

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



A-50

10/1-77  
P6 - 10042

26/2-77

Б.А.Аликов, Я.Ваврыщук, К.Я.Громов, В.Жук,  
Р.Ион-Михай, Т.А.Исламов, А.Караходжаев,  
Э.Крупа, Г.И.Лизурей, М.М.Маликов,  
Т.М.Муминов, И.Холбаев

КВАНТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
НИЗКОВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ <sup>153</sup>ТЬ

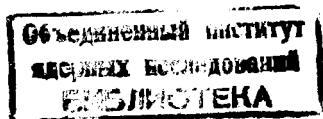
**1976**

Р6 - 10042

Б.А.Аликов,<sup>1</sup> Я.Ваврышук,<sup>2</sup> К.Я.Громов, В.Жук,<sup>2</sup>  
Р.Ион-Михай, Т.А.Исламов,<sup>3</sup> А.Караходжаев,<sup>3</sup>  
Э.Крупа,<sup>2</sup> Г.И.Лизурей, М.М.Маликов,<sup>4</sup>  
Т.М.Муминов,<sup>1</sup> И.Холбаев<sup>1</sup>

КВАНТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
НИЗКОВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ <sup>153</sup>Ть

*Направлено в "Известия АН СССР"*



<sup>1</sup> Самаркандский государственный университет.

<sup>2</sup> Университет М.Кюри-Склодовской, Люблин, ПНР.

<sup>3</sup> Ташкентский государственный университет.

<sup>4</sup> ИЯФ АН УзССР.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Последние, наиболее полные данные о распаде  $^{153}\text{Dy} \xrightarrow{6,8\text{ч}} ^{153}\text{Tb}$  опубликованы в работе Зубера и др. /1/. На основе исследований спектров  $\gamma$ -лучей и конверсионных электронов, измеренных на полупроводниковых детекторах,  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений и данных более ранних работ /2,3/ авторы /1/ предлагают схему распада  $^{153}\text{Dy}$ , содержащую 50 возбужденных состояний.

В работе /1/ отмечается возможность существования в ядре  $^{153}\text{Tb}$  состояний разной деформации. Основное состояние ( $5/2^+$ ) и состояния 80,7 кэВ ( $7/2^+$ ) и 163 кэВ ( $11/2^-$ ) интерпретируются как сферические состояния  $d_{5/2}$ ,  $g_{7/2}$  и  $h_{11/2}$ , а состояния 147,5 кэВ ( $3/2^+$ ), 240,4 кэВ ( $5/2^+$ ), 389 кэВ ( $7/2^+$ ), 572,1 кэВ ( $9/2^+$ ) - как уровни ротационной полосы  $3/2^+ / 411/$ .

Для обоснования этого предположения в настоящее время не хватает экспериментальных данных: полностью отсутствуют сведения о свойствах ядра  $^{153}\text{Tb}$  из ядерных реакций, значения спинов и четностей для большинства уровней, наблюдаемых при распаде  $^{153}\text{Dy}$ , определены неоднозначно и т.д.

В настоящей работе изучались корреляции направленных  $\gamma$ -лучей и спектры конверсионных электронов при радиоактивном распаде  $^{153}\text{Dy}$  с целью определения значений спинов низковозбужденных состояний  $^{153}\text{Tb}$  и уточнения мультимнольностей переходов, связывающих эти состояния.

## 2. ИЗМЕРЕНИЯ И ИХ РЕЗУЛЬТАТЫ

### 2.1. Радиоактивные источники $^{153}\text{Dy}$

Радиоактивные ядра  $^{153}\text{Dy}$  получались в реакции глубокого расщепления тантала протонами с энергией 660 МэВ на внутреннем пучке синхроциклотрона ОИЯИ. Из облученной мишени хроматографическим методом выделяли фракцию изотопов Dy с последующим разделением её по массам на электромагнитном масс-сепараторе. При этом ионы  $^{153}\text{Dy}$  внедрялись в Al фольгу толщиной 5 мкм, которая затем растворялась в водном растворе HCl. Радиоактивный раствор помещался в полиэтиленовую ампулу размерами  $\phi 3 \times 10$  мм. Полученные таким образом источники  $^{153}\text{Dy}$  использовались в измерениях  $\gamma$ - $\gamma$  угловых корреляций.

Источники для бета-спектрографов готовили методом электролитического осаждения фракции изотопов Dy на платиновую нить диаметром 0,1 мм.

### 2.2. Измерения $\gamma$ - $\gamma$ угловых корреляций

Измерения  $\gamma$ - $\gamma$  угловых корреляций проводились на корреляционной установке с двумя Ge(Li)-детекторами /4/ и на установке с Ge(Li)-и двумя сцинтилляционными детекторами /5/. Установка с двумя Ge(Li)-детекторами ( $V = 35 \text{ см}^3$  и  $40 \text{ см}^3$ ,  $\Delta E \approx 3 \text{ кэВ}$  на линии 1332 кэВ  $^{60}\text{Co}$ ) работала совместно с ЭВМ "Минск-2" в двухмерном режиме с цифровыми окнами. Радиоактивный источник помещался на расстоянии 10 см от обоих детекторов. Во второй установке применялись Ge(Li)-

детектор ( $V = 45 \text{ см}^3$ ,  $\Delta E \approx 4,5 \text{ кэВ}$  на линии 1332 кэВ  $^{60}\text{Co}$ ) и два сцинтилляционных детектора с кристаллами NaI(Tl) размерами  $\phi 40 \times 40$  мм и фотоумножителями типа ФЭУ-93. Спектры совпадений регистрировались в разделенной на участки памяти 1024-канального анализатора. Энергетические окна выбирались с помощью двух дифференциальных дискриминаторов в сцинтилляционных трактах. Угловые позиции детекторов в обеих установках менялись циклически:  $90-135-180^\circ$ ,  $180-135-90^\circ$ ,  $90-135^\circ - \dots$  с временем экспозиции 100 с.

