

X-71
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

6 - 10485

ХОЛБАЕВ
Исобек

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ
НЕЧЕТНЫХ ЯДЕР ГАДОЛИНИЯ С $A = 147+153$
МЕТОДАМИ ВОЗМУЩЕННЫХ И НЕВОЗМУЩЕННЫХ
УГЛОВЫХ ГАММА-ГАММА КОРРЕЛЯЦИЙ

Специальность 01.04.16 - физика атомного ядра
и космических лучей

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Дубна 1977

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

Т.М. МУМИНОВ

кандидат физико-математических наук
старший научный сотрудник

В.А. МОРОЗОВ

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук

И.Н. МИХАЙЛОВ

кандидат физико-математических наук

А.Г. СЕРГЕЕВ

Ведущее научно-исследовательское учреждение:

Научно-исследовательский институт ядерной физики
Московского государственного университета

Защита диссертации состоится " " 1977 года
в часов на заседании специализированного совета Д-56/3
при Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных
исследований, г.Дубна.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан " " 1977 г.

Ученый секретарь специализированного
совета

кандидат физико-математических наук

Ю.А. Батусов

Настоящая диссертационная работа является частью исследований, проводимых в отделе ядерной спектроскопии и радиохимии Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований по изучению свойств основных и возбужденных состояний нейтронодефицитных ядер редкоземельной области элементов, выполненных в 1972-1976 гг.

Работа посвящена изучению свойств возбужденных состояний нечетных ядер гадолиния с $A=147-153$ методами возмущенных и невозмущенных угловых корреляций гамма-лучей. Исследуемые изотопы гадолиния расположены в так называемой "перехолной" области. Природа ядер этой области очень сложна и слабо изучена (по сравнению с ядрами сферической и деформированной областей). Свойства этих ядер обусловлены конкуренцией между силами спаривания, прилающими ядру сферическую форму, и остальными компонентами взаимодействия, стремящимися деформировать ядро. В связи с важностью выявления соотношения между этими силами, определяющими форму ядра, исследования свойств ядер этой области в настоящее время уделяется значительное внимание.

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения.

В первой главе приведены основные положения теории, необходимые для интерпретации экспериментальных результатов.

Во второй главе рассмотрены некоторые вопросы методики и описаны экспериментальные установки, использованные в исследованиях.

Для исследования корреляций направлений (УК) и интегральных возмущенных угловых корреляций (ИВУК) γ -лучей были созданы два автоматизированных корреляционных спектрометра на базе 1) Ge(Li) ($V = 45 \text{ см}^3$, $\Delta E = 3,5 \text{ кэВ}$ на $E_\gamma = 1332 \text{ кэВ}$ ^{60}Co) и двух сцинтилляционных (NaI(Tl)), $\phi 40 \times 40 \text{ мм}$, ФЭУ-93) детекторов с регистрацией совпадений на многоканальном анализаторе импульсов

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

типа МТА -512 В, причем, в зависимости от угловой позиции детекторов и направления внешнего поляризующего поля регистрация совпадений производилась в определенном секторе памяти анализатора.

2) Двух Ge(Li) -детекторов ($V_1 = 40 \text{ см}^3$, $V_2 = 35 \text{ см}^3$, $(\Delta E)_1 = 3,2 \text{ кэВ}$ и $(\Delta E)_2 = 2,7 \text{ кэВ}$ на $E_T = 1332 \text{ кэВ } ^{60}\text{Co}$) на линии с ЭВМ МИНСК-2, работающей в режиме двумерного анализа с цифровыми окнами.

Временное разрешение обеих установок регулировалось в пределах $30 \pm 100 \text{ нс}$.

Измерения дифференциальных возмущенных угловых корреляций

γ -лучей (ДВУК) проводились на многоканальном временном анализаторе с использованием сцинтилляционных детекторов (NaI(Tl)), $40 \times 40 \text{ мм}$, фотоумножители типа XP-1021 и блоков автоматики корреляционной установки (I). Временное разрешение установки в условиях измерений составляло $1,8 \pm 3 \text{ нс}$.

Блок-схемы установок приведены соответственно на рис.1,2 и 3.

Радиоактивные изотопы Tb получались в реакциях глубокого расщепления Ta или Gd быстрыми протонами с энергией 660 МэВ (Ta) и 120 МэВ (Gd) на внутренней пучке синхроциклотрона ОИЯИ. Моноизотопы Tb получались разделением хроматографически выделенного элемента Tb на электромагнитном масс-сепараторе.

Для исследования УК сепарированные источники растворялись в 10% растворе HCl и помещались в полиэтиленовую ампулу ($\phi 3 \times 10 \text{ мм}$), а для исследований ВУК изотопы Tb на масс-сепараторе внедрялись при ускоряющем потенциале 70 кВ в ферромагнитные (железные или никелевые) фольги толщиной 12 мкм.

При исследованиях ВУК фольги с внедренными источниками устанавливались между полюсами небольшого электромагнита.

