

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



4/м-75

A-50

P6 - 8823

2756/2-75

Б.А.Аликов, М.Будзынски, Т.Бэдикэ, Я.Ваврыщук,  
В.Жук, Р.Ион-Михай, В.В.Кузнецов, Г.И.Лизурей,  
В.А.Морозов, Т.М.Муминов,  
М.И.Фоминых, И.Холбаев

КОРРЕЛЯЦИИ НАПРАВЛЕНИЙ  
ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В  $^{153}\text{Gd}$

1975

Б.А.Аликов,<sup>1</sup> М.Будзынски, Т.Бэдикэ,<sup>2</sup> Я.Ваврышук,  
В.Жук,<sup>3</sup> Р.Ион-Михай, В.В.Кузнецов, Г.И.Лизурей,  
В.А.Морозов, Т.М.Муминов,<sup>1</sup>  
М.И.Фоминых, И.Холбаев<sup>1</sup>

КОРРЕЛЯЦИИ НАПРАВЛЕНИЙ  
ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В  $^{153}\text{Gd}$

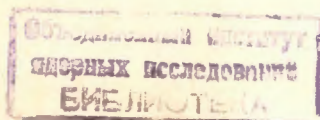
*Направлено в Acta Physica Polonica*

---

<sup>1</sup> Самаркандский госуниверситет им. А.Навои.

<sup>2</sup> Институт атомной физики, Бухарест, СРР.

<sup>3</sup> Университет им. М.Кюри-Скловской, Люблин, ПНР.



## S U M M A R Y

At the decay  $^{153}\text{Tb} \rightarrow ^{153}\text{Gd}$  there were studied the correlations of directions of  $\gamma$ -radiation for the cascades: 82,9-87,6 keV, 82,9-(19)-109,7 keV, 82,9-129,1 keV, 102,2-68,2 keV, 139,7-109,7 keV, 174,3-87,6 keV, 174,3-(19)-109,7 keV, 102,2-109,7 keV, 186,9-129,1 keV, 193,7-109,7 keV, 206,3-109,7 keV, 332,5-109,7 keV, 835,4-109,7 keV, 845,6-109,7 keV, and 991,7-109,7 keV.

The spin values are determined for the energy levels of 41,5(5/2), 109,7(5/2), 129,1(3/2), 211,9(3/2), 249,5(5/2), 303,5(5/2), 316,1(3/2), 442,2(5/2), 945,1(3/2), 955,3(5/2) and 1101,5(3/2) keV and the coefficients are given for  $\delta_\gamma$  transition mixture 68,2, 87,6, 109,7 and 129,1 keV.

The spin values of other  $^{153}\text{Gd}$  levels are discussed.

Исследования распада  $^{153}\text{Tb} \rightarrow ^{153}\text{Gd}$ , проведенные в работах /1-4/, не дают возможности однозначно установить значения спинов для большинства возбужденных состояний  $^{153}\text{Gd}$ .

Наличие интенсивных каскадов с E1-переходами при распаде  $^{153}\text{Tb}$  создает благоприятные условия для определения спинов многих возбужденных состояний  $^{153}\text{Gd}$  методом угловых гамма-гамма корреляций.

В настоящей работе изучались корреляции направленных  $\gamma$ -излучений каскадов: 82,9-87,6 кэВ, 82,9-/19/-109,7 кэВ, 82,9-129,1 кэВ, 102,2-68,2 кэВ, 102,2-109,7 кэВ, 139,7-109,7 кэВ, 174,3-87,6 кэВ, 174,3-/19/-109,7 кэВ, 186,9-129,1 кэВ, 193,7-109,7 кэВ, 206,3-109,7 кэВ, 332,5-109,7 кэВ, 835,4-109,7 кэВ, 845,6-109,7 кэВ и 991,7-109,7 кэВ.

Результаты измерений позволили однозначно приписать значения спинов уровням: 41,5 /5/2/ кэВ, 109,7 /5/2/ кэВ, 129,1 /3/2/ кэВ, 211,9 /3/2/ кэВ, 249,5 /5/2/ кэВ, 303,5 /5/2/ кэВ, 316,1 /3/2/ кэВ, 442,5 /5/2/ кэВ, 945,1 /3/2/ кэВ, 955,3 /5/2/ кэВ и 1101,5 /3/2/ кэВ и определить коэффициенты смеси для  $\gamma$ -переходов 68,2 кэВ, 87,6 кэВ, 109,7 кэВ и 129,1 кэВ.

### 1. Получение радиоактивных источников $^{153}\text{Tb}$

Радиоактивный изотоп  $^{153}\text{Tb}$  /  $T_{1/2} = 2,3$  дня / образовывался в реакции глубокого расщепления ядер тантала протонами с энергией 660 МэВ на внутреннем пучке синхротронного ускорителя ЛЯП ОИЯИ. Из облученной мишени хроматографическим методом выделялся элемент тербия, который затем разделялся по массам на электромагнитном масс-сепараторе отдела ЯС и РХ ЛЯП ОИЯИ. Алюминиевая фольга с внедренными ионами  $^{153}\text{Tb}$  растворялась в HCl, а затем добавлялась дистиллированная вода. Радиоактивный раствор помещался в полиэтиленовую ампулу размерами  $\phi 3 \times 10$  мм.