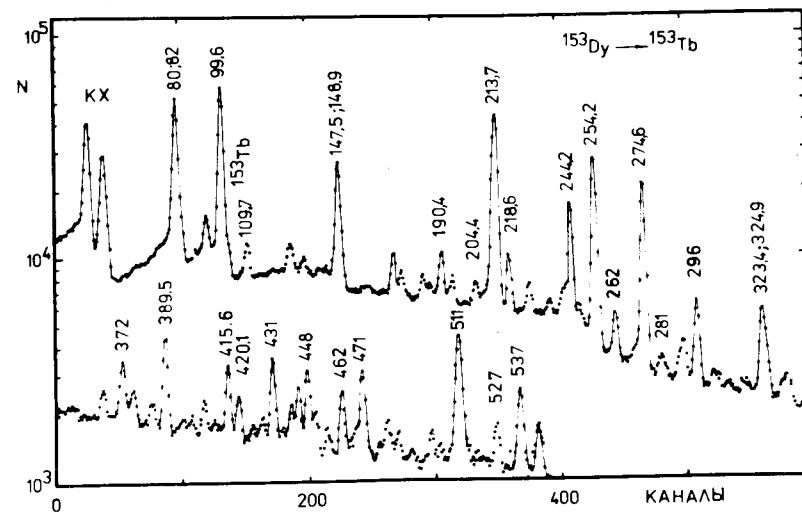


Рис. 1. Гамма-спектр  $^{153}\text{Dy}$ , измеренный на  $\gamma$ -спектрометре с Ge(Li)-детектором ( $V = 40 \text{ см}^3$ ).

Чрезвычайно сложный спектр  $\gamma$ -лучей, сопровождающих распад  $^{153}\text{Dy}$  (рис. 1), и небольшое число интенсивных  $\gamma$ -каскадов создают трудности для точных корреляционных измерений. Используя пять источников, мы смогли определить угловое распределение только десяти наиболее четко выделяемых в совпадениях каскадов. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения коэффициентов  $A_2$  и  $A_4$  функции угловых  $\gamma$ - $\gamma$  корреляций в ядре  $^{153}\text{Tb}$

Каскад (кэВ)	$A_2$	$A_4$
82,5 - 80,7	$-0,016 \pm 0,036$	$-0,047 \pm 0,072$
244,2 - 80,7	$-0,021 \pm 0,020$	$-0,062 \pm 0,040$
274,6 - 99,6	$+0,208 \pm 0,020$	$-0,036 \pm 0,038$
296,2 - 213,8	$-0,155 \pm 0,044$	$-0,055 \pm 0,086$
323,5 - 213,8	$-0,150 \pm 0,047$	$-0,005 \pm 0,091$
415,6 - 244,2	$-0,384 \pm 0,048$	$+0,009 \pm 0,085$
190,4 - 254,2	$-0,150 \pm 0,028$	$+0,026 \pm 0,060$
471,1 - 254,2	$-0,102 \pm 0,060$	$+0,032 \pm 0,099$
(147,5+148,9) - 93,0	$-0,024 \pm 0,032$	$+0,020 \pm 0,061$
148,9-(93)-147,5	$-0,083 \pm 0,041$	$+0,057 \pm 0,074$

Значения коэффициентов  $A_k$  для каскадов (80,7 - 82,5) кэВ и [93 - (147,5±148,9)] кэВ получены только в измерениях на установке с двумя  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами, так как накопление в источнике дочернего изотопа  $\text{Tb}$  с очень интенсивными каскадными излучениями в области (80÷100) кэВ требовало точного отбора  $\gamma$ -лучей по обоим каналам. Для определения коэффициентов  $A_k$  остальных каскадов использовались результаты измерений на обеих установках. При этом в случае каскадов (213,7 - 296,2) кэВ, (213,7 - 323,5) кэВ и (415,6 - 244,2) кэВ основной вклад в конечный результат дали измерения с  $\text{Ge}(\text{Li}) - 2 \text{NaI}(\text{Tl})$ -детекторами. Во всех измерениях регистрировались спектры совпадений для углов 90, 135 и 180° в диапазоне энергий 50 - 520 кэВ. При использовании установки с двумя  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами цифровые окна устанавливались на фотопиках (80 + 82) кэВ, 93 кэВ, 99,6 кэВ, (147+148) кэВ, 213 кэВ, 244 кэВ и на комптоновском распределении в районе 115 кэВ и 160 кэВ. Положение

энергетических окон в сцинтилляционных трактах, а также некоторые спектры совпадений приведены на рис. 2.

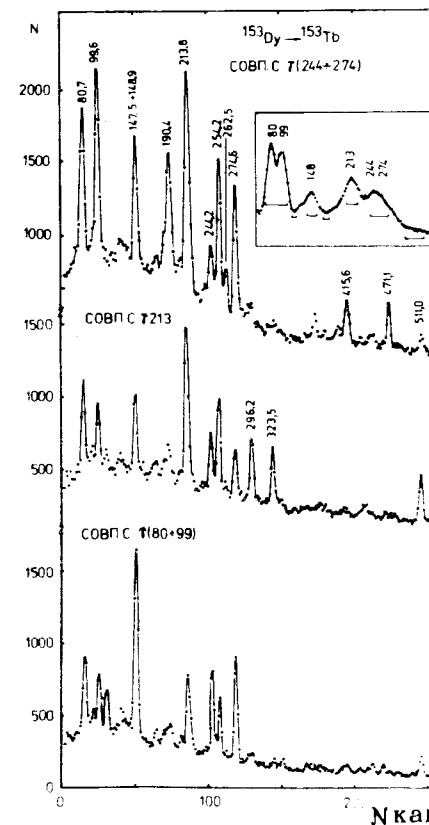


Рис. 2. Некоторые спектры  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений. На вставке отмечены положения энергетических окон в  $\gamma$ -спектре  $\text{NaI}(\text{Tl})$ -

При вычислении коэффициентов  $A_k$  учитывались совпадения посторонних каскадов, случайные совпадения, делались поправки на центровку источника, а также на эффективности и телесные углы детекторов. Для каскадов (213 - 323,5) кэВ и (213 - 296,2) кэВ в силу недостаточного энергетического разрешения применяемых детекторов остались неучтенными совпадения от каскадов (204 - 324,8) кэВ и (190 - 295,8) кэВ, соответст-

венно. Однако это не вносит существенных искажений в окончательные результаты, так как вклады этих совпадений, оцененные по интенсивностям  $\gamma$ -переходов <sup>1/</sup>, не превышают 4%.