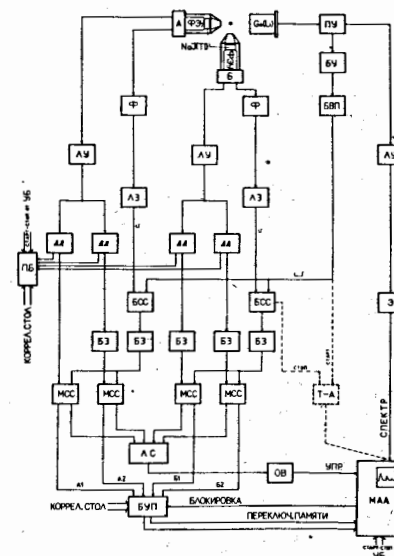


Рис. 1. Блок-схема корреляционного спектрометра с Ge(Li) и двумя сцинтилляционными детекторами.

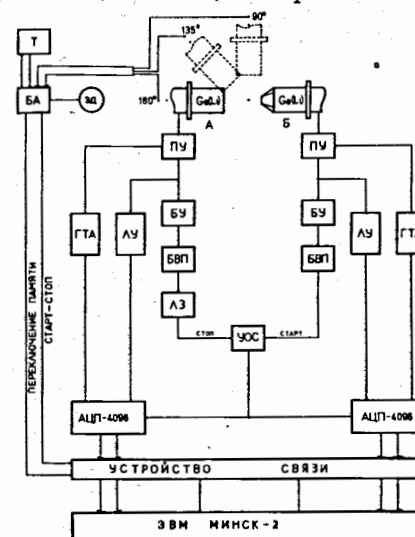


Рис. 2. Блок-схема корреляционного спектрометра с двумя Ge(Li) -детекторами.

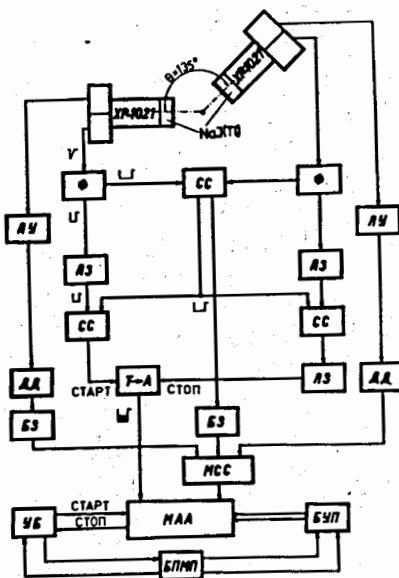


Рис. 3. Блок-схема корреляционного спектрометра с двумя сцинтиляционными детекторами.

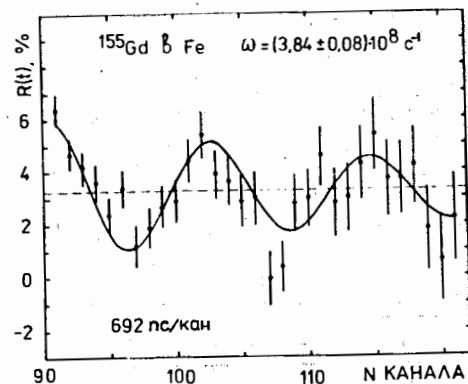


Рис. 4. Кривая спиновой прецессии уровня 86 кэВ ^{155}Gd , имплантированного в Fe ($E_{\text{имп}} = 70$ кэВ).

В третьей главе рассмотрены основные вопросы, связанные с применимостью ферромагнитных образцов с имплантированными радиоактивными изотопами Tb для определения q -факторов возбужденных состояний ядер Gd.

Измерения ДВУК для каскада 180-86 кэВ (промежуточное состояние 86 кэВ, $T_{1/2} = 6,45 \pm 0,12$ нс) в ^{155}Gd , проведенные с использованием радиоактивных источников ^{155}Tb , внедренных в Fe и Ni матрицы, позволили определить значения статических магнитных полей $H_{\text{Gd}}(\text{Fe}) = -213 \pm 15$ кГс и $H_{\text{Gd}}(\text{Ni}) = -29 \pm 3$ кГс. Кривая спиновой прецессии возбужденного состояния 86 кэВ, полученная для матрицы Fe, приведена на рис. 4. Эти измерения и исследования температурной зависимости коэффициентов функции угловых корреляций в ^{151}Gd показали наличие в образцах помимо статических, динамических взаимодействий и позволили определить параметры релаксации $\lambda_2(\text{Gd Fe}) = (1,27 \pm 0,43) \cdot 10^8 \text{ c}^{-1}$ и $\lambda_2(\text{Gd Ni}) = (0,37 \pm 0,16) \cdot 10^8 \text{ c}^{-1}$, характеризующие динамические сверхтонкие взаимодействия. Для этого же каскада в ^{155}Gd были проведены измерения ИВУК (с теми же образцами). На рис. 5 приведены измеренные для случая ^{155}Tb , имплантированного в Fe матрицу ($E_{\text{имп}} = 70$ кэВ) угловые распределения каскада 180-86 кэВ при двух противоположных направлениях поляризуемого поля. Значения частот ларморовой прецессии $\bar{\omega}_L$, вытекающие из результатов ИВУК, оказались существенно меньше соответствующих значений ω_L , полученных в исследованиях ДВУК. Такое же ослабление в ИВУК наблюдается и для величин \bar{b}_2 - коэффициентов функций угловых корреляций. Эти расхождения не могут быть устранены при учете только динамических взаимодействий.