## 2. Аппаратура

Измерения проводились на двух независимых автоматизированных корреляционных установках.

Первая установка была собрана на базе спектрометра  $\gamma$ - $\gamma$  -совпадений, сопряженного с ЭВМ Минск-2, работающего в двухмерном режиме с использованием цифровых окон<sup>/5/</sup>. Для регистрации  $\gamma$  -квантов применялись два Ge(Li) -детектора с чувствительными объемами 40 и 35 см<sup>3</sup> с энергетическими разрешениями 3 и 2,5 кэВ /на  $E_\gamma = 1173$  кэВ, <sup>60</sup>Со /, соответственно. Управление корреляционного стола, на котором устанавливались ампула с радиоактивным источником и оба детектора, осуществлялось автоматически. Совпадения регистрировались циклическим образом при углах 90°, 135° и 180° с десятиминутными экспозициями. Источник находился на расстоянии 10 см от обоих детекторов.

Система цифровых окон при разбиении памяти ЭВМ на четыре части позволяла одновременно регистрировать шесть спектров совпадений /по 1024 канала/  $\gamma$  -лучей с  $\gamma$  -лучами, отобранными шестью энергетическими окнами в канале подвижного детектора. Временное разрешение быстрого тракта было  $2\tau \approx 60$  нсек.

В обоих энергетических трактах применялась стабилизация положения пика.

Вторая установка применялась нами только для изучения углового распределения высокоэнергетических каскадов. Регистрация  $\gamma$  -излучения производилась Ge(Li) -детектором с чувствительным объемом 45 см<sup>3</sup> и с энергетическим разрешением 3,5 кэВ на  $E_\gamma = 1173$  кэВ и двумя сцинтилляционными детекторами с кристаллами NaI(Tl) размерами  $\phi 40 \times 40$  мм, закрепленными на подвижной платформе корреляционного стола /угол между осями сцинтилляционных детекторов 90°/. Энергетические окна выбирались с помощью дифференциальных дискриминаторов в каналах сцинтилляционных детекторов. Спектры совпадений для каждого окна, определенного детектора и соответствующего угла регистрировались в отдельном участке автоматически разделяемой памяти 1024-канального анализатора. Временное разрешение быстрых трактов составляло  $2\tau \approx 50$  нсек. Источник

устанавливался на расстоянии 6 см от Ge(Li) -детектора и 8 см от сцинтилляционных детекторов.

В обеих установках центровка источника была не хуже 1%.

## 3. Результаты измерений

Результаты исследований распада  $^{153}\text{Tb} \rightarrow ^{153}\text{Gd}^{2-4/}$  обращают внимание на большую плотность возбужденных состояний  $^{153}\text{Gd}$  и очень сложный спектр  $\gamma$  -излучения  $^{153}\text{Tb}$ . Количественные расчеты на основе спектров  $\gamma$ - $\gamma$  -совпадений в ряде случаев сильно затруднены, даже при использовании в измерениях полупроводниковых детекторов. Поэтому нами измерялись угловые распределения только четко выделяемых каскадов, содержащих переходы: 87,6; 109,7 и 129,1 кэВ.

Для первых двенадцати каскадов, перечисленных в табл. 1, измерения проводились на установке с Ge(Li) -детекторами. Одновременно регистрировались спектры совпадений /в диапазоне энергий  $20 \div 630$  кэВ/ с  $\gamma$  -лучами /82,9+87,6/; 102,2 ; 109,7 и 129,1 кэВ и с комптоновским распределением за пиками полного поглощения  $\gamma$  -лучей 109,7 и 129,1 кэВ. Участки этих спектров для угла  $\Theta = 135^\circ$  представлены на рис. 1.

В случае высокоэнергетических каскадов 835,4 - 109,7; 845,6-109,7 и 991,7-109,7 кэВ измерялась только анизотропия при углах  $\Theta = 90^\circ$  и  $180^\circ$  /с помощью установки с NaI(Tl) и Ge(Li) -детекторами/. Этого достаточно, так как переходы 835,4; 845,6 и 991,7 кэВ типа  $E1^{3,4/}$  и функция угловой корреляции этих каскадов содержит только два члена:  $W(\Theta) = 1 + A_2 P_2(\cos \Theta)$ . В этих измерениях энергетические окна были установлены на  $E_\gamma = 109,7$  кэВ, а спектры совпадений регистрировались в диапазоне энергий  $800 \div 1050$  кэВ.

При определении значений коэффициентов функции угловой корреляции, изучаемых нами каскадов, учитывались вклады совпадений от "чужих" каскадов, случайные совпадения, поправки на центровку источника и на эффективность регистрации и телесные углы детекторов.

Таблица 1  
 Значения коэффициентов  $A_2$  и  $A_4$  функции угловых гамма-  
 гамма корреляций в ядре  $^{153}\text{Gd}$ .