### 2.3. Исследования спектров электронов внутренней конверсии

Спектры конверсионных электронов изучались с помощью бета-спектрографов с постоянным однородным магнитным полем <sup>16/</sup>. В настоящей работе представлены результаты исследования спектров ЭВК в диапазоне энергий 10 - 400 кэВ, необходимые для совместного анализа с результатами изучения  $\gamma$ -угловых корреляций. Результаты исследования спектров ЭВК в области больших энергий будут даны в более поздней нашей публикации. Для регистрации электронов использовались фотопластинки типа НИКФИ - 50. Фотометрирование фотопластинок проводилось на автоматическом микрофотометре, сочлененном с ЭВМ "Минск-2" <sup>17/</sup>. Энергетическое разрешение спектрографов составляло от 0,03 до 0,07%.

Некоторые участки полученных спектров представлены на рис. 3. Так как все измерения проводились с фракцией Ду, в спектрах присутствуют конверсионные линии изотопов <sup>155</sup>Dу и <sup>157</sup>Dу, а также линии дочерних изотопов <sup>153</sup>Tb и <sup>155</sup>Tb. При обработке спектров особое внимание обращалось на определение отношений интенсивностей ЭВК на L-подоболочках. Для многих переходов интенсивности этих электронов определены впервые. Интенсивности электронов нормированы относительно перехода 99 кэВ так, чтобы при интенсивностях  $\gamma$ -переходов, приведенных в работе <sup>1/</sup>, коэффициент  $\alpha_k(99 \text{ кэВ})_{\text{эксп}}$  соответствовал чистому M1 переходу (из соотношений  $L_I : L_{II} : L_{III}$  следует  $\delta^2(99) = 0,009$ ). Вычисленные затем значения коэффициентов  $\alpha_k$  использовались для определения мультипольностей других переходов (рис.4). Коэффициенты смеси  $\delta^2$  определялись из соотношений ЭВК на L-подоболочках. Полученные

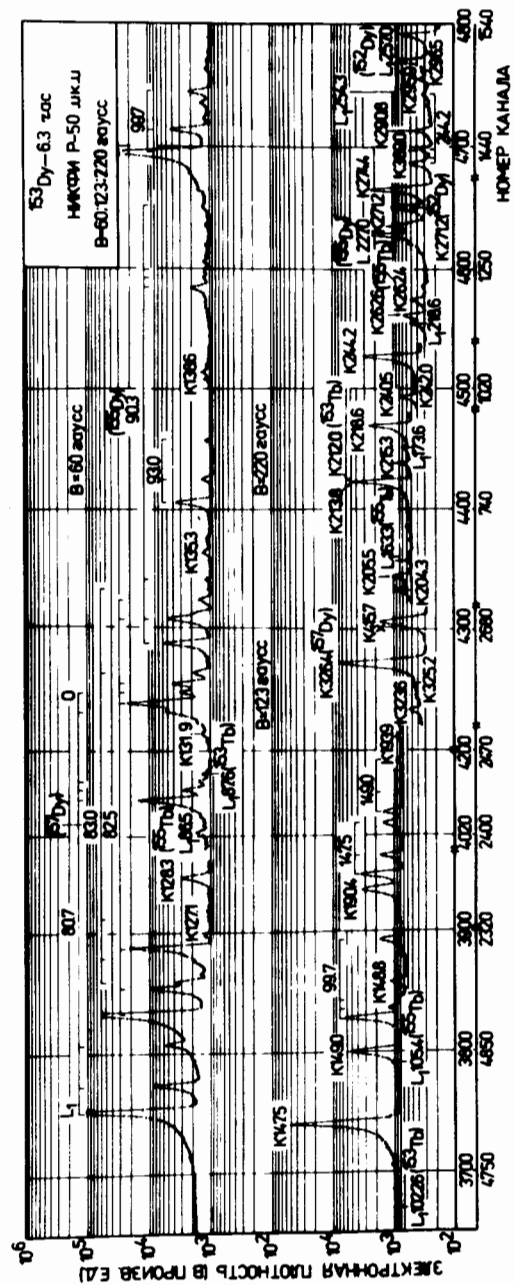
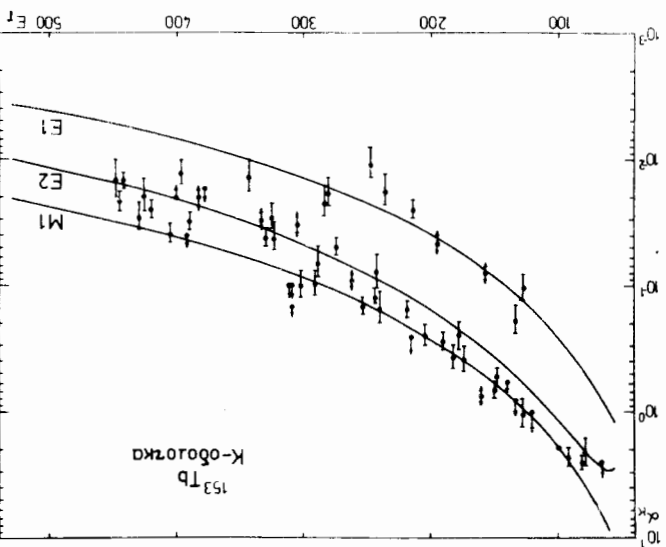


Рис.3. Некоторые участки спектра конверсионных электронов.

