T на этом спектрометре - рис.3 позволила помимо кривой

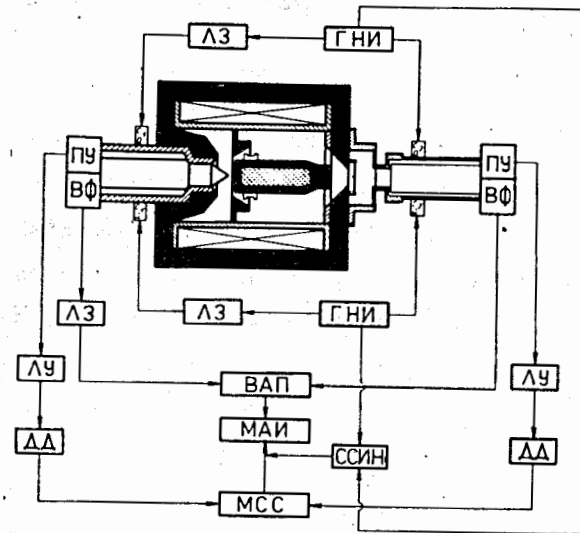


Рис.1 Блок-схема временного спектрометра e - γ совпадений. (ВАП-время-амплитудный преобразователь, МАИ-многоканальный анализатор, МСС-медленная схема совпадений, ГНИ-генератор наносекундных импульсов, ССИН-схема синхронизации).

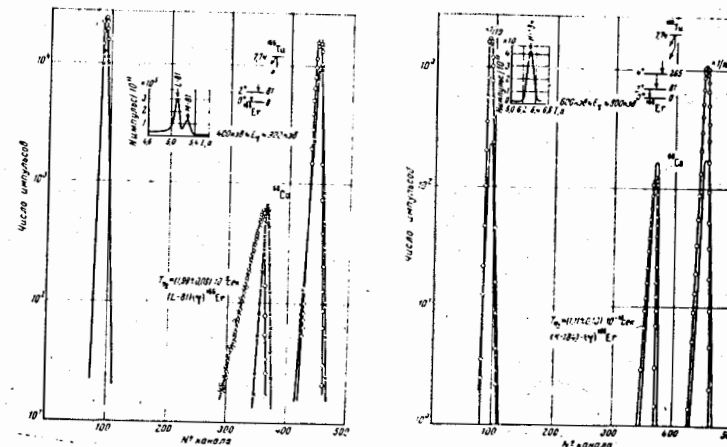


Рис.2 Измерение времен жизни уровней 81 и 265 кэВ в ^{166}Er .

задержанных совпадений одновременно регистрировать и спектр совпадений γ -лучей или электронов, что позволяет эффективно использовать однокристалльный спектрометр для on-line экспериментов. Нами впервые были измерены на этом спектрометре

времена жизни уровней в диапазоне 8-10 нс, а также десятков и сотен наносекунд.

Нами было проведено также детальное изучение временных свойств планарных и коаксиальных полупроводниковых Ge(Li) и HPGe детекторов. Было показано, что планарные HPGe детекторы с резким p-n переходом и малой глубиной его залегания обладают хорошими временными свойствами - рис.4, позволяющими использовать их для измерения времён жизни уровней в наносекундном диапазоне. Анализ

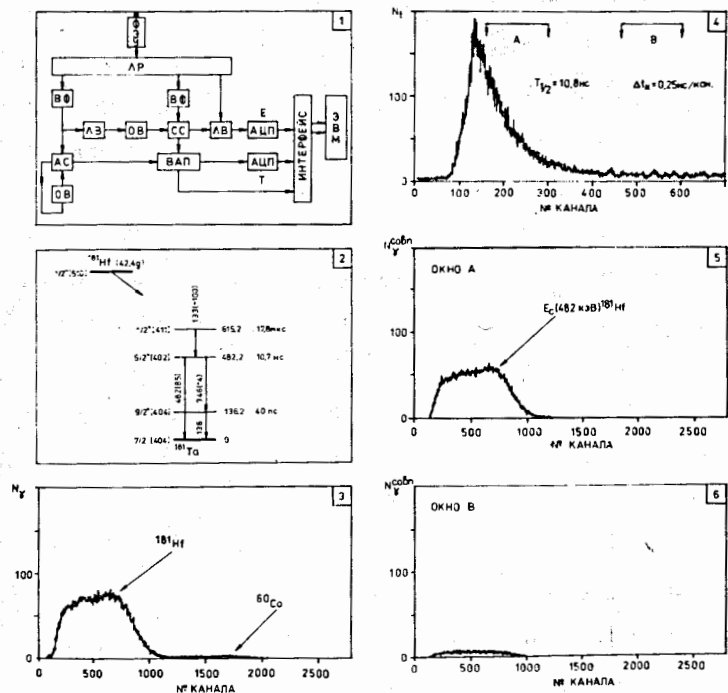


Рис.3 Результаты измерений в режиме E_γ -T на однокристалльном сцинтилляционном временном спектрометре.

кривых мгновенных совпадений при регистрации γ -излучения коаксиальными Ge(Li) детекторами привёл к обнаружению аномальных

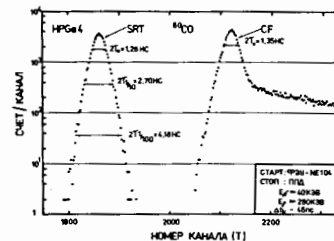


Рис.4 Разрешающее время спектрометра совпадений с полупроводниковым планарным детектором.

отклонений центров тяжести кривых мгновенных совпадений в районе пиков обратного рассеяния, краёв комптоновского распределения и фотопиков - рис.5. Несомненна необходимость тщательного изучения временных свойств полупроводниковых детекторов, используемых для измерения времён жизни уровней.