Каскад (кэВ)	Наст. работа		Пользон и др. [9]
	$A_2$	$A_4$	
82,9-87,6	$-0,028 \pm 0,009$	$-0,006 \pm 0,017$	$+0,064 \pm 0,040$
82,9-19-109,7	$+0,037 \pm 0,006$	$+0,007 \pm 0,016$	$+0,073 \pm 0,071$
82,9-129,1	$+0,158 \pm 0,029$	$-0,024 \pm 0,045$	$+0,290 \pm 0,065$
102,2-68,2	$-0,208 \pm 0,080$		
102,2-109,7	$+0,177 \pm 0,010$		$+0,160 \pm 0,021$
139,7-109,7	$-0,162 \pm 0,073$	$+0,040 \pm 0,125$	
174,3-87,6	$+0,023 \pm 0,031$	$+0,066 \pm 0,054$	$+0,194 \pm 0,085$
174,3-19-109,7	$-0,013 \pm 0,040$	$-0,008 \pm 0,065$	$+0,140 \pm 0,160$
186,9-129,1	$+0,170 \pm 0,095$	$-0,009 \pm 0,150$	
193,7-109,7	$-0,192 \pm 0,037$	$+0,003 \pm 0,069$	$-0,189 \pm 0,140$
206,3-109,7	$+0,163 \pm 0,059$	$+0,067 \pm 0,103$	
332,5-109,7	<0		
835,4-109,7	$+0,167 \pm 0,028$		$+0,090 \pm 0,050$
845,6-109,7	$-0,172 \pm 0,041$		
991,7-109,7	$+0,150 \pm 0,022$		$+0,205 \pm 0,056$

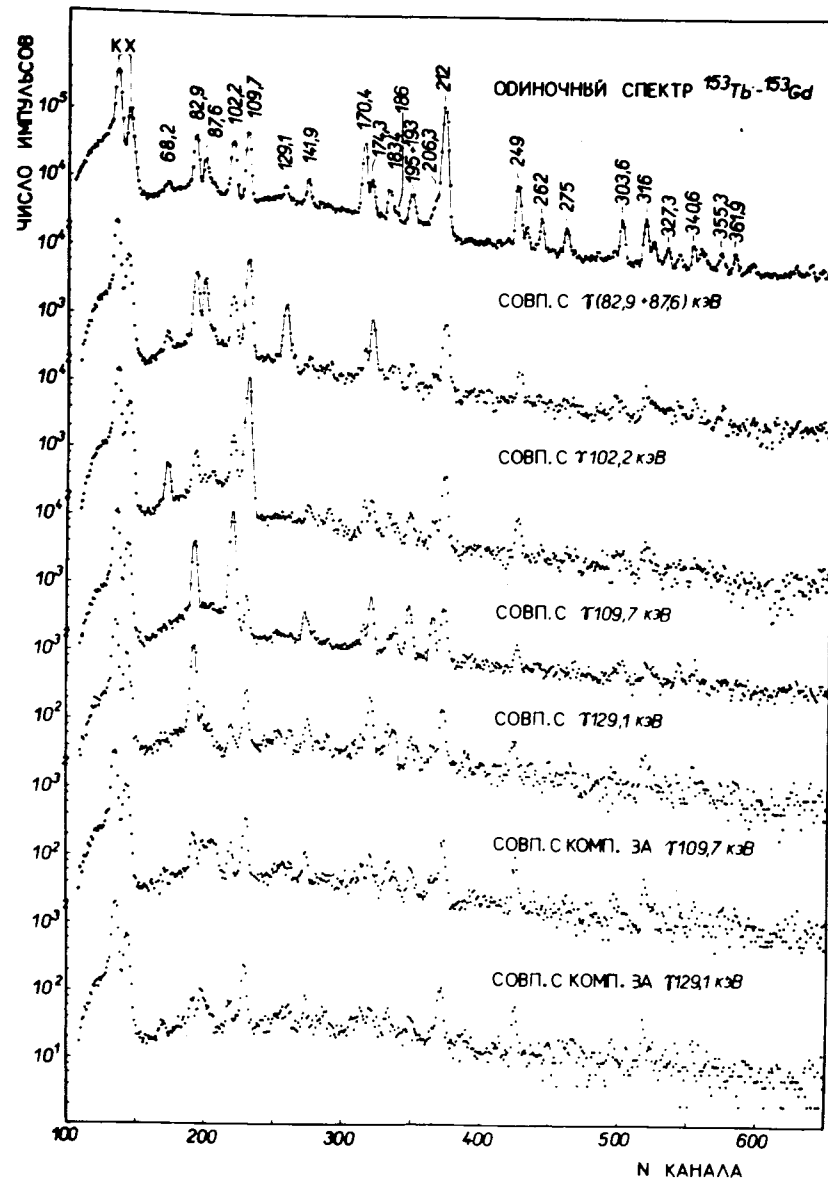


Рис. 1. Спектры совпадений гамма-лучей в  $^{153}\text{Gd}$ , измеренные в одной из серий для угла  $\Theta = 135^\circ$  между осями детекторов.