Спинь основных состояний  $^{153}\text{Tb}$  ( $5/2^+$ ) и материнского  $^{153}\text{Dy}$  ( $7/2^-$ ) определены в  $^{153}\text{Tb}$  методом атомных пучков. Четности приписаны на основе модели

### 3. ЗНАЧЕНИЯ СПИНОВ И ЧЕТНОСТЕЙ НИЗКОВОЭВЛЖЕННЫХ СОСТОЯНИЙ $^{153}\text{Tb}$ И КОЭФФИЦИЕНТЫ СМЕШИВАНИЯ $\delta\gamma$ НЕКОТОРЫХ $\gamma$ -ПЕРЕХОДОВ

Рис. 4. Значения КВК на К-оболочке для некоторых переходов в ядре  $^{153}\text{Tb}$ .



нами интенсивности ЭВК на К- и L-оболочках и выходы сравнение этих результатов с данными Хармаша и др. [2]. Обнаруживает систематическое завышение интенсивнос-тей ЭВК в  $^{153}\text{Tb}$  в области выше 200 кэВ.

Таблица 2  
Энергии, относительные интенсивности  $\gamma$ -лучей и ЭВК при распаде  $^{153}\text{Dy}$  ( $E_\gamma < 450$  кэВ). Коэффициенты внутренней конверсии и мультипольности  $\gamma$ -переходов в ядре  $^{153}\text{Tb}$ .

$E_\gamma$ /кэВ/	$I_\gamma$ [41]	$I_K$	$I_{L_1}$	$I_{L_2}$	$I_{L_3}$	$I_{L_4}$	$\alpha_{K\gamma}$ $\times 10^3$	GL	$\delta^2$
62,05	$5,1 \pm 1,0$	-	$\sim 1,5$	$\sim 0,6$	$\sim 0,6$			E1	
64,60	$\leq 4$	$\sim 10$	$\sim 1,2$	$\sim 0,8$			$\geq 2500$	(E2)	
70,73	} $10,6$	$40 \pm 8$	$6,7 \pm 1,0$	$\sim 0,8$				M+E2	$\sim 0,01$
71,02		$13 \pm 2$	$1,6 \pm 0,2$	$\sim 0,8$				M+E2	$\sim 0,1$
78,36	$11,7 \pm 1,7$	$25 \pm 5$	$4 \pm 0,6$	$0,8 \pm 0,1$	$0,7 \pm 0,1$		$2137 \pm 528$	M+E2	$0,042 \pm 0,010$
80,77	$1000 \pm 100$	$2510 \pm 200$	$379 \pm 40$	$50 \pm 6$	$26 \pm 3$		$2510 \pm 320$	M+E2	$0,017 \pm 0,003$
82,54	$100 \pm 10$	$2120 \pm 200$	$457 \pm 50$	$53 \pm 6$	$107 \pm 10$		$21200 \pm 2850$	M2	
92,97	$95 \pm 10$	$220 \pm 25$	$26 \pm 2$	$4,0 \pm 0,5$	$2,4 \pm 0,3$		$2316 \pm 359$	M+E2	$0,032 \pm 0,005$
99,72	$970 \pm 50$	1806	$241 \pm 25$	$25 \pm 3$	$8 \pm 1$		1862	M+E2	$0,009 \pm 0,002$
119,79	$\leq 5$	$5 \pm 1$	$0,7 \pm 0,2$				$> 1000$	M+(E2)	
127,2	$27,0 \pm 5,2$	$2,8 \pm 0,5$					$104 \pm 27$	E1	
128,30	$25,0 \pm 5,1$	$27 \pm 5$	$4,0 \pm 0,8$	$0,6 \pm 0,1$			$1080 \pm 298$	M+E2	$0,05 \pm 0,02$
132,86	$26,0 \pm 4,1$	$5 \pm 1$					$192 \pm 19$	E1	
135,36	$\leq 5$	$4 \pm 1$	$0,6 \pm 0,1$	$\leq 0,2$			$> 800$	M+E2	$\leq 0,19$
138,75	$\leq 7$	$4 \pm 1$					$> 770$	M+E2	
147,51	$285 \pm 20$	$152 \pm 20$	$19 \pm 3$	$5,5 \pm 1,0$	$3,7 \pm 0,7$		$533 \pm 79$	M+E2	$0,217 \pm 0,051$
149,10	$66 \pm 6$	$45 \pm 6$	$4,0 \pm 0,8$	$0,66 \pm 0,10$	$0,26 \pm 0,05$		$682 \pm 110$	M+E2	$0,051 \pm 0,012$
157,6	$\sim 7,7$	$0,6 \pm 0,1$					$\sim 78$	E1	
159,74	$\sim 6,7$	$5,0 \pm 0,8$	$0,30 \pm 0,06$	$\leq 0,05$			$\sim 746$	M+E2	$\leq 0,1$
173,54	$23 \pm 2$	$9 \pm 2$	$1,2 \pm 0,2$	$0,15 \pm 0,03$			$391 \pm 93$	M+E2	$0,063 \pm 0,015$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
178,1	3,5±0,5	0,9±0,2					E2, M1+E2	
182,36	27,0±3,1	10 <sup>c</sup> ±2	c	c		257±68	M1+E2	
185,04		3,0±0,5	0,50±0,08			370±85	M1	
185,51	} 16,5	0,30±0,05					E1	
185,95		5±1	0,80±0,10	~0,15			M1(+E2)	~0,2
188,10	} 9	0,60±0,15					E2+M1	
188,90		1,5±0,3	~0,2				(M1)	
190,41		72,0±5,0	20±3	3,0±0,5	0,40±0,08	≤0,16	278±46	M1+E2
193,9	≈32	1,5±0,2				~47	E1	
204,35	22,0±2,1	5,5±1,0	0,8±0,1	0,20±0,04	≈0,15	250±51	M1+E2	0,35±0,10
213,71	750±40	19±3	1,5±0,3	0,20±0,04	0,20±0,04	25±4	E1	
215,50	≤5	1,6±0,3	0,20±0,04			≥260	M1	
218,56	110±6	17,0±2,5	2,5±0,5	≤0,8		155±24	M1+E2	≤0,6
235,5	22,4±4,1	0,40±0,08				18±5	E1	
240,50	26,0±3,0	4,0±1,0 <sup>c</sup>	0,50±0,08	0,15±0,02	c	154±44	M1+E2	0,69±0,10
242,04	16,5±2,8	1,3±0,3	7,0±1,0	7,0±1,0	0,10±0,05	79±23	E2	
244,20	317±14	39±6				123±10	M1+E2	0,319±0,061
247,10	44,3±8,1	0,5±0,1				11±3	E1	
254,22	645±31	34±15	10,0±1,5	1,30±0,15	0,50±0,10	146±24	M1+E2	0,119±0,024
262,30	~60	5,5±1,0				~92		
274,45	543±24	27±4	<7 <sup>c</sup>	≈0,8	≈0,3	50±8	E2(+M1)	
281,50	7,4±1,6	0,14±0,02				19±5	E1	
283,15	8,5±1,9	0,19±0,03				22±6	E1	
288,7	19,7±4,9	1,3±0,2 <sup>c</sup>	0,30±0,05	0,20±0,03	0,14±0,02	66±19	M1+E2	16±2
290,6	41,0±6,1	4±0,7	0,6 <sup>c</sup>			97±22	M1	