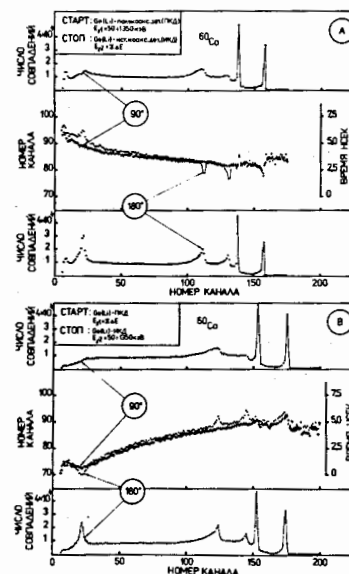


Рис.5 Энергетическая зависимость отклонений центров тяжести кривой мгновенных совпадений, измеренная на спектрометре совпадений с коаксиальными ППД.

На рис.6 приведена блок-схема спектрометра задержанных совпадений для изучения угловых γ - γ корреляций. Он включал в себя полупроводниковый Ge(Li) детектор с объёмом кристалла 45 см³ и разрешением 2,7 кэВ на линии 1,33 МэВ ^{60}Co . Временное разрешение спектрометра не превышало 30 нс. Регистрация информации

первоначально проводилась на многоканальном анализаторе, а в дальнейшем на ЭВМ.

Наши исследования были проведены на радиоактивных

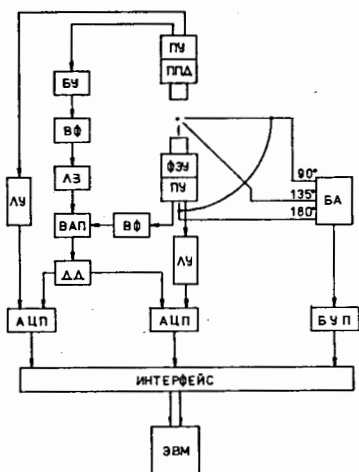


Рис.6 Блок-схема спектрометра совпадений для изучения угловых γ - γ корреляций.

источниках, полученных в реакции глубокого расщепления при взаимодействии протонов с энергией 660-680 МэВ с различными мишенями из Au, Ta, Dy, Gd, Nb-Zr. В зависимости от вида используемой мишени и метода выделения радиоактивности время изготовления радиоактивного источника составляло от 5 мин до 2-3 ч. Применение масс-сепарации радиоактивных элементов позволило существенно повысить достоверность полученных результатов.

В третьей главе приводятся экспериментальные результаты, полученные в наших исследованиях. Основное внимание было уделено нами измерению времён жизни уровней и, как следствие этого, определению приведённых вероятностей переходов, идущих с этих уровней. Проводилось также определение мультипольного состава переходов и квантовых характеристик уровней. Основные экспериментальные результаты, полученные нами, приведены в таблице 1. Новые и уточнённые результаты по спинам состояний и мультипольностям переходов подчёркнуты, колонка с данными по E_γ

характеризует те переходы, которые использовались для установления квантовых характеристик уровней или приведённые вероятности которых были определены на основе наших данных по временам жизни состояний.

Таблица 1

Данные, полученные в результате проведённых исследований.

Ядро	$E_{ур}$ (кэВ)	$T_{1/2}$ (нс)	E_γ (кэВ)	$I_i^\pi \rightarrow I_f^\pi$	σ_L	δ
	1	2	3	4	5	6
^{132}La	182,1	0,83 (11)	26,7	$1^+ \rightarrow 2^+$	M1 + 0,06% E2	
			182,1		E1	
^{133}La	87,9	1,3 (1)	87,9	$5/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1 + 0,26% E2	
	97,3	<0,1	97,3	$3/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1 + 2,4% E2	
	130,8	1,12 (18)	42,7	$7/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1 + 2,5% E2	
			130,8	$7/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1 + 5,4% E2	
	174,0	0,83 (18)	76,9	$1/2^+ \rightarrow 3/2^+$	M1 + 0,32% E2	
			174,0	$1/2^+ \rightarrow 5/2^+$	E2	
^{135}La	535,6	63,9 (45)	58,4	$11/2^- \rightarrow 9/2^+$	E1	
			404,7	$11/2^- \rightarrow 9/2^+$	M2	
			535,6	$11/2^- \rightarrow 5/2^+$	E3	
	119,5	4,8 (8)	119,5	$7/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1 + 4% E2	
	206,5	0,68 (14)	87,0	$5/2^+ \rightarrow 7/2^+$	M1 + 21% E2	
			206,5	$5/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1 + 7,8% E2	>0
265,6		265,6	$3/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1 + 9,9% E2	<0	
301,1		301,1	$1/2^+ \rightarrow 5/2^+$	E2		
783,6		577,1	$3/2^+ \rightarrow 5/2^+$	M1 + 7,5% E2	<0	
872,3		518,0	$1/2^+ \rightarrow 3/2^+$	M1		
		606,8	$1/2^+ \rightarrow 3/2^+$	M1		
		666	$1/2^+ \rightarrow 5/2^+$	E2		
^{135}Ce	82,6	0,53 (6)	82,6	$3/2^+ \rightarrow 1/2^+$	M1	