Для каскадов, содержащих промежуточный уровень 129,1 кэВ с временем жизни  $T_{1/2} = 2,63 \pm 0,13$  нс<sup>6,7/</sup>, вводилась дополнительная поправка  $G_2 = 0,932 \pm 0,020$ , учитывающая ослабление угловой корреляции. Значение этой поправки было оценено по релаксационному параметру  $\lambda = 1,88 \pm 0,53 \cdot 10^7$  сек<sup>-1</sup> ядер  $^{155}\text{Gd}$  в водном растворе  $\text{GdCl}_3$ <sup>8/</sup>.

На угловое распределение  $\gamma$ -излучений каскадов 102,2-109,7 и 102,2-68,2 кэВ, измеряемым в диапазоне углов 90°-180°, даже с применением конусообразных коллиматоров, явно влияло обратное рассеяние от интенсивных  $\gamma$ -квантов 212 кэВ /  $E_{\gamma c} / 180^\circ / \approx 98$  кэВ/ и 170 кэВ /  $E_{\gamma c} / 180^\circ / \approx 68$  кэВ/. Поэтому для этих каскадов коэффициенты  $A_2$  определялись на основе значения их асимметрии. Это не меняет результаты, а только увеличивает их ошибку, так как переход 102,2 кэВ типа  $E1$ <sup>1-4/</sup>.

Полученные значения коэффициентов  $A_2$  и  $A_4$  изучаемых каскадов приведены в табл. 1. Там же, для сравнения, приведены результаты измерений угловых корреляций в  $^{153}\text{Gd}$  Польока и др.<sup>9/</sup>. Как видно из этой таблицы, наши измерения выполнены существенно точнее и включают большее число каскадов. В случае каскадов 82,9-87,6; 82,9-129,1 и 174,3-87,6 кэВ результаты обеих работ явно различаются. По-видимому, это является следствием неточного учета в работе<sup>9/</sup> вклада от конкурирующих каскадов и от обратного рассеяния. Более конкретно указать причину этого расхождения трудно, так как в работе<sup>9/</sup> нет сведений о технике измерений.

#### 4. Анализ результатов измерений

##### А. Спины и четности возбужденных состояний $^{153}\text{Gd}$

При распаде основного состояния  $^{153}\text{Tb}$  с  $I^\pi = 5/2^+ / 10/$  можно ожидать заселения в ядре  $^{153}\text{Gd}$  состояний со спинами от 1/2 до 9/2. Результаты работ<sup>2,3/</sup>, в которых подробно исследовался распад  $^{153}\text{Tb} \rightarrow ^{153}\text{Gd}$ , указывают, что для большинства наблюдаемых уровней  $^{153}\text{Gd}$  ожидаются значения спинов 3/2 или 5/2 и лишь для нескольких уровней допускаются значения 1/2 и 7/2.

Учитывая принадлежность уровней 41,5 и 93,3 кэВ вращательной полосе основного состояния  $3/2^- [521]$ , Туурнала и др.<sup>3/</sup>, на основе измеренных коэффициентов внутренней конверсии  $\gamma$ -переходов и значений  $\log ft$  в  $^{153}\text{Gd}$ , предлагают определенные значения спинов для уровней: 183,4 /  $5/2^+$  /, 211,9 /  $3/2^+$  /, 303,5 /  $5/2^+$  /, 442,2 /  $5/2^+$  /, 548,8 /  $5/2^-$  /, 783,0 /  $5/2^+$  / и 945,1 /  $3/2^+$  / кэВ. Однако, если учесть более подробные данные об электронах внутренней конверсии Александрова и др.<sup>4/</sup>, то для уровней 442,2; 548,8; 783,0 и 945,1 кэВ допускаются также другие значения спина, а уровню 442,5 кэВ можно даже приписать противоположную четность.

В работе Польока и др.<sup>9/</sup> по измерениям угловых гамма-гамма корреляций определены значения спинов уровней: 129,1 /  $3/2^-$  /, 212 /  $3/2^-$  /, 303,5 /  $5/2^-$  /, 945,1 /  $3/2^-$  / и 1101,5 /  $3/2^-$  / кэВ.

При анализе результатов наших измерений принимались:

- схема возбужденных уровней  $^{153}\text{Gd}$ , предложенная Туурнала и др.<sup>3/</sup>, /фрагмент этой схемы, на которой указаны только  $\gamma$ -переходы изученных нами каскадов, приведен на рис. 2/;

- мультипольности переходов 82,9; 102,2; 186,9; 193,7; 206,3; 835,4; 845,6 и 991,7 кэВ как типа  $E1$ , переходов 87,6; 109,7; 129,1 и 139,7 кэВ - типа  $M1 + < 1\% E2$ , а перехода 68,2 кэВ -  $M1 + \sim 5\% E2$  в соответствии с данными по изучению спектров электронов конверсии в  $^{153}\text{Gd}$ <sup>1-4/</sup>;

- значение спина  $I^\pi = 3/2^-$  основного состояния  $^{153}\text{Gd}$ <sup>11/</sup>.