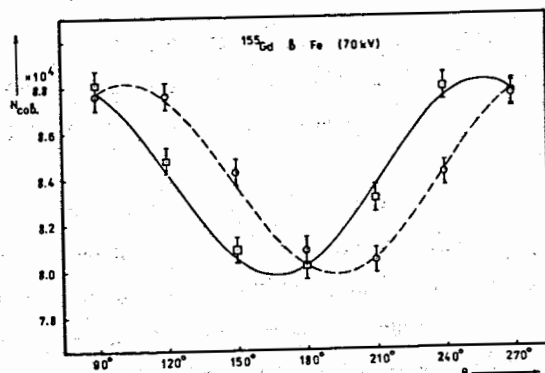


Рис. 5. Угловые распределения каскада 180-86 кэВ ^{155}Gd в Fe ($E_{\text{илл}} = 70$ кэВ), соответствующих двум противоположным направлениям поляризуемого поля.

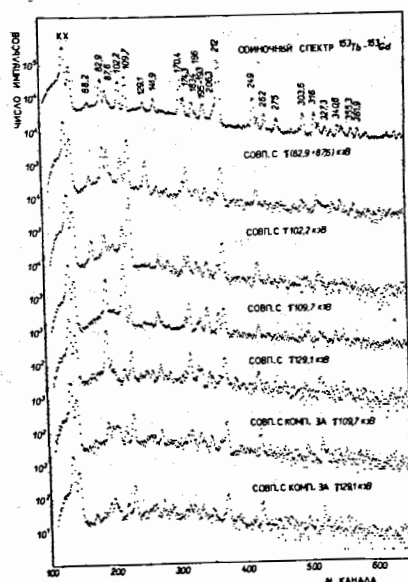


Рис. 6. Одиночный и некоторые спектры совпадений при распаде $^{153}\text{Tb} \rightarrow ^{153}\text{Gd}$, измеренные на установке с двумя $\text{Gd}(\text{Li})$ -детекторами.

Ослабление значений $\bar{\omega}_L$ и \bar{b}_2 в ИВУК можно объяснить, предположив, что часть внецепных ядер Gd в матрицах не "чувствует" сверхтонкого магнитного поля, в результате чего измеренная функция ИВУК является суперпозицией двух функций $1/2$:

$$\bar{W}(\theta, \pm H) = f W(\theta, \pm H) + (1-f) W(\theta, H=0),$$

где f - часть ядер, на которые действует сверхтонкое магнитное поле. Из сравнения этого выражения с экспериментальной функцией $N(\theta, \pm H) = N_0 (1 + \bar{b}_2 \cos 2(\theta \pm \Delta\theta))$ вытекают соотношения между величинами $\bar{\omega}_L$ и \bar{b}_2 и параметрами f , $G_{22} = (1 + \lambda_2 \tau)^{-1}$ и неослабленными значениями ω_L и b_2 :

$$\bar{\omega}_L \tau = \frac{f G_{22} (\omega_L \tau G_{22})}{f G_{22} + (1-f) [1 + (2 \omega_L \tau G_{22})^2]}$$

и

$$(\bar{b}_2)^2 = \frac{f G_{22} [f G_{22} + 2(1-f)]}{1 + (2 \omega_L \tau G_{22})^2} + (1-f)^2.$$

Применив эти соотношения, мы определили значения величин f для использованных образцов (табл. I).

Таблица I

Параметры, характеризующие сверхтонкие взаимодействия на ядрах Gd в матрицах Fe и Ni

Матрица	$E_{\text{илл}}$, кэВ	$\bar{\omega}_L \tau$, рад	$\omega_L \tau$, рад	\bar{b}_2	$f(\omega_L)$, %	$f(b_2)$, %
Ni	70	$-0,124 \pm 0,013$	$-0,49 \pm 0,02$	$-0,121 \pm 0,004$	51 ± 9	40 ± 8
Fe	70	$-0,242 \pm 0,034$	$-3,57 \pm 0,10$	$-0,050 \pm 0,003$	81 ± 3	71 ± 2
	25	$-0,134 \pm 0,021$		$-0,073 \pm 0,004$	69 ± 5	55 ± 2

Полученные в этих исследованиях значения $H_{\text{Gd}}(\text{Fe})$, λ_2 и f использовались для определения из результатов исследований ИВУК значений q -факторов возбужденных состояний в $^{149}\text{I}, ^{151}\text{I}, ^{153}\text{Gd}$.

Таблица 2
Значения коэффициентов A_{22} и A_{44} функций угловых $\gamma\gamma$ корреляций в ядрах
 Gd с $A = 147, 149, 151$ и 153