	1	2	3	4	5	6
¹³⁷ Ce	160,3	0,79 (14)	160,3	1/2 ⁺ →3/2 ⁺	M1	
¹³⁹ Ce	255	0,11 (2)	255	1/2 ⁺ →3/2 ⁺	M1+E2	
¹³³ Pr	0	7(3)МИН				
¹³⁷ Pr	75,5	0,38 (3)	75,5	3/2 ⁺ →5/2 ⁺	M1<5%E2	
¹³⁹ Pr	113,9	2,60 (8)	113,9	7/2 ⁺ →5/2 ⁺	M1 +2,6%E2	<0
	822,0	35,5 (7)	708	11/2 ⁻ →7/2 ⁺	M2 +0,5%E3	<0
	852,0	<1,2	738	11/2 ⁺ →5/2 ⁺	E2 +3,8%E3	<0
¹⁴¹ Pm	196,9	0,23 (3)	196,9	7/2 ⁺ →5/2 ⁺	M1	
	628,7	583 (23)	432,2	11/2 ⁻ →7/2 ⁺	M2	
			628,7	11/2 ⁻ →5/2 ⁺	E3	
¹⁴⁹ Gd	165,0	1,7 (1)	165,0	5/2 ⁻ →7/2 ⁻	M1 +40%E2	<0
	352,2	0,43 (5)	187,2	3/2 ⁻ →5/2 ⁻	M1 +8%E2	>0
			352,2	3/2 ⁻ →7/2 ⁻	E2	
	817		652,1	3/2 ⁻ →5/2 ⁻	M1 +40%E2	<0
	1026,4		861,9	3/2 ⁺ →5/2 ⁻	E1	
1205,1		853,4	1/2 ⁻ →3/2 ⁻	E2		
¹⁵¹ Gd	108,1	3,00 (10)	108,1	5/2 ⁻ →7/2 ⁻	M1 +80%E2	<0
	395,2	0,31 (4)	287,2	3/2 ⁻ →5/2 ⁻	M1 +4,1%E2	>0
			395,2	3/2 ⁻ →7/2 ⁻	E2	
	575,3	0,23 (3)	180,1	1/2 ⁻ →3/2 ⁻	M1 +0,6%E2	<0
			467,2	1/2 ⁻ →5/2 ⁻	E2	
	587,5	0,30 (2)	192,0	5/2 ⁻ →3/2 ⁻	M1 +8%E2	>0
			479,1	5/2 ⁻ →5/2 ⁻	(E2)	
587,5			5/2 ⁻ →7/2 ⁻	M1 +91%E2	<0	
839,3	0,26 (3)	251,8	3/2 ⁻ →3/2 ⁻	M1		
		439,9	3/2 ⁻ →3/2 ⁻	M1 +0,5%E2		
		730,9	3/2 ⁻ →5/2 ⁻	M1 +97%E2	<0	
¹⁵² Gd	1123,2	<0,31	778,9	3 ⁻ → 2 ⁺	E1	
¹⁵⁵ Dy	132,2	83 (3)	45,4	9/2 ⁺ →7/2 ⁺	E1	

	1	2	3	4	5	6
¹⁶⁰ Dy	283,8	0,095 (10)	197,0	4 ⁺ → 2 ⁺	E2	
¹⁶³ Er	69,2	7,7 (6)	69,2	5/2 ⁺ →5/2 ⁻	E1	
	84,3	0,92 (8)	84,3	7/2 ⁻ →5/2 ⁻	M1	
	104,3	0,52 (5)	104,3	3/2 ⁻ →5/2 ⁻	M1	
¹⁶⁵ Er	47,2	3,98 (11)	47,2	5/2 ⁺ →5/2 ⁺	E1	
	77,3	1,01 (6)	30,1	7/2 ⁻ →5/2 ⁺	E1	
			77,3	7/2 ⁻ →5/2 ⁻	M1+E2	
	242,9	0,30 (2)	165,7	3/2 ⁻ →7/2 ⁻	E2	
			195,8	3/2 ⁻ →5/2 ⁺	E1	
242,9			3/2 ⁻ →5/2 ⁻	M1 +0,04%E2	>0	
296,1	<0,24	53,2	5/2 ⁻ →7/2 ⁻	M1+E2		
		218,9	5/2 ⁻ →7/2 ⁻	M1+E2		
		248,9	5/2 ⁻ →5/2 ⁺	E1		
		296,1	3/2 ⁻ →5/2 ⁻	M1 +1%E2	<0	
297,4	0,77 (7)	54,4	1/2 ⁻ →3/2 ⁻	M1		
		297,4	1/2 ⁻ →5/2 ⁻	E2		
356,5	0,38 (5)	59,2	3/2 ⁻ →1/2 ⁻	M1+E2		
		60,4	3/2 ⁻ →5/2 ⁻	M1		
		113,6	3/2 ⁻ →3/2 ⁻	M1 +0,4%E2	<0	
		279,2	3/2 ⁻ →7/2 ⁻	E2		
		356,6	3/2 ⁻ →5/2 ⁻	E2		
507,4	0,70 (12)	150,9	1/2 ⁺ →3/2 ⁻	E1		
		210,0	1/2 ⁺ →1/2 ⁻	E1		
		264,6	1/2 ⁺ →3/2 ⁻	E1		
		460,3	1/2 ⁺ →5/2 ⁺	E2		
		589,9	0,38 (14)	292,5	1/2 ⁻ →1/2 ⁻	M1
346,9	1/2 ⁻ →3/2 ⁻			M1 +0,7%E2	>0	
589,9	1/2 ⁻ →5/2 ⁻			E2		
1427,4		1184	3/2 ⁺ →3/2 ⁻	E1		

	1	2	3	4	5	6
^{166}Er	265,0	0,111 (10)	184,4	$4^+ \rightarrow 2^+$	E2	
^{171}Yb	167,7	<0,46	72	$9/2^+ \rightarrow 7/2^+$	M1+E2	
	835,1	<0,31	739,8	$7/2^- \rightarrow 7/2^+$	E1	
^{184}Os	119,8	1,18 (5)	119,8	$2^+ \rightarrow 0^+$	E2	
	383,8	0,046 (13)	264,0	$4^+ \rightarrow 2^+$	E2	

Нами были определены приведённые вероятности ξ -запрещённых M1-переходов в ядрах $^{132}, ^{133}, ^{135}\text{La}$, $^{135}, ^{139}\text{Ce}$, $^{137}, ^{139}\text{Pr}$, ^{141}Pm и вероятности M2-переходов типа $1h_{11/2} \rightarrow 2g_{7/2}$ в ядрах ^{133}La , ^{139}Pr и ^{141}Pm .