Следует подчеркнуть, что при анализе результатов для каждого уровня допускались значения спинов от 1/2 до 7/2, поскольку переходы рассматриваемых каскадов явно не ограничивали этого набора. Такой анализ возможен, так как все  $\gamma$ -каскады, для которых измерялись угловые корреляции, типа  $I_i(DD)I(DQ)3/2$  и все содержат промежуточный уровень 129,1 кэВ или 109,7 кэВ.

Если рассматривать только переходы, связывающие уровни 129,1 и 109,7 кэВ с основным состоянием  $^{153}\text{Gd}$ , то для этих уровней возможны значения спинов  $5/2^-$ ,  $3/2^-$  и  $1/2^-$ . Анизотропное угловое распределение боль-

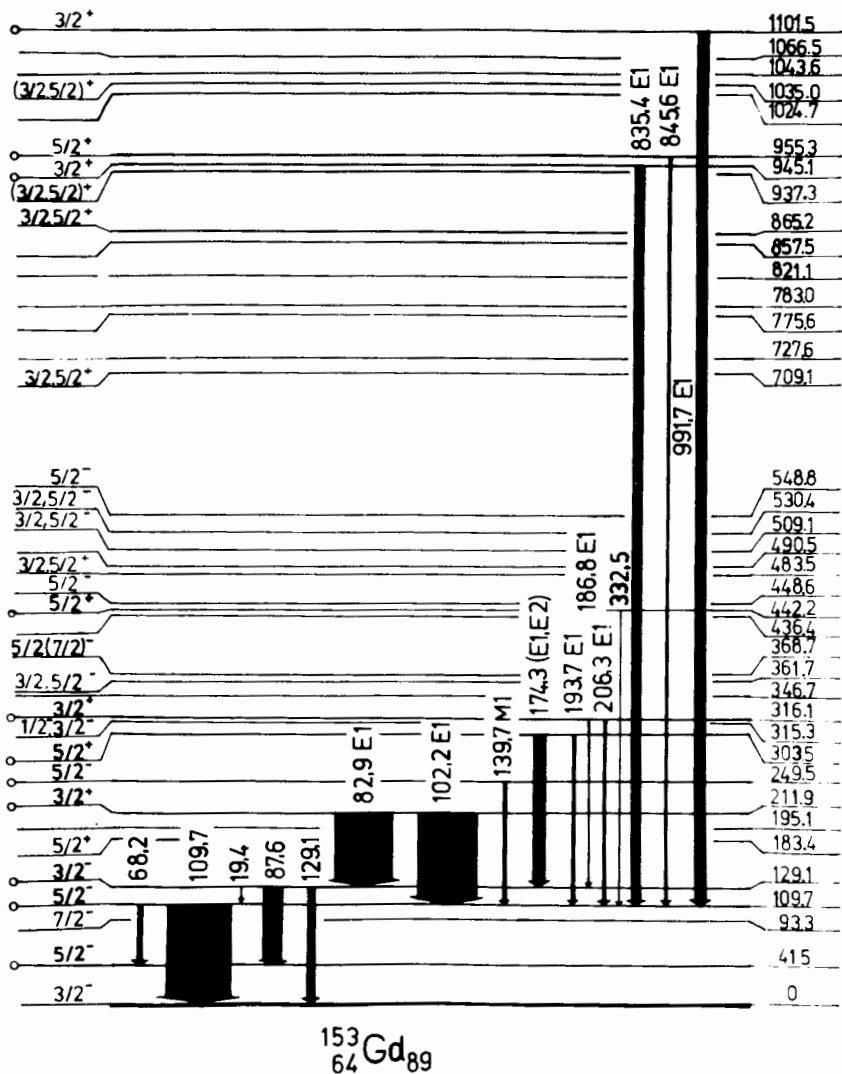


Рис. 2. Фрагмент схемы распада  $^{153}\text{Tb} - ^{153}\text{Gd}$ . Кружочками обозначены уровни, значения спинов которых установлены из измерений гамма-гамма угловых корреляций.

шинства измеренных нами каскадов полностью исключает спин 1/2.

В табл. 2 приведены теоретические значения коэффициентов  $A_2$  каскадов  $I_i(DD)I$  ( $D \leq 0,9\% Q$ ) 3/2 для спинов промежуточного уровня 3/2 и 5/2 в зависимости от значений спинов начальных состояний. Из этой таблицы видно, что положительные значения коэффициентов  $A_2$

Таблица II  
Теоретические значение коэффициентов  $A_2$  для гамма-каскадов  $I_i(DD)I$  ( $D \leq 0,9\% Q$ ) 3/2

$I_i$	$I_1$	I/2	3/2	5/2	7/2
3/2		$-(0,106 \pm 0,275)$	$0,085 \pm 0,220$	$-(0,021 \pm 0,055)$	
5/2			$0,208 \pm 0,068$	$-(0,238 \pm 0,078)$	$0,075 \pm 0,024$