Каскад, кэВ	A_{22}	A_{44}	Каскад, кэВ	A_{22}	A_{44}
147_{Gd}					
694-1152	-0,047±0,033	-0,020±0,021	692-287	+0,057±0,054	-0,045±0,036
140-1152	-0,067±0,012	-0,004±0,026	180-395	-0,081±0,044	-0,016±0,059
120-140	+0,003±0,018	+0,003±0,042	192-395	+0,043±0,042	+0,013±0,137
120-(140)-1152	+0,026±0,040	-0,031±0,089	444-395	+0,093±0,070	-0,005±0,025
149_{Gd}					
157-165	-0,096±0,016	+0,002±0,040	605-479	+0,156±0,012	+0,040±0,045
552-165	-0,030±0,020	-0,025±0,044	617-467	+0,011±0,034	+0,028±0,179
862-165	-0,114±0,032	-0,027±0,070	252-587	-0,070±0,011	-0,001±0,020
388-652	-0,194±0,032	-0,042±0,071	153_{Gd}		
853-352	+0,067±0,031	-0,054±0,064	82-87	-0,028±0,009	-0,006±0,017
388-817	-0,105±0,052	+0,050±0,095	82-19-109	+0,037±0,006	+0,007±0,015
388-...-165	-0,116±0,028	-0,087±0,069	82-129	+0,156±0,029	-0,024±0,045
151_{Gd}					
180-287-108	-0,209±0,014	-0,017±0,028	102-68	-0,206±0,080	-0,004±0,125
192-287-108	+0,073±0,040	+0,034±0,081	102-109	+0,177±0,010	+0,066±0,054
287-108	-0,342±0,013	+0,016±0,022	174-87	+0,023±0,031	-0,008±0,065
444-287-108	+0,157±0,017	-0,007±0,040	174-19-109	-0,013±0,047	-0,009±0,152
467-108	+0,237±0,100	-0,025±0,180	194-109	+0,192±0,030	+0,003±0,069
479-108	+0,040±0,011	+0,030±0,023	206-109	+0,163±0,059	+0,069±0,103
617-...-108	-0,007±0,037	-0,050±0,039	* 0		
692-287-108	+0,040±0,020	+0,007±0,041	711-109	-0,217±0,081	-0,090±0,057
704-108	+0,226±0,020	-0,020±0,037	755-109	+0,102±0,077	-0,144±0,036
731-108	+0,025±0,038	+0,004±0,063	827-109	-0,149±0,014	-0,220±0,031
817-180	-0,146±0,032	-0,017±0,036	845-109	-0,040±0,033	-0,202±0,054
252-192	+0,218±0,019	-0,011±0,048	905-19-109	-0,051±0,045	-0,012±0,014
192-287	+0,056±0,026	-0,012±0,196	925-109	-0,010±0,030	-0,012±0,031
380-416-287	+0,111±0,100	-0,010±0,030	992-109	-0,012±0,031	-0,012±0,031
416-287	+0,048±0,056	-0,010±0,030			
444-287	-0,168±0,014	-0,010±0,030			
617-180-287	+0,012±0,015	-0,020±0,031			

Таблица 3
Значения спинов уровней в относительных матричных элементах смешанных электромагнитных переходов в ядрах Gd с $A = 147-153$, определенным из результатов измерений угловых гамма-гамма корреляций

$E_{\gamma},$ кэВ	I^{π}	$E_{\gamma},$ кэВ	I^{π}	$E_{\gamma},$ кэВ	I^{π}	$E_{\gamma},$ кэВ	I^{π}	$E_{\gamma},$ кэВ	I^{π}
147_{Gd}									
1152	3/2, 5/2 ⁺	1152	∞	587	3/2 ⁻	192	-0,116 \pm 0,046	249	5/2 ⁻
1292	(5/2) ⁺					479	+18,4 \pm 4,8 3,0	303	5/2 ⁺
1412	(7/2) ⁺					587	∞	316	3/2 ⁺
1847	5/2 ⁻			812	3/2 ⁻	416	-0,39 \pm 0,11 -0,16	442	5/2 ⁺
149_{Gd}									
165	5/2 ⁻	-0,812 \pm 0,018		839	1/2 ⁻	704	-0,248 \pm 0,020	821	5/2 ⁺
352	3/2 ⁻	+0,295 \pm 0,100				252	\leq 10,05)	865	3/2 ⁺
817	5/2 ⁻	0				444	-0,559 \pm 0,014	937	3/2 ⁺
		-3,26 \pm 9,74 -1,56		1088	(3/2) ⁻	731	∞	945	3/2 ⁺
						692	+9,9 \pm 4,2 MAX +0,37 \pm 0,08	955	5/2 ⁺
1026	3/2 ⁺	+ ~ 0,10		1192	1/2 ⁺	380	0	1035	5/2 ⁺
1205	3/2 ⁻	- ~ 0,10				605	0	1101	3/2 ⁺
		-7,9 \pm 20,5 3,6				153_{Gd}			
151_{Gd}									
108	5/2 ⁻	-0,828 \pm 0,024		42	5/2 ⁻	68	+0,234		
395	3/2 ⁻	+0,208 \pm 0,016		109	5/2 ⁻	109	-0,043 \pm 0,012		
		287							
976	1/2 ⁻	385		129	3/2 ⁻	87	-0,026 \pm 0,018		
		180							
		467		212	3/2 ⁺	129	+0,012 \pm 0,036		
		∞							

В четвертой главе приведены результаты измерений корреляций направлений гамма-лучей в изотопах Gd с $A = 147, 149, 151$ и 153 . Значения коэффициентов функций угловых корреляций исследованных каскадов приведены в таблице 2. Из 60 измеренных каскадов 41 был исследован впервые. На рис. 6 для примера приведены некоторые спектры совпадений γ -лучей, измеренные при распаде ^{153}Tb на установке с двумя $Ge(Li)$ детекторами. Выводы о значениях спинов, уровней и мультипольностях электромагнитных переходов, сделанные на основе сравнения экспериментальных значений коэффициентов функций угловых корреляций с теоретическими, приведены в таблице 3.

В пятой главе рассматриваются результаты исследований возмущенных угловых корреляций в ядрах Gd с $A = 149, 151$ и 153 . Исследования проводились с радиоактивными источниками Tb ($A=149, 151$ и 153), ионы которых были имплантированы в железные фольги.