В ядрах $^{149}, ^{151}\text{Gd}$, имеющих замкнутую протонную оболочку $Z=64$, измерены времена жизни нижних кластер-вибрационных состояний, а также определены квантовые характеристики уровней и параметры смеси мультиполей ряда переходов. Было показано, что в ^{151}Gd состояние 839,3 кэВ не является β -вибрационным, как это предполагалось ранее.

Изучение деформированных ядер дало возможность установить параметры деформации ряда состояний в ядрах $^{163}, ^{165}\text{Er}$, ^{184}Os и определить приведённые вероятности большого числа переходов, что в дальнейшем послужило основой для проведения теоретических расчётов. На рис. 7 приведён пример измерения времен жизни уровней в ^{165}Er . В этом ядре удалось уточнить разность энергий дублетных уровней в районе 589 кэВ - $\Delta E=108$ эВ. Определён спин верхнего дублетного состояния 589,9 кэВ как $\Gamma^\pi=1/2^-$ - рис. 8. Определены мультипольности переходов, идущих на дублетные состояния. Уточнена схема распада ^{165}Tm .

В четвёртой главе проведено рассмотрение магнитных дипольных ξ -запрещённых переходов в нечётных ядрах. Проведён анализ этих переходов в следующих областях ядер: $A=25-49$, $A=91-153$ и $A=193-211$ и проведено сравнение экспериментальных данных с теоретическими

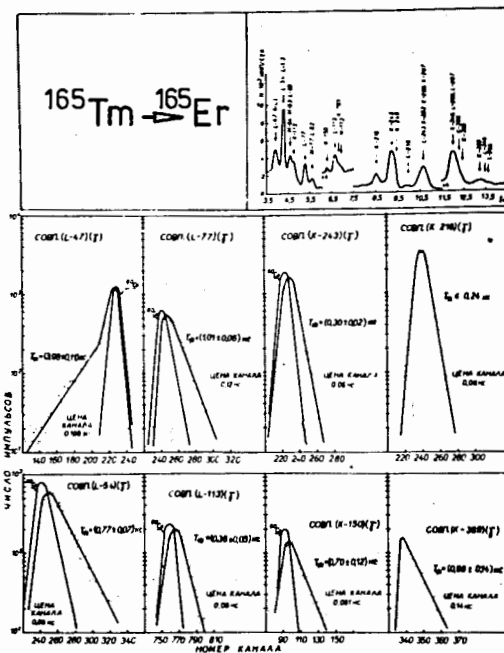


Рис. 7 Результаты измерений времен жизни уровней в ^{165}Er .

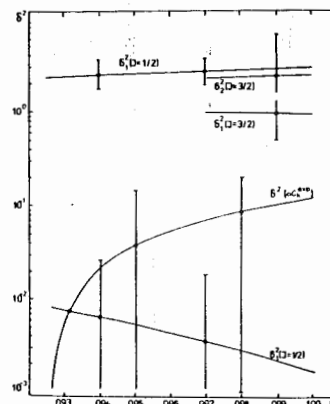


Рис. 8 Определение спина состояния 589,9 кэВ в ^{165}Er .

расчётами в рамках различных моделей. Наибольший успех в объяснении ℓ -запрещённых M1-переходов достигнут в расчётах И.В.Копытина и М.А.Долгополова в рамках теории конечных ферми систем (ТКФС) с учётом помимо спин-спинового и спин-орбитального также и спаривательного взаимодействия. Сравнение экспериментальных данных с расчётами в рамках этого подхода показало хорошее согласие, как правило, в пределах коэффициента 2 - рис.9,10. Проведённый анализ позволяет сделать некоторые выводы:

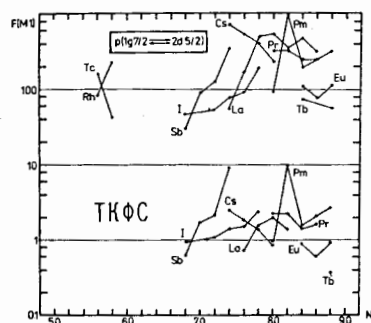


Рис.9 Факторы запрета ℓ -запрещённых M1 переходов типа $p(2d_{5/2} \leftrightarrow 1g_{7/2})$.

- переходы подобного типа наблюдаются в широком диапазоне масс ядер. Эти переходы могут быть как протонные, так и нейтронные. Одночастичная модель ядра позволяет установить круг ядер, где можно обнаружить и идентифицировать ℓ -запрещённые M1-переходы: в нечётных околomagических ядрах или ядрах, имеющих чётно-чётный остов с замкнутой, хотя бы одной, подоболочкой. К настоящему времени обнаружено много таких переходов в нечётных ядрах, известно также несколько случаев наблюдения ℓ -запрещённых переходов в нечётно-нечётных ядрах.

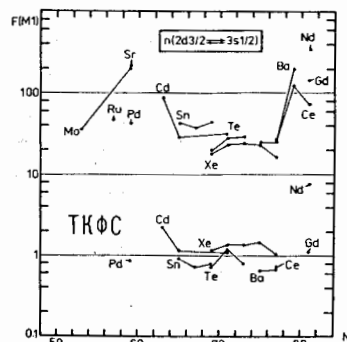


Рис.10 Факторы запрета ℓ -запрещённых M1 переходов типа $n(2d_{3/2} \leftrightarrow 3s_{1/2})$.

- Установлен факт малого отличия приведённых вероятностей однотипных протонных и нейтронных ℓ -запрещённых M1-переходов в зеркальных ядрах, а также факт влияния замыкания оболочек на вероятности этих переходов.

- Наблюдается влияние замыкания оболочек на величину приведённых вероятностей ℓ -запрещённых M1-переходов не только в лёгких зеркальных ядрах, но и в других областях ядер по мере приближения к оболочкам $N=82, 126$.