каскадов 82,9-129,1; 102,2-109,7; 186,9-129,1; 206,3-109,7; 835,4-109,7; 991,7-109,7 кэВ /см. табл. 1/ дают возможность приписать начальным уровням этих каскадов: 211,9; 316,1; 945,1 и 1101,5 кэВ однозначно значение  $I^\pi = 3/2^+$ . Отрицательные значения коэффициентов  $A_2$  каскадов 139,7-109,7; 193,7-109,7; 332,5-109,7 и 845,6-109,7 кэВ указывают на одинаковую последовательность спинов уровней, связанных этими каскадами, а именно: 5/2-5/2-3/2 или 1/2-3/2-3/2. Вторая возможность исключается, если учесть присутствие интенсивного E1 -перехода 262,1 кэВ между уровнями 303,5 и 41,5 кэВ /спин последнего 5/2<sup>-</sup> как будет показано ниже/. Следовательно, уровням 303,5; 442,2 и 955,3 кэВ следует приписать значения  $I^\pi = 5/2^+$ , а уровням 109,7 и 249,5 кэВ -  $I^\pi = 5/2^-$ . Анализ значения коэффициента  $A_2$  каскада 82,9-87,6 кэВ, при известном уже значении спина уровня 211,9 /3/2<sup>+</sup>/ кэВ, и в предположении, что переход 87,6 кэВ типа M1 +  $\leq 1\%$  E2, позволяет приписать значения спинов 3/2 и 5/2<sup>-</sup> уровням 129,1 и 41,5 кэВ, соответственно.

Используя установленные значения спинов обсуждавшихся выше уровней и данные о мультипольностях

переходов <sup>2-4/</sup>. можно ограничить выбор возможных значений спинов для других уровней - табл. 3.

Таблица 3  
Спины и четности уровней <sup>153</sup>Gd

Е <sub>ур</sub> (кэВ)	Наст. работа	Туурнала и др. <sup>[3]</sup>	Работы <sup>[12-15]</sup>
0	3/2 <sup>-</sup> а)	3/2 <sup>-</sup> а)	3/2 <sup>-</sup>
41,5	5/2 <sup>-</sup>	5/2 <sup>-</sup> а)	5/2 <sup>-</sup>
93,3	7/2 <sup>-</sup> а)	7/2 <sup>-</sup> а)	7/2 <sup>-</sup>
109,7	5/2 <sup>-</sup>	3/2 <sup>-</sup> , 5/2 <sup>-</sup>	5/2 <sup>-</sup>
129,1	3/2 <sup>-</sup>	3/2 <sup>-</sup> , 5/2 <sup>-</sup>	3/2 <sup>-</sup>
183,4	5/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>
195,1		(1/2) <sup>-</sup>	
211,9	3/2 <sup>+</sup>	3/2 <sup>+</sup>	3/2 <sup>+</sup>
249,5	5/2 <sup>-</sup>	3/2 <sup>-</sup> , 5/2 <sup>-</sup>	3/2 <sup>-</sup>
303,5	5/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>	(5/2) <sup>+</sup>
315,3	1/2 <sup>-</sup> , 3/2 <sup>-</sup>	(3/2) <sup>-</sup>	
316,3	3/2 <sup>+</sup>	3/2 <sup>+</sup> , 5/2 <sup>+</sup>	
361,7	3/2 <sup>-</sup> , 5/2 <sup>-</sup>	(3/2) <sup>-</sup>	3/2 <sup>-</sup>
368,7	5/2 <sup>-</sup> (7/2) <sup>-</sup>	(5/2, 7/2)	
436,7		1/2 <sup>-</sup> , 3/2 <sup>-</sup>	
442,2	5/2 <sup>+</sup>	5/2 <sup>+</sup>	(5/2) <sup>+</sup>
448,6	5/2 <sup>-</sup>	5/2 <sup>-</sup> , 7/2 <sup>-</sup>	
483,5	3/2 <sup>+</sup> , 5/2 <sup>+</sup>	+	1/2 <sup>+</sup>
509,1	3/2 <sup>-</sup> , 5/2 <sup>-</sup>	(-)	3/2 <sup>-</sup>
530,4	3/2 <sup>-</sup> , 5/2 <sup>-</sup>	-	3/2 <sup>-</sup>
548,8	5/2 <sup>-</sup>	5/2 <sup>-</sup>	
709,1	3/2 <sup>+</sup> , 5/2 <sup>+</sup>	(+)	
783,0		5/2 <sup>+</sup>	
857,5		-	1/2 <sup>-</sup>
865,2	3/2 <sup>+</sup> , 5/2 <sup>+</sup>		
937,3	(3/2, 5/2) <sup>+</sup>		
945,1	3/2 <sup>+</sup>	3/2 <sup>+</sup>	
955,3	5/2 <sup>+</sup>	+	
1035,0	(3/2, 5/2)	+	
1101,5	3/2 <sup>+</sup>	3/2 <sup>+</sup> , 5/2 <sup>+</sup>	

а) Принятые значения спинов

В табл. 3 приводятся также значения спинов и четностей уровней <sup>153</sup>Gd, предложенные Туурнала и др.<sup>[3]</sup> и авторами работ <sup>[12-15]</sup> при исследовании (d,p), (d,t), (He<sup>3</sup>,a) и (a,xn) -реакций.