^{151}Gd измерялись ДВУК и ИВУК для каскада 287-108 КэВ. Кривые распада и спиновой прецессии уровня 108 кэВ, полученные в одной из серий измерений, приведены на рис. 7 и 8. Результаты ДВУК позволили определить значения $\omega_L = (0,43 \pm 0,04) \cdot 10^9 \text{ с}^{-1}$ и $\lambda_2 = (1,2 \pm 0,8) \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$ и вытекающее из величины ω_L значение g -фактора для уровня 108 кэВ $g = -0,42 \pm 0,05$.

При сравнении значения $\bar{\omega}_L$, полученного из результатов ИВУК, как и в случае ^{155}Gd , наблюдается ее существенное ослабление по сравнению со значением ω_L соответствующего ДВУК.

Аналогично разобранным выше случаям с ^{155}Gd , приняв для параметра релаксации λ_2 средневзвешенное значение по измерениям ДВУК в ^{155}Gd и ^{151}Gd , мы определили значения коэффициентов $f(\omega_L)$ и $f(b_2)$, которые в пределах ошибок согласуются между собой и с соответствующими значениями, полученными в исследованиях с ^{155}Gd (таблица 1).

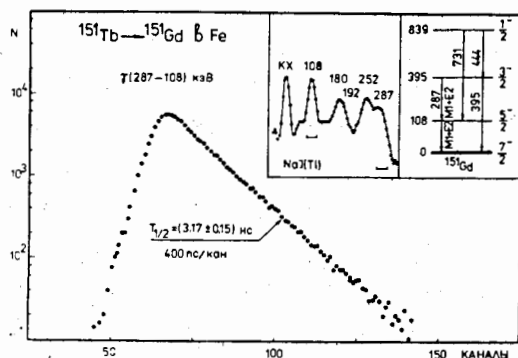


Рис. 7. Кривая распада уровня 108 кэВ в ^{151}Gd . На вставке приведены фрагмент схемы уровней ^{151}Gd и одиночный спектр ^{151}Tb , измеренный сцинтилляционным детектором.

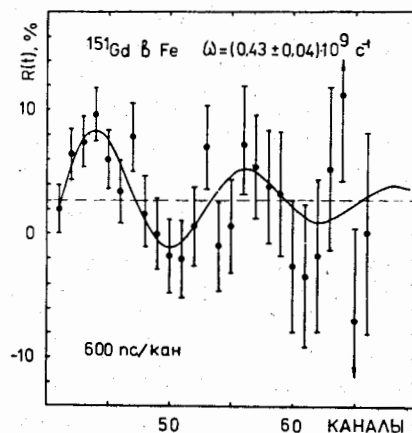


Рис. 8. Кривая спиновой прецессии уровня 108 кэВ ^{151}Gd , имплантированного в Fe ($E_{\text{имп}} = 70$ кэВ).

Информацию о значениях q -факторов возбужденных состояний можно получить и из измерений параметра ИВУК $R(135^\circ, \pm H)$. Результаты этих измерений приведены в таблице 4. Для примера на рис. 9 приведены результаты измерений параметра ИВУК $R(135^\circ, \pm H)$ для каскада 187-165 в ^{149}Gd . При определении q -факторов использовались значения величин $H_{\text{Gd}}(\text{Fe})$, λ_2 и f , определенных в исследованиях, описанных выше. В таблице 5 приведены значения магнитных моментов исследуемых состояний в ядрах Gd с $A=149, 151$ и 153 , определенные по средневзвешенным значениям q -факторов, полученным в наших измерениях ДВУК и ИВУК. Следует отметить, что все приведенные значения получены нами впервые.

В шестой главе проводятся обсуждения свойств низковозбужденных состояний в исследуемых ядрах Gd . Как уже отмечалось выше, в рассматриваемых ядрах Gd , расположенных в переходной области, должны проявляться свойства как сферических, так и деформированных ядер, что приводит к усложнению их физической природы. Если основные состояния $^{147}, ^{149}, ^{151}\text{Gd}$ можно интерпретировать как сферические нейтронные состояния нечетного нейтрона $2f_{7/2}$, то сделать определенные выводы о природе их возбужденных состояний затруднительно.

Имеющиеся сведения о ядре ^{147}Gd не позволяют однозначно приписать его первому возбужденному состоянию (из распада ^{147}Tb) значение спина $3/2$ или $5/2$. Из систематики нижних уровней изотонов с $N=83$ для этого состояния вытекает значение $\bar{I}^\pi = 3/2^-$, однако из систематики по изотопам $Z=64$ следует ожидать $\bar{I}^\pi = 5/2^-$. В создавшейся ситуации трудно отдать предпочтение приписанию этому состоянию того или иного значения спина. Факторы торможения переходов, разряжающих состояния 1152 и 1492 кэВ, могут свидетельствовать об одночастичном характере этих переходов.