Продолжение таблицы 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
295,74	} 102±11	2±0,3	0,22±0,03	≤0,05			M1+E2	≤0,5
296,56		0,6±0,1					E1	
299,5	6,5±1,2	c				100±26	M1	
302,5	10,0±2,1	1,0±0,15				33	(E2)	
305,5	7,6±1,5	0,25 <sup>c</sup>				150	(M1)	
308,8	≤4	0,60±0,01				100	(M1)	
310,5	≤2	0,20±0,04				100	(M1)	
312,3	≤4	0,40±0,08				100	(M1)	
323,70	116±19	5±1	7,1+7,1 = =0,64±0,08	≤0,05		43±11	M1+E2	≤0,5
324,92	62±9	1,8±0,3	7,1+7,1 = =0,22±0,03			29±7	E2	
331,40	9,6±2,1	0,40±0,07				42±7	E2+(M1)	
334,3	23,1±2,0	0,8 <sup>c</sup>				34	E2	
344,1	6,8±1,3	0,10±0,02				14±4	E1	
350,9	} 4,9±1,8	0,25±0,05						
351,3		<0,1						
358,9	2,6±1,0	-						
363,60	} 23,2±2,1	0,15±0,02						
363,90		0,90±0,20						
371,5	} 59±6	1,6±0,16						
372,7		0,4±0,04						
375,7	} 30±4	≤0,33						
376,4		c						
378,0	≤5	-						
378,6	≤4	0,07±0,02						



1	2	3	4	5	6	7	8	9
383,5	~15	0,3 <sup>c</sup>				~20	E2	
384,2	} 10	<0,1						
384,8		0,40±0,06						
389,6	103±5	3,2±0,5				31±5	M1+E2	
392,0	} 5	0,20±0,04				>40	M1, M1+E2	
397,4		7,2±1,2	0,10±0,02			13±3	E1+M2	
400,4	18,6±3,7	0,50±0,07			27±7	M1+E2		
401,5	} 5	<0,1				<20		
405,5		40,5±5,6	1,6±0,15			39±7	M1	
408,8	6,8±1,5	<0,1			<15	E1		
410,7	} 5,9±2,0	0,08±0,02						
411,1		0,15±0,03						
415,6	71,7±5,0	c						
420,1	47±5,0	1,20±0,15				25±4	M1+E2	
424,6	4,8±1,6	c						
426,2	10,2±2,0	0,20±0,04				20±6	E2	
429,8	21,0±3,5	0,6±0,1				29±7	M1+E2	
434,1	91,5±4,0	c						
438,4	12,3±2,0	c						
441,6	33,0±3,0	0,50±0,05				15±2	E2	
444,7	55,0±6,0	1,20±0,20				22±4	M1+E2, E2	
448,6	74,0±10,0	1,10±0,30				15±5	E2	

с) СЛОЖНЫ

оболочек и по аналогии с соседними ядрами. Не вызывают сомнений также спины и четности изомерного состояния 163,2 кэВ ( $11/2^-$ ) и уровня 80,7 кэВ ( $7/2^+$ ), связанного с состоянием 163,2 кэВ переходом типа M2. Значения спинов других состояний, предложенные в работах<sup>1,3/</sup>, являются лишь наиболее вероятными, вытекающими из анализа мультипольностей  $\gamma$ -переходов, значений  $lgft$  и характера разрядки уровней.

Фрагмент схемы распада  $^{153}\text{Dy} \rightarrow ^{153}\text{Tb}$ , содержащий низколежащие состояния (до 740 кэВ), заимствованный из работы<sup>1/</sup>, представлен на рис. 5.