**Б. Коэффициенты смеси  $\delta_\gamma$  переходов, разряжающих уровни 109,7 и 129,1 кэВ**

Авторы работ<sup>[1,4]</sup> по результатам измерений интенсивностей электронов внутренней конверсии на L-подоболочках интерпретируют переходы 109,7 и 129,1 кэВ как переходы типа M1. Однако, если учесть экспериментальные погрешности в соотношениях  $L_1 : L_2 : L_3$ , то для обоих переходов допускаются небольшие  $\lesssim 0,1\%$  примеси компоненты E2. Переход 87,6 кэВ в работах<sup>[1-3]</sup> классифицируется как чистый M1, в работе<sup>[4]</sup> - как M1 + 0,1% E2. Исследования ЭВК не решают однозначно проблему мультипольности перехода 174,4 кэВ.

Дополнительную информацию о мультипольностях этих и других переходов можно получить из результатов наших корреляционных измерений. Для этого, принимая установленные нами значения спинов и чисто дипольный (E1) характер переходов 82,9; 102,2; 186,8; 193,7; 206,3; 835,4; 845,6 и 991,7 кэВ были определены коэффициенты  $A_2^{(2)}$  для переходов 68,2; 87,6; 109,7 и 129,1 кэВ, а затем значения их параметров смеси  $\delta_\gamma$ . Средневзвешенные значения коэффициентов  $A_2^{(2)}$  для этих переходов получены при учете всех каскадов типа  $\gamma_1(E1) \rightarrow \gamma_2(M1+E2)$  и соответствующие им значения параметров смеси  $\delta_\gamma$  приведены в табл. 4.

Рис. 3, на котором показана зависимость  $A_2^{(2)}$  от параметра смеси  $\delta_\gamma$  /в пределах  $-0,01 \leq \delta_\gamma \leq 0,05$ / для переходов 5/2 ( $\gamma_2$ ) 3/2 и 3/2 ( $\gamma_2$ ) 5/2, иллюстрирует точность определения  $\delta_\gamma$  для переходов 87,6 и 109,7 кэВ.

Значение коэффициента  $A_2$  тройного каскада 82,9-19/109,7 кэВ указывает на чистый квадрупольный характер перехода 19 кэВ.

Установленные значения спинов и четностей 5/2<sup>+</sup> и 3/2<sup>-</sup> уровней 303,5 и 129,1 кэВ, соответственно, делают



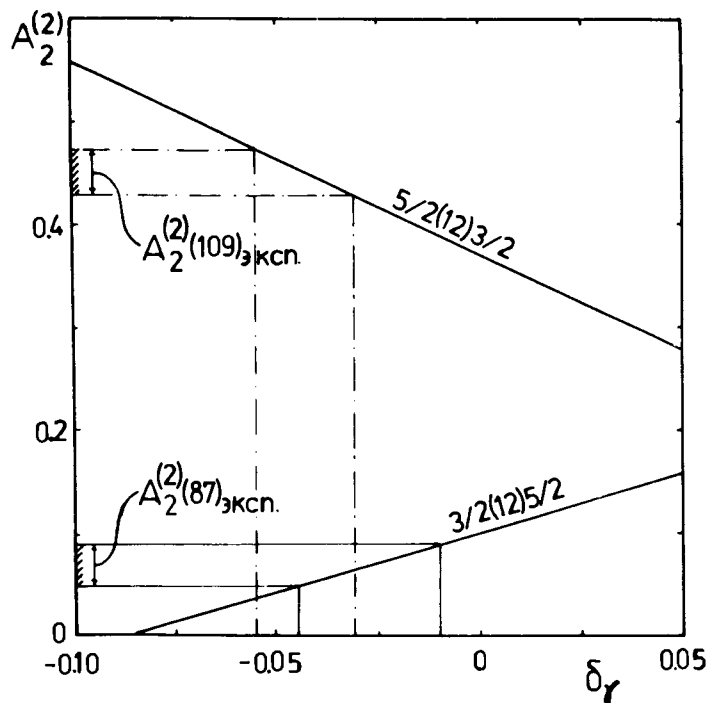


Рис. 3. Определение коэффициентов смеси  $\delta_\gamma$ -переходов 87,6 и 109,7 кэВ.

предпочтительным E1 -мультипольность для перехода 174,3 кэВ. Такому выводу не противоречат экспериментально определенные коэффициенты угловых корреляций каскадов 174,3-19-109,7 и 174,3-87,6 кэВ.

В заключение авторы выражают благодарность К.Я.Громову за постоянную поддержку в работе, И.И.Громовой и Н.А.Лебедеву за изготовление источников.

Таблица 4. Значения коэффициентов  $A_{2 \text{эксп}}^{(2)}$  и параметров смеси  $\delta_\gamma$ -переходов, разряжающих уровни 109,7 и 129,1 кэВ

Переход	$A_{2 \text{эксп}}^{(2)}$	$\delta_\gamma^a$
3/2(129,1)3/2	$-0,402 \pm 0,065$	$+0,012 \pm 0,036$
5/2(109,7)3/2	$+0,453 \pm 0,021$	$-0,043 \pm 0,012$
3/2(87,6)5/2	$+0,070 \pm 0,22$	$-0,026 \pm 0,018$
5/2(68,2)5/2	$-0,556 \pm 0,214$	$+0,234^b$

а/  $\delta_\gamma$  определено как  $\frac{\langle I_f | L+1 | I_i \rangle}{\langle I_f | L | I_i \rangle}$

б/ значение определено по данным работы /4/.