Таблица 4

Результаты измерений ИВУК при $\theta = 135^\circ$ в нечетных ядрах ^{149}Gd , ^{151}Gd , ^{153}Gd

Ядро	Каскада, кэВ	$\kappa(\mu^2, i_1 i_2)$, A_{22}^{μ}	$\omega, \%$, рац.	E_{γ} , кэВ	q
^{149}Gd	187-165	$-0,21 \pm 0,016$ $-0,356 \pm 0,014$	$-0,87 \pm 0,22$	165	$-0,35 \pm 0,10$
	652-165	$+0,117 \pm 0,018$ $+0,180 \pm 0,018$	$-0,95 \pm 0,40$		$-0,39 \pm 0,17$
^{151}Gd	287-108	$-0,065 \pm 0,010$ $-0,308 \pm 0,012$	$-2,28 \pm 0,63$	108	$-0,47 \pm 0,14$
	444-287	$-0,122 \pm 0,022$ $-0,156 \pm 0,014$	$-0,67 \pm 0,14$	395	$-1,65 \pm 0,50$
^{153}Gd	102-109	$-0,025 \pm 0,004$ $+0,160 \pm 0,009$	$+0,09 \pm 0,02$	109	$+0,16 \pm 0,06$
	82-129	$-0,060 \pm 0,016$ $+0,142 \pm 0,026$	$+0,85 \pm 0,31$	129	$+0,22 \pm 0,08$

а) Значения A_{22} приведены с учетом геометрии опытов.

Таблица 5

Магнитные моменты нижних возбужденных состояний ^{149}Gd , ^{151}Gd , ^{153}Gd .

Ядро	Уровень, кэВ	I^π	$g_{\text{ф.т.}}$	μ , я.м.	
				Наши данные	Работы [5]
^{149}Gd	165	$5/2^-$	$-0,36 \pm 0,09$	$-0,90 \pm 0,23$	
^{151}Gd	108	$5/2^-$	$-0,43 \pm 0,06$	$-1,08 \pm 0,13$	$-1,23 \pm 0,17$
	395	$3/2^-$	$-1,65 \pm 0,50$	$-2,48 \pm 0,75$	
^{153}Gd	109	$5/2^-$	$+0,16 \pm 0,06$	$+0,40 \pm 0,15$	
	129	$3/2^-$	$+0,22 \pm 0,08$	$+0,33 \pm 0,12$	

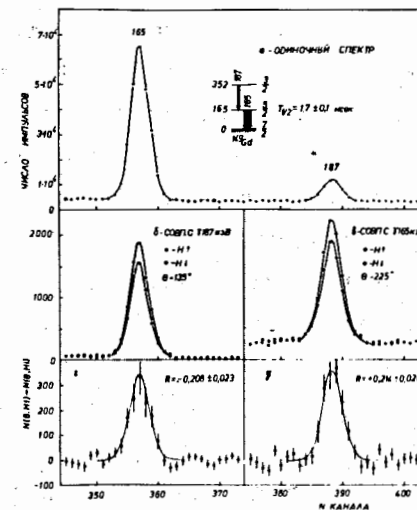


Рис. 9. а - участок гамма-спектра ^{149}Gd ; б, в - спектры совпадений с γ 187 и γ 165 кэВ для двух противоположных направлений магнитного поля; г, д - разности числа совпадений, соответствующих противоположным направлениям магнитного поля.

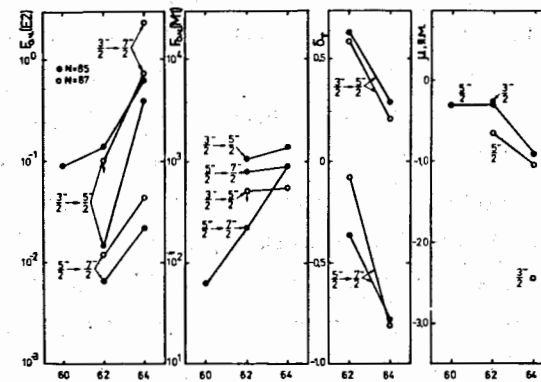


Рис.10. Факторы торможения и коэффициенты смеси гамма-переходов, разрывающих нижние состояния с $I^\pi = 3/2^-$ и $5/2^-$, и магнитные моменты этих состояний в изотопах с $N = 85$ и 87 .

На рис.10 представлены значения одночастичных факторов торможения по Мошковскому для E2 и M1 компонент переходов, связывающих нижние состояния $3/2^-$, $5/2^-$ и $7/2^-$ в ядрах $^{149}_{64}\text{Gd}_{85}$, $^{151}_{64}\text{Gd}_{87}$, $^{147}_{62}\text{Sm}_{85}$, $^{149}_{62}\text{Sm}_{87}$ и $^{149}_{60}\text{Nd}_{85}$, отношения приведенных матричных элементов этих переходов и значения магнитных моментов рассматриваемых возбужденных состояний.

В рамках оболочечной модели нижние состояния $7/2^-$, $5/2^-$ и $3/2^-$ можно рассматривать как состояния нечетного нейтрона в подоболочках $2f_{7/2}$, $2f_{5/2}$ и $3p_{3/2}$ соответственно. Однако в этом случае трудно понять большие факторы торможения для разрешенных M1 переходов $2f_{5/2} \rightarrow 2f_{7/2}$ и резкое ослабление ускорений E2 переходов в ядрах Gd по сравнению с соответствующими переходами в ядрах Sm и Nd, к тому же, если для состояния $3/2^-$ ^{151}Gd значение магнитного момента согласуется с предсказаниями модели Шмидта, то для состояния $5/2^-$ из модели Шмидта следует знак магнитного момента, противоположный экспериментальному.