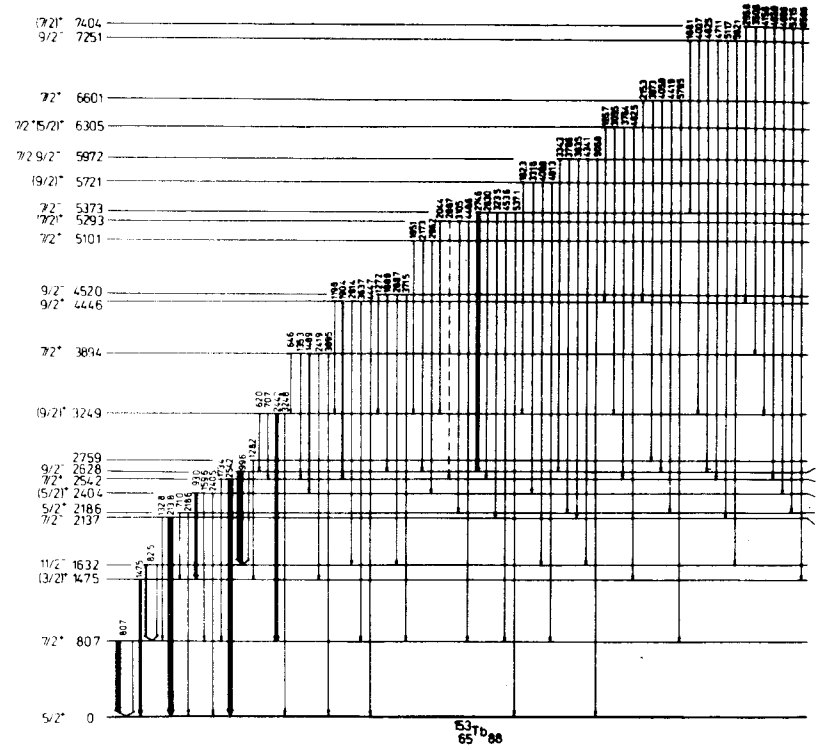


Рис. 5. Фрагмент схемы распада  $^{153}\text{Dy} \rightarrow ^{153}\text{Tb}$ .

На основе мультипольностей переходов можно написать значения спинов и четностей состояниям с энергиями 254,2 кэВ ( $7/2^+$ ), 262,8 кэВ ( $9/2^-$ ), 537,3 кэВ ( $7/2^-$ ), 725,5 кэВ ( $9/2^-$ ) и 790,0 кэВ ( $7/2^+$ ). Возможные значения спинов других состояний перечислены в табл. 3. Значения 9/2 и 7/2 для спинов уровней 262,8 и 537,3 кэВ, соответственно, получаются также из анализа угловой корреляции наиболее интенсивного каскада (274,6 - 99,6) кэВ. При этом, если переход 99,6 кэВ типа  $M1+(0,9\pm 0,2)\%E2$ , то  $\delta(99,6) > 0$  и переход 274,6 кэВ содержит  $(86\pm 5)\%$  или  $(6\pm 2)\%$  ( $\delta_\gamma > 0$ ) квадрупольной примеси (рис.6).

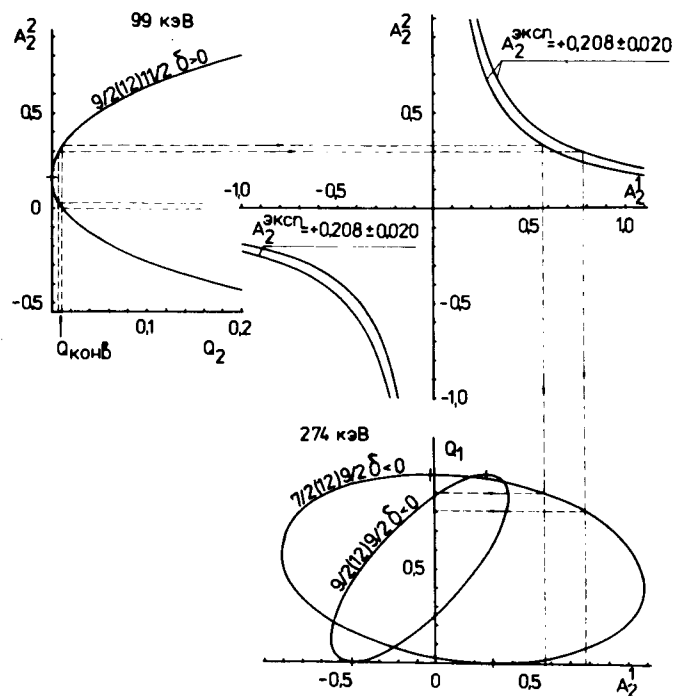


Рис. 6. График Арнса-Виденбека для каскада 99 - 274 кэВ.

Таблица 3

Значения спинов и четностей уровней  $^{153}\text{Tb}$

Энергия уровня кэВ	$\Gamma$ из КВК	$\Gamma$ из $\delta$ - $\delta$ угловых корреляций	$\Gamma$ - предла- гаемые	Работа / i/
0	$5/2^+$ а)	$5/2^+$ а)	$5/2^+$	$5/2^+$
80,8	$7/2^+$	$7/2^+$ а)	$7/2^+$	$7/2^+$
147,5	$3/2^+, 5/2^+, 7/2^+$	$(3/2)^+$	$(3/2)^+$	$3/2^+$
163,2	$11/2^-$ а)	$11/2^+$ а)	$11/2^-$	$11/2^-$
213,7	$5/2^-, 7/2^-$	$7/2^-$	$7/2^-$	$5/2^-, 7/2^-$
218,6	$5/2^+, 7/2^+$	—	$5/2^+$	$5/2^+, 7/2^+$
240,4	$5/2^+, 7/2^+$	$(5/2)$	$(5/2)^+$	$5/2^+$
254,2	$7/2^+$	$7/2^+$	$7/2^+$	$7/2^+$
262,8	$9/2^-$	$9/2^-$	$9/2^-$	$9/2^-$
275,9	—	—	—	$1/2 + 5/2$
324,9	$7/2^+, 9/2^+$	$7/2, 9/2$	$(9/2)^+$	$7/2^+$
389,4	$5/2^+, 7/2^+$	$(1/2)$	$7/2^+$	$5/2^+, 7/2^+$
444,6	$(5/2^+) 7/2^+ 9/2^+$	$9/2(5/2)$	$9/2^+$	$5/2^+, 7/2^+$
452,0	$9/2^-$	—	$9/2^-$	$9/2^-$
510,1	$7/2^+, 9/2^+$	$7/2^+$	$7/2^+$	$7/2^+$
529,3	$5/2^+, 7/2^+, 9/2^+$	—	$(1/2)^+$	$5/2^+, 7/2^+$
537,3	$7/2^-(5/2^-)$	$7/2^-$	$7/2^-$	$7/2^-$
572,1	$7/2^+, 9/2^+$	—	$(9/2^+)$	$9/2^+$
597,2	$7/2^-, 9/2^-$	—	$7/2^-, 9/2^-$	$(7/2)^-$
630,5	$3/2^+, 5/2^+, 7/2^+$	—	$7/2^+(5/2)^+$	—
660,1	$7/2^+(5/2^+)$	—	$7/2^+$	$5/2^+, 7/2^+$
725,5	$9/2^-$	$9/2, 5/2$	$9/2^-$	$9/2^-$
740,4	$5/2^+, 7/2^+$	$5/2, 7/2$	$(7/2)^+$	$7/2^+, 5/2^+$
790,0	$7/2^+$	—	$7/2^+$	$7/2^+$