Литература

1. B.Harmatz, T.H.Handley, J.W.Mihelich. *Phys. Rev.*, 128, 1186 (1962).
2. H.L.Nielson, K.Wilsky. *Nucl.Phys.*, A115, 377 (1968).
3. T.Tuurnala, A.Siivola, P.Jartti, T.Liljavirta. *Z.Physik*, 266, 103 (1974).
4. В.С.Александров, Ц.Вылов, И.И.Громова, К.Я.Громов, Г.Исхаков, В.В.Кузнецов, Н.А.Лебедев, М.Потемпа, М.И.Фоминых, А.Ш.Хамидов, И.Холбаев. *Препринт ОИЯИ, Р6-8316, Дубна, 1974; Изв. АН СССР, сер. физ., 39, 506 /1975/.*
5. В.С.Александров, Ф.Дуда, О.И.Елизаров, Г.А.Жуков, Г.И.Забякин, З.Зайдлер, И.Звольски, Е.Т.Кондрат, З.В.Лысенко, В.И.Приходько, В.Г.Тишин, М.И.Фоминых, В.И.Фоминых, В.М.Цупко-Ситников. *Изв. АН СССР, сер. физ., 34, 69 /1970/.*
6. Я.Ваврыщук, А.Ф.Новгородов, В.А.Морозов, Т.М.Муминов, В.И.Разов, Я.Сажински. *Препринт ОИЯИ, Р6-5526, Дубна, 1970.*
7. W.Andrejtsheff, W.Meiling, F.Stary. *Nucl. Phys.*, A137, 474 (1969).
8. E.Bozek, A.Z.Hrynkiwicz, S.Ogaza, T.Styczen. *Phys.Lett.*, 11, 63 (1964).
9. G.Polok, M.Rybicka, Z.Stachura, J.Styczen. *INP Progress Report*, 1, 116, Cracow, 1972.
10. K.E.Adelrøth, H.Nyquist, A.Rosen. *Phys.Scr.*, 2, 96 (1970).
11. D.Ali. *Nucl.Phys.*, 71, 441 (1965).
12. P.O.Tjøm, B.Elbek. *Mat.Fys.Medd.Dan.Vid.Selsk.*, 36, 8 (1967).
13. G.Løvholden, D.G.Burke, J.C.Waddington. *Can. J.Phys.*, 51, 1369 (1973).
14. G.Løvholden, D.G.Burke. *Can.J.Phys.*, 51, 2354 (1973).
15. G.Løvholden, S.A.Hjørh, H.Ryde, L.Harms-Ringdahl. *Nucl.Phys.*, A181, 589 (1972).

Рукопись поступила в издательский отдел  
23 апреля 1975 года.

Аликов Б.А., Будзыньски М., Бэдики Т., Вавришук Я., Жук В., Ион-Михай Р., Кузнецов В.В., Лизурей Г.И., Морозов В.А., Муминов Т.М., Фоминых М.И., Холбаев И. P6 - 8823

Корреляции направлений гамма-излучения в  $^{153}\text{Gd}$

Изучались корреляции направлений гамма-излучений при распаде  $^{153}\text{Tb} \rightarrow ^{153}\text{Gd}$  для каскадов: 82,9-87,6 кэВ, 82,9-(19)-109,7 кэВ, 82,9-129,1 кэВ, 102,2-88,2 кэВ, 139,7-109,7 кэВ, 174,3-87,6 кэВ, 174,3-(19)-109,7 кэВ, 102,2-109,7 кэВ, 186,9-129,1 кэВ, 193,7-109,7 кэВ, 206,3-109,7 кэВ, 332,5-109,7 кэВ, 835,4-109,7 кэВ, 845,6-109,7 кэВ и 991,7-109,7 кэВ.

Установлены значения спинов уровней с энергиями: 41,5 (5/2), 109,7 (5/2), 129,1 (3/2), 211,9 (3/2), 249,5 (5/2), 303,5 (5/2), 316,1 (3/2), 442,2 (5/2), 945,1 (3/2), 955,3 (5/2) и 1101,5 (3/2) кэВ и определены коэффициенты смеси  $\delta_\gamma$  переходов: 68,2; 87,6; 109,7 и 129,1 кэВ. Обсуждается значения спинов других уровней  $^{153}\text{Gd}$ .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований  
Дубна 1975

Alikov B.A., Budzynsky M., Badike T., Vavrishchuk Ya., Zhuk V., Ion-Mihai R., Kuznetsov V.V., Lizurey G.I., Morosov V.A., Muminov T.M., Fominykh M.I., Kholbajev I. P6 - 8823

Correlations of Directions of  $\gamma$ -Radiation in  $^{153}\text{Gd}$   
See the Summary on the reverse side of the title-page.

The investigation has been performed at the  
Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research  
Dubna 1975