- Теоретический анализ приведённых вероятностей в (M1) ℓ -запрещённых M1-переходов даёт возможность оценить влияние вклада различных видов остаточного взаимодействия на снятие ℓ -запрета и установить, таким образом, вид гамильтониана для определённой области ядер и, как следствие, оценить применимость определённой ядерной модели для объяснения свойств этих ядер.

- Расчёты в рамках уже упомянутого подхода ТКФС вероятностей ℓ -запрещённых M1-переходов показали, что основную роль в снятии ℓ -запрета играет спин-орбитальное взаимодействие квазичастиц.

В пятой главе рассмотрены вопросы влияния замыкания оболочек на свойства возбуждённых состояний ядер. Идентификация новых магических и полумагических ядер и обнаружение эффектов замыкания оболочек и подоболочек представляет большой интерес вследствие возможности установления границ применимости оболочечной модели ядра или её модификаций, а также установления числа валентных нуклонов сверх замкнутого остова ядра, что в ряде моделей может привести к существенному упрощению теоретических расчётов. Цель наших исследований заключалась в выборе методов идентификации замкнутых оболочек в ядре и в анализе экспериментальных данных, свидетельствующих о замыкании нейтронной оболочки с $N=64$ помимо уже известного факта замыкания протонной оболочки при $Z=64$. Автором предложен способ обнаружения замыкания оболочек путём

дифференцирования энергетической поверхности (ДЭП) уровней определённого спина. При этом фактически анализируется величина

$$\Delta E(I)^{A, A+2} = E(I)^A - E(I)^{A+2},$$

где I -спин определённого состояния в ядре, а E -энергия этого состояния. На рис.11 приведена диаграмма ДЭП, демонстрирующая

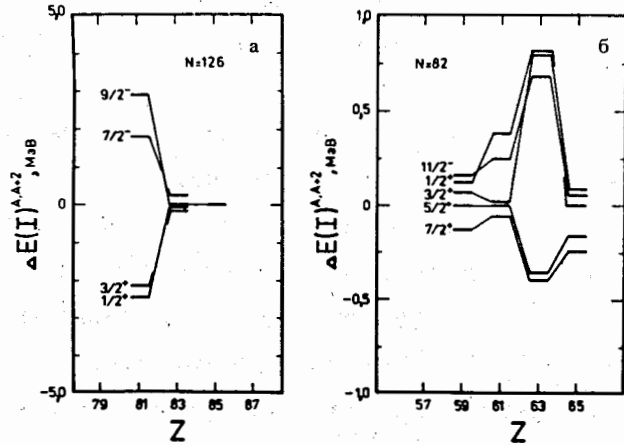


Рис.11 Диаграмма ДЭП, характеризующая замыкание оболочек в нечётных ядрах.

пересечение оболочек при $Z=64$ и 82 в нечётных ядрах, а на рис.12 показано замыкание оболочек при $Z=82$ в чётно-чётных ядрах. На рис.13 показана аномалия в районе $N=86$, которая скорее всего связана с замыканием квазиоболочек супердеформированных состояний в ^{152}Dy . Подобный анализ позволяет также выявлять замыкание квазиоболочек в деформированных ядрах. Интересным является также факт установления в лёгких чётно-чётных ядрах замыкания оболочек при $N=Z$. Обнаружение в деформированных ядрах последовательного заполнения оболочек парами нуклонов даёт возможность, по видимому, выявлять в переходной области ядер снятие вырождения уровней и фактически решать вопрос о сосуществовании форм в ядре.

Необходимо отметить, что магнитные переходы типа $M1$ и $M2$ могут служить своеобразным зондом, также позволяющим обнаруживать

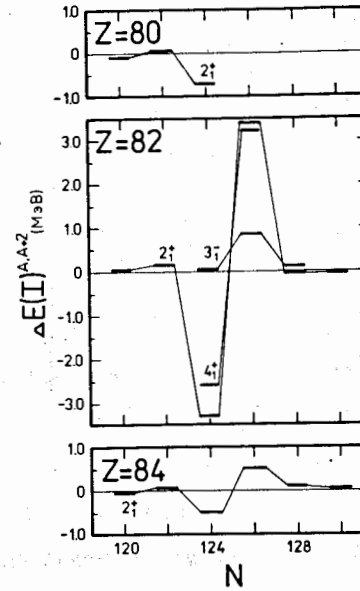


Рис.12 Диаграмма ДЭП, характеризующая замыкание оболочек в чётно-чётных ядрах.

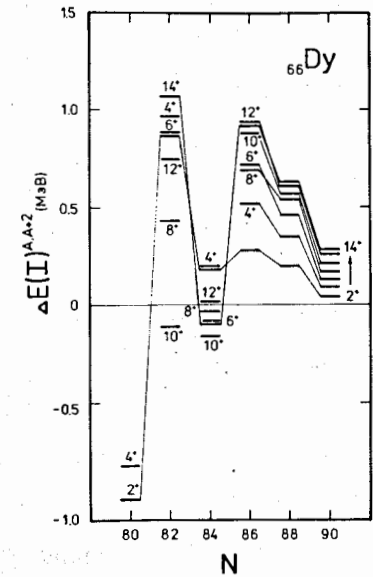


Рис.13 Диаграмма ДЭП для чётно-чётных изотопов Dy.

замыкание оболочек и подоболочек в ядрах. Важным обстоятельством, характеризующим границы применимости одночастичной модели в объяснении относительных вероятностей однотипных протонных и нейтронных магнитных переходов является установление факта соответствия одночастичному пределу отношений вероятностей протонных и нейтронных переходов для ядер, имеющих чётно-чётный магический остов $\pm 1; 3$ нуклона-рис.14. Это означает, что электромагнитный переход в нечётном ядре с дважды магическим остовом эквивалентен в некотором приближении электромагнитному переходу одиночного нуклона.