Эти противоречия в какой-то степени можно объяснить, если исходить из предположения о существовании в рассматриваемых ядрах как сферических, так и деформированных состояний. Вероятности переходов, связанных с изменением формы ядра, должны быть существенно ослаблены. Учитывая, что степень деформации для рассматриваемых состояний должна возрастать с ростом Z и N и энергий возбуждения, можно понять характер зависимости торможения E2 и M1 переходов от Z и N . В случае M1 переходов $3/2^- \rightarrow 5/2^-$, помимо рассмотренного возможного механизма торможения, необходимо учитывать наличие запрета по орбитальному квантовому числу ℓ для переходов $p_{3/2} \rightarrow f_{5/2}$. При этом слабое изменение вероятностей этих переходов с ростом Z можно объяснить усилением торможения, вызванного увеличением дефор-

мации с одной стороны и ослаблением ℓ запрета по мере возрастания числа протонов в ядре сверх заполненной оболочки $Z=50$ -с другой.

Возможна и другая интерпретация природы этих состояний. В работе /4/ предлагалось интерпретировать рассматриваемые состояния $7/2^-$, $5/2^-$ и $3/2^-$ как компоненты конфигурационного мультиплета $(2f_{7/2})^{-3}$. Однако в этом случае трудно объяснить наблюдаемые большие торможения M1 переходов $5/2^- \rightarrow 7/2^-$ и $3/2^- \rightarrow 5/2^-$.

Авторы работы /5/ показали, что вероятности M1 и E2 переходов между никакими состояниями $3/2^-$, $5/2^-$ и $7/2^-$ в ядре ^{147}Sm , а также значение магнитных моментов этих состояний можно объяснить в рамках оболочечной модели, если учесть парные и квадруполь-квадрупольные взаимодействия.

В таблице 6 приведены экспериментальные магнитные моменты низких возбужденных состояний ^{147}Sm , ^{149}Gd , ^{151}Gd и соответствующие теоретические значения, вычисленные по моделям Шмидта, Де-Шалита и Кисленгера-Соренсена.

Таблица 6

Экспериментальные и теоретические значения магнитных моментов (в Я.М.) нижних возбужденных состояний ядер ^{147}Sm , ^{149}Gd и ^{151}Gd

Ядро	I^{π}	$\mu_{\text{экс}}$	$\mu_{\text{Ш}}$	$\mu_{\text{ДШ}}$	$\mu_{\text{КС}}$
^{147}Sm	$5/2^-$	$-0,28 \pm 0,16^{5/}$	+ 1,36	- 1,5	$-0,11^{5/}$
	$3/2^-$	$-0,27 \pm 0,09^{5/}$	- 1,91	- 1,98	$-0,22^{5/}$
^{149}Gd	$5/2^-$	$-0,90 \pm 0,23$	+ 1,36	- 1,5	
^{151}Gd	$5/2^-$	$-0,08 \pm 0,13$	+ 1,36	- 1,5	
	$3/2^-$	$-2,48 \pm 0,75$	- 1,91	- 1,98	

Измеренные значения магнитных моментов состояний $3/2^-$ и $5/2^-$ в $^{149,151}\text{Gd}$ и вероятности М1 и Е2 переходов, разрывающих эти состояния, свидетельствует, что вклад фоонных примесей в этих состояниях уменьшается по сравнению со случаем ^{147}Sm .

Свойства возбужденных состояний ^{153}Gd удовлетворительно описываются в рамках неадиабатической вращательной модели, развитой в работах Базната и др. [6,7]. Вычисления, проведенные с учетом кориолисова взаимодействия для состояний с отрицательной четностью в ^{153}Gd , показали, что низколежащие состояния могут быть идентифицированы как принадлежащие вращательным полосам на состояниях $3/2^- [521]$ (основное состояние), $5/2^- [523]$ (уровень 109 кэВ), $3/2^- [532]$ (уровень 129 кэВ) и $1/2^- [530]$ (уровень 195 кэВ). Это подтверждает и вычисления магнитных моментов уровней $5/2^- [523]$ и $3/2^- [532]$, приведенных в таблице 7. Магнитные моменты вычислены при значении $g_R^0 = 0,3$.

Таблица 7

Экспериментальные и теоретические значения магнитных моментов возбужденных состояний 109 и 129 кэВ в ^{153}Gd .

$E_{ур}, \text{кэВ}$	I^π	$K [N, \Lambda]$	$\mu, \text{Я.М.}$	
			Эксперимент	Теория [6,7]
0	$3/2^-$	$3/2 [521]$	-	- 0,12
109	$5/2^-$	$5/2 [523]$	$+ 0,40 \pm 0,15$	$+ 0,22$
129	$3/2^-$	$3/2 [532]$	$+ 0,33 \pm 0,12$	$+ 0,19$

Таким образом, основные результаты, представленные в работе, можно свести к следующему:

1. Для исследований невозмущенных и возмущенных угловых корреляций гамма-лучей созданы два автоматизированных корреляционных спектрометра: один - с двумя $\text{Ge}(\text{Li})$ - детекторами, другой - с $\text{Ge}(\text{Li})$ и двумя сцинтилляционными детекторами;

2. Отработана методика измерений интегральных и дифференциальных возмущенных угловых корреляций гамма-лучей с использованием изотопов Tb, имплантированных с помощью электромагнитного масс-сепаратора в ферромагнитные фольги;

3. В ядрах $^{147,149,151,153}\text{Gd}$ измерены корреляции направлений γ -лучей для 60 каскадов. Из них 41 впервые. На основе этих измерений установлены значения спинов для 32 уровней и определены отношения матричных элементов для 20 смешанных электромагнитных переходов;

4. Оценены верхние границы периодов полураспада нижних возбужденных состояний в ^{147}Gd ;

5. Методами дифференциальных и интегральных возмущенных угловых корреляций впервые определены магнитные моменты нижних возбужденных состояний с энергиями 165 кэВ в ^{149}Gd , 108 и 395 кэВ в ^{151}Gd и 109 и 129 кэВ в ^{153}Gd ;

6. На основе полученных данных обсуждаются свойства исследованных состояний.