а) Исходные данные

На присутствие большой доли примеси компоненты E2 в переходе 274,6 кэВ указывает также значение коэффициента  $\alpha_k^{\text{экср.}}$  (274 кэВ), близкое к значению, соответствующему чистому E2-переходу.

Отрицательные значения коэффициентов  $A_2$  каскадов (296,2 - 213,8) кэВ и (323,7 - 213,8) кэВ, содержащих дипольный E1-переход 213,8 кэВ, указывают на то, что состояния 510,1 и 537,3 кэВ имеют одинаковые значения спинов, а именно 7/2, если спин состояния 213,8 кэВ 7/2, и 3/2, если спин этого состояния 5/2. Так как состоянию 537,3 кэВ приписан спин 7/2, вторая возможность исключается. При этом подтверждается дипольный E1 - характер перехода 296,2 кэВ. Переход 323,7 кэВ типа M1+E2 и, по-видимому, содержит значительную долю примеси компоненты E2: из значения коэффициента  $\alpha_k$  (323,7) =  $(43 \pm 11) \cdot 10^{-3}$  следует, что эта примесь составляет больше 50%, а из соотношения  $(L_I + L_{II}) / L_{III} \geq 14$  допускается лишь 31%. Значения коэффициентов функции угловой корреляции каскада (323,7 - 213,8) кэВ, при предположении чисто дипольного характера перехода 213,8 кэВ, определяют мультипольный состав перехода 323,7 кэВ как  $D + \leq 14\%Q$  или  $D + (22 \div 68)\%Q$  с  $\delta_\gamma < 0^*$ .

Каскад (471,1 - 254,2) кэВ связывает уровни 725,5 кэВ, 254,2 кэВ и основной. Спин и четность уровня 725,5 кэВ  $9/2^-$  определены на основе мультипольностей разряжающих переходов 562,1 кэВ и 462,6 кэВ. Дипольный характер переходов 471,1 кэВ (E1) и 254,2 кэВ (M1+10% E2) требует приписания уровню 254,2 кэВ  $I^\pi = 7/2^+$ . Значение коэффициента  $A_2$  каскада (471,1 - 254,2) кэВ допускает для спина уровня 725 кэВ кроме значения 9/2 также 5/2 ( $\delta(254) > 0$ ).

Уровню 444,6 кэВ в работах <sup>1,3/</sup> предлагаются значения спинов 5/2 или 7/2. Из корреляции каскада (190,4 - 254,2) кэВ при условии, что  $\delta^2(190) < 1$  (из КВК следует  $\delta^2(190) \approx 0,07$ ), значение 7/2 полностью исключается. Но допускается при этом кроме значения 5/2 также значение 9/2 (рис. 7). Если E1-переход

\* ) D и Q - дипольный и квадрупольный переходы, соответственно.

281,4 кэВ размещен в схеме уровней <sup>153</sup>Tb между состояниями 444,6 кэВ и 163,2 кэВ  $(11/2)^+/1/$ , то значение  $9/2^+$  становится наиболее вероятным. В таком случае переход 444,7 кэВ должен быть типа E2, а не M1+E2, как это определялось из  $\alpha_k$  в работе <sup>1/</sup>. Наши измерения интенсивности электронов внутренней конверсии на K-оболочке допускают обе возможности.

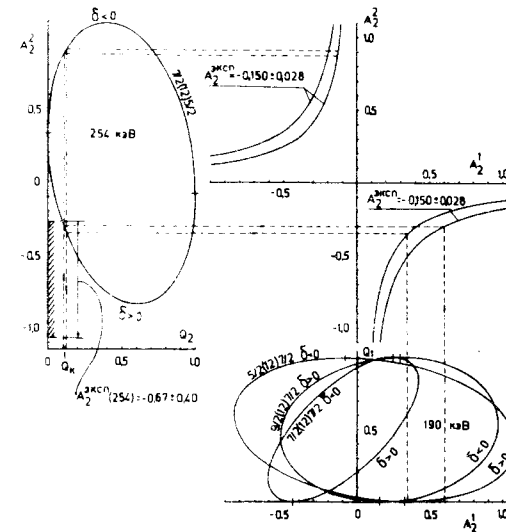


Рис. 7. График Арнса-Виденбека для каскада 190 - 254 кэВ.

Состояниям 740,4 кэВ и 324,9 кэВ на основании мультипольностей переходов допускаются значения спинов: 5/2, 7/2 и 7/2, 9/2, соответственно. Из угловой корреляции каскада (415-244) кэВ удастся выбрать две возможные последовательности этих значений, а именно 5/2 → 7/2 или 7/2 → 9/2. В обоих случаях переход 415 кэВ должен содержать около 15% примеси мультипольности E2. Но если учесть, что уровню 444,8 кэВ приписан спин 9/2, а переход 295,7 кэВ, связывающий этот уровень с уровнем 740,4 кэВ,

типа  $M1+E2$ , то последовательность  $7/2 \rightarrow 9/2$  является более вероятной. При этом  $\delta(244) < 0$ , если  $\delta(415) > 0$ , или наоборот,  $\delta(244) > 0$ , если  $\delta(415) < 0$ .

Корреляция каскада (82,5 - 80,7) кэВ использовалась для определения знака коэффициента  $\delta_\gamma$  перехода 80,7 кэВ. Если переход 82,5 кэВ не содержит значительной доли примеси высшей мультипольности, то  $\delta(80,7) > 0$ .