Замыкание оболочек сказывается также на величине параметра смеси мультиполей $\delta(E2/M1)$ в нечётных ядрах в переходах между частичными и кластер-вибрационными состояниями в ядрах. Наблюдено

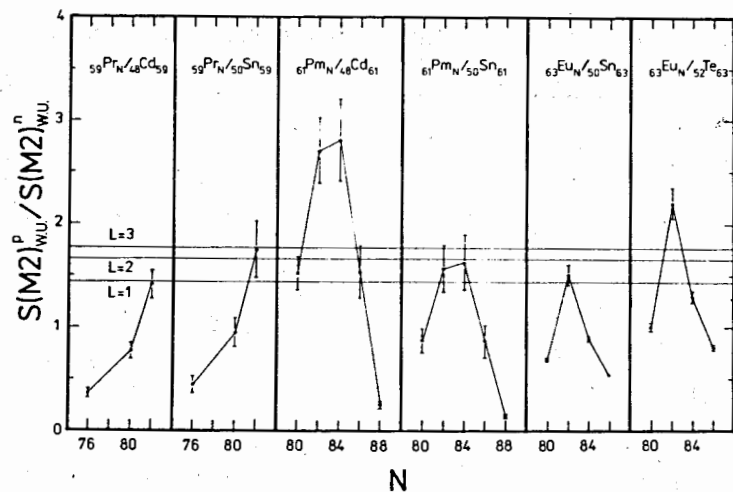


Рис.14 Относительные вероятности протонных и нейтронных переходов типа M2- ($1h_{11/2} \rightarrow 1g_{7/2}$) в нечётных ядрах.

также влияние замыкания квазиоболочек на параметр δ (E2/M1) в чётно-чётных ядрах $^{160,162,164}\text{Dy}$ и $^{172,174}\text{Yb}$ в переходах типа $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$. Эти факты дают возможность для смешанных переходов определённого типа прогнозировать величину и в ряде случаев знак отношения матричных элементов мультиполей E2 и M1.

В шестой главе рассматриваются нечётные деформированные ядра. На основе полученных экспериментальных данных относительно времён жизни, спинов и квадрупольных моментов возбуждённых состояний нечётных изотопов Er с $A=161,163,165$ были проведены расчёты свойств их возбуждённых состояний в рамках неадиабатической вращательной модели ядра (НВМ) и помимо этого для ^{165}Er в рамках модифицированной квазичастично-фононной модели ядра. При расчётах в НВМ с использованием модифицированного потенциала Нильссона было получено хорошее описание энергий возбуждённых состояний и приведённых вероятностей переходов при учёте

взаимодействия Кориолиса, эффекта спаривания и $\Delta N=2$ взаимодействия, что позволяет считать применение данной модели в рассмотренных случаях оправданным. Отметим, что в этих расчётах удалось корректно описать вероятности E1 переходов с изомерного состояния $11/2^- [505]$ в $^{163,165}\text{Er}$. Было получено также достаточно хорошее описание вероятностей E2 переходов при условии когерентного суммирования вкладов от коллективных и одночастичных компонент матричного элемента перехода. Наши расчёты практически не отличаются по результатам от расчётов, проведённых в рамках НВМ с использованием потенциала Саксона-Вудса.

Проведённый расчёт свойств неротационных состояний в ядре ^{165}Er в рамках КФМ позволил установить природу второго возбуждённого уровня с $K^\pi=1/2^-$ с энергией 589,9 кэВ как $1/2^- [530]$. Было получено хорошее согласие расчётных значений энергии с экспериментальными как для этого состояния, так и для состояния с $K^\pi=11/2^- [505]$. В вычислениях учитывались β -вибрационные компоненты, соответствующие диагональным матричным элементам мультипольного взаимодействия, включение которых оказалось важным для описания состояний $1/2^- [530]$, $1/2^- [541]$, $11/2^- [505]$. В результате удовлетворительно описана вся совокупность уровней с $K^\pi=1/2^-$: $1/2^- [521]$ (297,4 кэВ), $1/2^- [530]$ (589,9 кэВ), $1/2^- [510]$ (920,7 кэВ) и $3/2^- 1/2 [541]$ (1039 кэВ).

В заключении перечислены результаты проведённых методических работ и исследований, а также приведены основные экспериментальные и теоретические результаты, которые были получены при ядерно-спектроскопических исследованиях нейтронодефицитных радиоактивных нуклидов.

Основные результаты и выводы, вытекающие из проведённых исследований отражены в разделе автореферата - "научная новизна".

Основные экспериментальные и теоретические данные, которые

положены в основу диссертации, опубликованы в следующих работах:

1. Морозов В.А., Муминов Т.М. Светосильный магнитно-линзовый спектрометр с треугольной формой поля. Дубна, 1967, 21с. (Препринт/Объед.ин-т ядер.исслед.:Р13-3437).
2. Абросимов В.Н., Василенко А.Т., ... Морозов В.А. и др. Установка е- γ совпадений для on-line экспериментов. Дубна, 1990, 17с. (Сообщения/Объед.ин-т ядер.исслед.:Р6-90-231).
3. Абазов В.Н., Качалкин А.К., ... Морозов В.А. и др. Модернизация магнитно-линзового бета-спектрометра для on-line экспериментов. Дубна, 1985, 12с. (Сообщения/Объед.ин-т ядер.исслед.:Р6-85-238).
4. Абросимов В.Х., Крупа Э., Морозов В.А. и др. Спектрометрические характеристики установки е- γ совпадений-МЛС для on-line экспериментов. Дубна, 1986, 11с. (Препринт/Объед.ин-т ядер.исслед.:Р6-86-675).
5. Морозов В.А., Муминов Т.М., Разов В.И., Стегайлов В.И. Установка для автоматической регистрации спектров электронов конверсии. ПТЭ, 1971, #1, с.51-53.
6. Морозов В.А., Муминов Т.М. Установка для измерений времён возбуждённых состояний ядер в нано-и субнаносекундной области. ПТЭ, 1970, #2, с.53-56.
7. Морозов В.А., Муминов Т.М. Сцинтилляционный однокристалльный временной спектрометр ПТЭ, 1973, #1, с.79-81.
8. Будзински М., Бутцев В.С., ... Морозов В.А. и др. Измерение субмикросекундных времён жизни уровней методом однокристалльного сцинтилляционного временного спектрометра. ЯФ, 1975, т.21, с.913-916.
9. Жильцов А.А., Морозов В.А., Разов В.И. и др. Определение времени жизни изомерных состояний в ^{172}Uy и ^{181}Ta однокристалльным сцинтилляционным временным спектрометром. ПТЭ, 1987, #1, с.39-42.