Основные результаты, изложенные в диссертации, докладывались на XXIV и XXV совещаниях по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра в Харькове (1974), в Ленинграде (1975) и в Ташкенте (1977) на XIII и XIV совещаниях по ядерной спектроскопии и теории ядра в Дубне (1973, 1975), на Международной конференции по изучению сверхтонких взаимодействий в ядерных реакциях и при радиоактивном распаде

в Уппсале (1974), на международной конференции по избранным вопросам структуры ядра в Дубне (1976) и опубликованы в работах /6-16/.

ЛИТЕРАТУРА

1. H. Bernas. Theses, Orsay, France 1971
2. Z. Bozek, A. Z. Hryniewicz, J. C. Merdinger, J. P. Vivien
Phys. Rev., 12C(1975)1873
3. T. Bedica, D. Bogdan, C. Ciortea, Z. Dima, A. Petrovici,
I. Popescu, I. I. Gromova. Z. Physik, A217(1976)217
4. К. Вильский, В. В. Кузнецов, О. Б. Нильсен, О. Скилбрайт, В. А. Халкин.
ЯФ, 6 (1967), 672.
5. E. Bozek, R. Broda, J. Golczewski, A. Z. Hryniewicz, R. Kulesza,
N. Nieowodnicznsky, M. Rybiska, W. Walus. Nucl. Phys., A122(1968)184
6. М. И. Базнат, Н. И. Пятон, М. И. Черней. ЭЧАЯ, 4 (1973) 941.
7. M. I. Baznat, N. I. Pyatov, M. I. Chernej. Phys. Scr., 6(1972)227
8. М. Будзински, Т. Бэдикэ, Р. Ион-Михай, Н. З. Марупов, В. А. Морозов,
Т. М. Муминов, М. Суботович, Х. Фуя, И. Холбаев. Изв. АН СССР, сер. физ.
38 (1974) 2129.
9. М. Будзински, Я. Ваврышук, И. И. Громова, Р. Ион-Михай, Г. И. Лизурей,
В. А. Морозов, В. И. Фоминых, Т. М. Муминов, А. Б. Халикулов, И. Холбаев,
В. Жук. XIV совещание по ядерной спектроскопии и теории ядра.
Д6-8846, Дубна 1975, стр. 113.
10. Будзински, Р. Ион-Михай, В. А. Морозов, Т. М. Муминов, М. Суботович,
Х. Фуя, И. Холбаев. Изв. АН СССР, сер. физ., 38 (1974) 2493.
11. В. П. Афанасьев, М. Будзински, И. Деметр, Х. Фуя, К. Я. Громов, И. И. Гро-
мова, И. Холбаев, Р. Ион-Михай, Д. Мончка, В. А. Морозов, Т. М. Му-
минов, В. Жук. ОИЯИ, Е6-8327, Дубна, 1974.

12. Я. Ваврышук, В. Жук, Р. Ион-Михай, Э. Крупа, Г. Лизурей, М. М. Маликов,
Т. М. Муминов, В. И. Стегайлов, В. Таньска-Крупа, И. Холбаев.
Труды Международной конференции по избранным вопросам структу-
ры ядра. Д-9882, Дубна, 1976, стр. 79.
13. Б. А. Аликов, М. Будзински, Т. Бэдикэ, Я. Ваврышук, В. Жук, Р. Ион-
Михай, В. В. Кузнецов, Г. Лизурей, Т. М. Муминов, М. И. Фоминых,
И. Холбаев. Acta Phys. Polonica. B7(1976)59.
14. М. Будзински, Я. Ваврышук, И. И. Громова, В. Жук, Р. Ион-Михай,
Г. Лизурей, М. Суботович, В. И. Фоминых, Х. Фуя, И. Холбаев.
Программа и тезисы докладов XXV совещания по ядерной спектро-
скопии и структуре атомного ядра. Ленинград, 1975. "Наука",
стр. 183.
15. Б. А. Аликов, М. Будзински, Я. Ваврышук, В. Жук, Р. Ион-Михай, Э.
Крупа, Г. Лизурей, М. М. Маликов, Т. М. Муминов, Я. Сажински, В. И.
Стегайлов, В. Таньска-Крупа, В. И. Фоминых, И. Холбаев.
Препринт ОИЯИ, Р13-9607, Дубна, 1976.
16. Б. А. Аликов, М. Будзински, Я. Ваврышук, К. Я. Громов, Р. Ион-Михай,
Э. Крупа, Г. Лизурей, М. М. Маликов, Т. М. Муминов, В. И. Стегайлов,
В. Таньска-Крупа, М. И. Фоминых, В. И. Фоминых, И. Холбаев., В. М.
Цушко-Ситников, ОИЯИ, Р13-9608, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 марта 1977 года.