Гамма-переходы каскадов (149-93)кэВ и (93 - 147) кэВ связывают возбужденные состояния с энергиями 389,4 кэВ, 240,4 кэВ и 147,5 кэВ. В работах <sup>1-3/</sup> на основе вероятностей заселения уровней <sup>153</sup>Tb при электронном захвате <sup>153</sup>Dy и мультипольностей  $\gamma$ -переходов уровню 147,5 кэВ предлагается приписать спин и четность  $3/2^+$  ( $lgft > 8,1$ ), а уровню 240,4 кэВ, соответственно,  $5/2^+$ . В этом случае уровню 389,4 кэВ на основании мультипольностей разряжающих его переходов можно приписать характеристики  $7/2$ . Приписанию указанных значений спинов всем трем рассматриваемым состояниям не противоречат также результаты наших измерений суммарной угловой корреляции каскадов 93 -(147+149) кэВ и корреляции тройного каскада 149 -(93) - 147 кэВ. При этом переходам 149 кэВ и 93 кэВ нужно приписать одинаковый, положительный знак коэффициентов  $\delta_\gamma$ . Последний вывод может являться дополнительным аргументом, подтверждающим предположение о том, что уровни 147,5 ( $3/2^+$ ), 240 ( $5/2^+$ ), 389,4 ( $7/2^+$ ) и, по-видимому, 572,0 кэВ ( $9/2^+$ ) принадлежат ротационной полосе состояния  $3/2^+$  [411].

Принимая установленные значения спинов и четностей обсуждаемых уровней, можно, на основе мультипольностей  $\gamma$ -переходов (данные настоящей работы и работ <sup>1-3/</sup>), определить характеристики ( $I^\pi$ ) состояний 218,6 ( $5/2^+$ ), 529,3 ( $7/2^+$ ), 572,1 ( $9/2^+$ ) и 660,1 кэВ ( $7/2^+$ ).

Сравнение значений спинов и четностей, предложенных нами и авторами работы <sup>1/</sup>, можно провести на основании табл.3, где приведены эти значения для всех рассматриваемых выше уровней. В табл.4 указаны гамма-переходы (типа  $M1+E2$ ), для которых определены составы мультипольностей и знаки коэффициентов смешивания  $\delta_\gamma$ . Анализ структуры уровней <sup>153</sup>Tb будет проведен в отдельной работе.

Таблица 4  
Мультипольности некоторых гамма-переходов <sup>153</sup>Tb

$I_i (E_\gamma) I_f$	Мультипольность		Знак $\delta_\gamma$
	из КВК	из угловой корреляции	
7/2 (80,7) 5/2	$M1 + (1,7 \pm 0,3) \% E2$	-	+
5/2 (93,0) 3/2	$M1 + (3,1 \pm 0,5) \% E2$	-	+
9/2 (99,6) 11/2	$M1 + (0,9 \pm 0,2) \% E2$	-	+
3/2 (147,5) 5/2	$M1 + (17,8 \pm 3,6) \% E2$	-	+
7/2 (148,9) 5/2	$M1 + (4,8 \pm 1,1) \% E2$	-	+
9/2 (190,4) 7/2	$M1 + (6,5 \pm 2,7) \% E2$	$\varnothing \pm (6,3 \pm 3) \% Q$	+
9/2 (244,2) 7/2	$M1 + (24,2 \pm 3,4) \% E2$	-	-
7/2 (254,2) 5/2	$M1 + (10,6 \pm 2,0) \% E2$	-	+
7/2 (274,6) 9/2	$E2 + (M1)$	$\varnothing \pm (86 \pm 5) \% Q$	+
7/2 (323,5) 7/2	$M1 + < 50 \% E2$	$\varnothing \pm 14 \% Q$ или $\varnothing + (22 + 68) \% Q$	+
7/2 (415,6) 9/2	$M1^a$	$\varnothing \pm (15 \pm 7) \% Q$	-
			0

$\delta(244) < 0$  если  $\delta(415) > 0$   
или  
 $\delta(244) > 0$  если  $\delta(415) < 0$

а) По данным работы <sup>1/</sup>.  
б) См. текст.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность И.И.Громовой и Н.А.Лебедеву за приготовление радиоактивных препаратов.

### Литература

1. К.Зубер, Ц.Вылов, И.И.Громова, Я.Зубер, Х.Г.Ортлепп, Н.А.Лебедев. Препринт ОИЯИ, Р6-8669, 1975.
2. В.Гнатович, К.Я.Громов, Ф.Н.Мухтасимов. Препринт ОИЯИ, Р6-2729, 1966.
3. V.Harmatz and T.H.Handley. Nucl. Phys., A191, 497 (1972).
4. Б.А.Аликов, М.Будзынски, 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.Фоминных, И.Холбаев, В.М.Цупко-Ситников. Препринт ОИЯИ, Р13-9608, Дубна, 1976.
5. Б.А.Аликов, М.Будзынски, 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.Фоминных, И.Холбаев. Препринт ОИЯИ, Р13-9007, Дубна, 1976.
6. А.А.Абдуразаков, А.И.Ахмаджанов, К.Я.Громов, Т.А.Исламов, И.М.Камолходжаев, М.К.Прокофьев. Препринт ОИЯИ, 6-4363, Дубна, 1969.
7. Л.А.Вылова, В.А.Залите, Г.Исхаков, Ф.В.Левчановский, М.Потемпа, В.И.Приходько, Л.В.Ревенко, З.Стахура, В.М.Цупко-Ситников. ПТЭ, № 1, 1974, стр. 64-67.
8. A.Rosen, S.Ekstrom, H.Nyqvist, K.E.Adelroth. Nucl. Phys., A154, 526 (1970).
9. K.E.Adelroth, H.Nyqvist, A.Rosen. Phys. Scr., V2, 96 (1970).

Рукопись поступила в издательский отдел  
16 августа 1976 года.