10. Морозов В.А., Стегайлов В.И. Однокристалльный спектрометр. Авт.свидет.#1513407, 1989.
11. Бабаджанов Р., Морозов В.А., Разов В.И. Установка для измерения времён жизни в наносекундном диапазоне методом γ - γ совпадений. Дубна, 1969, 11с. (Препринт/Объед.ин-т ядер.исслед.: 13-4407).
12. Морозов В.А., Разов В.И., Фоминых В.И., Цупко-Ситников В.М. Двумерный анализатор для измерения времён жизни возбуждённых состояний ядер методом задержанных гамма-гамма совпадений на базе ЭВМ "МИНСК-2". Дубна, 1970, 18с. (Препринт/Объед.ин-т ядер.исслед.:Р13-5485).
13. Морозов В.А., Стегайлов В.И., Лизурей Г. и др. Аномальные отклонения центров тяжести временных распределений γ - γ совпадений при измерении полупроводниковыми детекторами. ПТЭ, 1985, #3, с.52-54.
14. Морозов В.А., Стегайлов В.И., Качалкин А.К. и др. Временные характеристики спектрометра со сцинтилляционным и планарными детекторами на основе сверхчистого германия. ПТЭ, 1986, # 2, с.41-43.
15. Абросимов В.Н., Адам И., ... Морозов В.А. и др. Временные свойства Ge (Li)-детекторов многодетекторной корреляционной установки. Дубна, 1985, 5с. (Сообщения/Объед.ин-т ядер.исслед.: Р6-85-83).
16. Абросимов В.Н., Морозов В.А., Осипенко Б.П. и др. Временные планарные HPGe детекторы. Дубна, 1985, 9с. (Сообщения/Объед.ин-т ядер.исслед.:13-86-13).
17. Вылов Ц., Зайдлер З., Звольски И., Морозов В.А. и др. Многомерные измерения на базе ЭВМ "МИНСК-2" в задачах ядерной спектроскопии. Дубна, 1973, 17с. (Препринт/Объед.ин-т ядер.исслед.:10-7034).

18. Аликов Б.А., Будзински М., Ион-Михай Р., Морозов В.А.
Определение времён жизни возбуждённых состояний ядер методом задержанных совпадений (методы обработки). ЭЧАЯ, т.7, 1976, с.419-449.
19. Морозов В.А., Муминов Т.М., Фуя Х., Халикулов А.Б.
Вероятности электромагнитных переходов в ядрах ^{132}La и ^{133}La . ЯФ, т.17, 1973, с.670-677.
20. Бабаджанов Р., Морозов В.А., Муминов Т. и др. Времена жизни возбуждённых состояний в сферических ядрах ^{139}La , ^{135}La , ^{133}La . Дубна, 1970, с.16 (Препринт/Объед.ин-т ядер.исслед.: Р6-5200).
21. Исламов Т.А., Морозов В.А., Холматов А.Х. О схеме распада ^{133}Ce . Изв.АН СССР, сер.физ., т.48, 1984, с.2040-2044.
22. Жук В., Крупа Э., Морозов В.А. и др. Квантовые характеристики некоторых уровней в ^{135}La . Дубна, 1971, 12с. (Препринт /Объед.ин-т ядер. исслед.:Р6-6040).
23. Афанасьев В.П., Громова И.И., Морозов В.А. и др. Измерения времён жизни возбуждённых состояний в нейтронодефицитных ядрах $^{163,165}\text{Er}$, ^{157}Tb , $^{151,153}\text{Gd}$ и ^{135}La . Дубна, 1972, 14с. (Препринт Объед. ин-т. ядер. исслед.:Р6-6426).
24. Арльт Р., Байер Г., Морозов В.А. и др. Исследование распада ^{135}Pr - ^{135}Ce . Изв.АН СССР, сер.физ., 1972, т.36, с.744-752.
25. Бутцев В.С., Громов К.Я., ... Морозов В.А. и др. Спектры излучений и схема распада ^{137}Pr . Изв.АН СССР, сер.физ., 1973, т.37, с.936-1035.
26. Вылов Ц., Громова И.И., ... Морозов В.А. и др. Исследование распада нейтронодефицитных ядер с $A=139$. Изв.АН СССР, сер.физ., 1975, т.39, с.1671-1678.
27. Абдуразаков А.А., Арльт Р., ... Морозов В.А. и др. Новые изотопы ^{133}Pr , ^{134}Nd и ^{135}Nd . Дубна, 1969, с.21 (Препринт/Объед.ин-т. ядер.исслед.:6-4396).

28. Бутцев В.С., Вылов Ц., ... Морозов В.А. и др. Исследование радиоактивного распада ^{137}Nd (38,5 мин). Изомерия в ядре ^{137}Nd . Изв.АН СССР, сер.физ., 1973, т.37, с.953-965.
29. Крупа Э., Морозов В.А., Муминов Т.М. и др. Изучение возбуждённых состояний в ядре ^{139}Pr . Изв.АН СССР, сер.физ., т.36, 1972, с.777-781.
30. Badica T., Morozov V.A., Muminov T.M. Half-lives of 108,8 excited states in ^{136}Pr and 113,8 keV in ^{139}Pr . Int.Symp. on Nucl.Structure, Dubna, 1968, D-3893, p.21.
31. Бутцев В.С., Вылов Ц., ... Морозов В.А. и др. О распаде ^{139}Nd . Изв.АН СССР, сер.физ., 1971, т.35, с.1618-1626.
32. Арльт Р., Байер Г., ... Морозов В.А. и др. Исследование уровней ^{141}Pm методом задержанных совпадений и угловых гамма-гамма корреляций направлений. Дубна, 1970, 12с. (Препринт/Объед.ин-т ядер.исслед.:Р6-5517).
33. Будзински М., Ион-Михай Р., Морозов В.А. и др. Квантовые характеристики уровней ^{149}Gd . Изв.АН СССР, сер.физ., 1974, т.38, с.2493-2498.
34. Ваврышук Я., Морозов В.А., Муминов Т.М. и др. Измерение времён жизни возбуждённых состояний ^{149}Gd . Дубна, 1970, 9с. (Препринт/Объед.ин-т ядер.исслед.:6-5287).
35. Морозов В.А., Муминов Т.М., Разов В.И. Измерение времён жизни возбуждённых состояний ^{151}Gd . ЯФ, 1970, т.11, в.5, с.921-924. Дубна, 1969, 12с. (Препринт/Объед.ин-т ядер.исслед.:6-4406).
36. Ваврышук Я., Жук В., ... Морозов В.А. и др. Исследование угловых γ - γ корреляций в ^{151}Gd . Изв.АН СССР, сер.физ., 1972, т.36, с.757-766.
37. Кузнецов В.В., Морозов В.А., Муминов Т.М. О природе уровня 839 кэВ в ^{151}Gd . ЯФ, 1975, в.21, с.917-918.

38. Адылов Г.Т., Бабаджанов Р., Кучма А.С., Морозов В.А. Время жизни уровня 242,8 кэВ в ядре ^{165}Er . ЯФ, 1968, т.8, с.417-423.
39. Бабаджанов Р., Морозов В.А., Муминов Т.М. Измерение времени жизни возбуждённых состояний с энергией 47,1 и 77,2 кэВ в ядре ^{165}Er . ЯФ, 1970, т.12, с.1097-1104.
40. Ион-Михай Р., Марупов Н.З., Морозов В.А. и др. Вероятности гамма-переходов в $^{163,165}\text{Er}$. Дубна, 1973, 15с. (Сообщения/Объед. ин-т ядер. исслед.:Р6-7007).
41. Fua H., Ion-Mihai R., Morozov V.A. e.a. Angular correlation measurements in ^{165}Er . Rev. Roum. Phys. 1975, v.20, p.561-564.
42. Будзыньски М., Кочетов О.И., ... Морозов В.А. и др. Свойства низковозбуждённых состояний ^{165}Er . Дубна, 1983, 15с. (Объед ин-т ядер. исслед.:6-83-617).
43. Бэдикэ Т., Зайцева Н.Г., Морозов В.А. и др. Измерение периодов полураспада первых 2^+ возбуждённых состояний ^{184}Os , ^{186}Os , ^{188}Os . ЯФ, 1969, т.11, с.481-482. Дубна, 1969, 8с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.:6-4350).
44. Морозов В.А., Муминов Т.М., Халикулов А.Б. Исследование времён жизни уровней 2^+ и 4^+ основной ротационной полосы в чётно-чётных ядрах Os, Er и Dy. Дубна, 1970, 15с. (Препринт/Объед ин-т. ядер. исслед.:Р6-5201).
45. Абросимов В.Н., Крупа Э., Морозов В.А. и др. Спектрометрические характеристики установки е- γ совпадений-МЛС для on-line экспериментов. Дубна 1986, 11с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.:Р6-86-675).
46. Марупов Н.З., Морозов В.А., Муминов Т.М. ℓ -запрещённые $M1$ -переходы типа $1g_{7/2} \leftrightarrow 2d_{5/2}$ и $2d_{3/2} \leftrightarrow 3s_{1/2}$. Дубна, 1975, 12с. (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р6-9005).
47. Бонч-Осмоловская Н.А., Долгополов М.А., Копытин И.В., Морозов В.А. Магнитные дипольные ℓ -запрещённые переходы в нечётных ядрах.

- (Эксперимент). Дубна, 1985, 18с. (Сообщения/Объед. ин-т ядер. исслед.: Р6-85-868).
48. Бонч-Осмоловская Н.А., Морозов В.А., Долгополов М.А., Копытин И.В. Магнитные дипольные ℓ -запрещённые переходы в нечётных ядрах. ЭЧАЯ, 1987, т.18, с.740-776.
49. Морозов В.А. Влияние замыкания оболочек на энергии возбуждённых состояний ядер. Краткие сообщения ОИЯИ, Дубна, 1988, 33-88, с.54-62.
50. Морозов В.А. Влияние замыкания оболочек на вероятности электромагнитных переходов в ядре. Краткие сообщения ОИЯИ, Дубна, 1988, 33-88, с.63-70.
51. Морозов В.А. Влияние замыкания оболочек на свойства возбуждённых состояний ядер. ЭЧАЯ, 1991, т.22, с.765-800.
52. Andrejtcheff W., Manfrass P., ... Morozov V.A. e.a. Electromagnetic transition probabilities in odd-mass erbium isotopes. Nucl. Phys. A220, 1974, p.438-460.
53. Бонч-Осмоловская Н.А., Морозов В.А., Нестеренко В.О. Неротационные состояния ядра ^{165}Er . Изв. АН СССР, сер. физ., 1985, т.49, с.843-848.
54. Morozov V.A., Budzynski M. Analysis of the properties of excited states in ^{165}Er . Nucl. Phys., 1983, v.A403, p.69-76.
55. Морозов В.А. Влияние замыкания оболочек на параметр смеси мультиполей δ ($E2/M1$). Дубна, 1992, с.3 (Препринт/Объед. ин-т ядер. исслед.:Р6-92-73).

Рукопись поступила в издательский отдел
16 октября 1992 года.