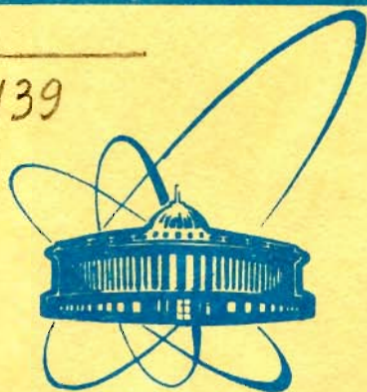


A-139



объединенный  
институт  
ядерных  
исследований  
дубна

5574/2-79

7/1-80

P6 - 12733

А.А.Абдуразаков, Ц.Вылов, К.Я.Громов,  
Т.А.Исламов, А.Караходжаев, Г.А.Кононенко,  
Н.А.Лебедев, Ш.Оманов, Н.З.Марупов

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ РАСПАДА  $^{155}\text{Dy}$

1979

P6 - 12733

А.А.Абдуразаков,<sup>1</sup> Ц.Вылов, К.Я.Громов,  
Т.А.Исламов,<sup>1</sup> А.Караходжаев,<sup>1</sup> Г.А.Кононенко,  
Н.А.Лебедев, Ш.Оманов,<sup>2</sup> Н.З.Марупов<sup>2</sup>

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ РАСПАДА <sup>155</sup>Dy

Направлено в "Известия АН СССР", сер.физ.

---

<sup>1</sup>Ташкентский государственный университет  
<sup>2</sup>Самаркандский государственный университет

Исследование схемы распада  $^{155}\text{Dy}$ 

Спектры гамма-лучей измерялись при помощи спектрометров с  $\text{Ge(Li)}$ -детекторами  $V = 0,8 \text{ см}^3 / \Delta E = 0,72 \text{ кэВ}$  при  $E_\gamma = 165,8 \text{ кэВ}$  и  $V = 38 \text{ см}^3 / \Delta E = 2 \text{ кэВ}$  при  $E_\gamma = 898 \text{ кэВ}$ . Электроны внутренней конверсии /ЭВК/ изучались при помощи бета-спектрографов с постоянным однородным магнитным полем с разрешающей способностью  $0,03 \div 0,05\%$ . Измерения ЭВК также проводились на спектрометре с  $\text{Si(Li)}$ -детектором, помещенным в магнитное поле. В схему распада  $^{155}\text{Dy}$  введен новый уровень с энергией 1120 кэВ. Наблюдается 50 новых гамма-переходов, и для 50 гамма-переходов впервые определены мультипольности. Уточнены энергии и интенсивности гамма-переходов и характеристики уровней  $^{155}\text{Tb}$ . Обсуждается природа уровней по модели, учитывающей взаимодействие квазичастица-фонон.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Investigation of  $^{155}\text{Dy}$  Decay Scheme

Spectra of gamma-rays are measured using spectrometers with  $\text{Ge(Li)}$  detectors of  $V = 0.8 \text{ cm}^3 (\Delta E = 0.72 \text{ keV}$  at  $E_\gamma = 165.8 \text{ keV}$ ) and  $V = 38 \text{ cm}^3 (\Delta E = 2 \text{ keV}$  at  $E_\gamma = 898 \text{ keV}$ ). Internal conversion electrons (ICE) were studied by means of a beta-spectrographs with constant homogeneous magnetic field of 0.03-0.05% resolution. ICE measurements were also performed on a spectrometer with a  $\text{Si(Li)}$  detector positioned in the magnetic field. A new level with 1120 keV energy has been introduced into the  $^{155}\text{Dy}$  decay scheme. 50 new gamma-transitions are observed, and for them multipolities have been determined for the first time. Energies and intensities of gamma-transitions and characteristics of  $^{155}\text{Tb}$  levels are defined more accurately. Level nature is discussed by a model taking account of quasiparticle-phonon interaction.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

## ВВЕДЕНИЕ

Радиоактивный распад  $^{155}\text{Dy}$  / $T_{1/2} = 9,59$  ч/ изучался рядом авторов /1-8/. В работах /1-7/ исследовались спектры электронов внутренней конверсии /ЭВК/, гамма-лучей и гамма-гамма совпадений. Аликковым и др. /8/ были измерены времена жизни нижних уровней  $^{155}\text{Tb}$  и исследованы угловые корреляции гамма-лучей при распаде  $^{155}\text{Dy}$ . Винтером и др. /9/ и Типпетом и др. /10/ в реакциях  $(\alpha, 2n\gamma)$ ,  $(d, 2n\gamma)$ ,  $(p, n\gamma)$ ,  $(^3\text{He}, d)$  и  $(d, t)$  исследованы возбужденные состояния  $^{155}\text{Tb}$ .

Целью настоящей работы является уточнение энергии, интенсивности и мультипольности гамма-переходов, а также уточнение энергии уровней  $^{155}\text{Tb}$  и установление их квантовых характеристик.

Нами изучены спектры гамма-лучей и ЭВК при распаде  $^{155}\text{Dy}$  при помощи гамма- и бета-спектрометров с полупроводниковыми детекторами, а также бета-спектрографов с однородным магнитным полем.

## 2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

### 2.1. Радиоактивные источники

Исследования проводились с радиоактивными источниками  $^{155}\text{Dy}$ , полученными в реакции глубокого расщепления тантала протонами с энергией 660 МэВ на синхроциклотроне ОИЯИ. Из облученной мишени радиохимическими методами /11/ выделялся диспрозий, который затем разделялся по массам на электромагнитном масс-сепараторе /12/. Полученные источники  $^{155}\text{Dy}$  были использованы для изучения спектров гамма-лучей и ЭВК. Источники для бета-спектрографов приготавливались методом электролитического осаждения радиоактивного диспрозия на платиновую проволочку  $\phi 0,1$  мм.

### 2.2. Аппаратура

Спектры гамма-лучей измерялись при помощи спектрометров с Ge(Li) -детекторами  $V = 0,8$  см<sup>3</sup> / $\Delta E = 0,72$  кэВ при  $E_{\gamma} =$

=165,8 кэВ/ и  $V = 38 \text{ см}^3 / \Delta E = 2 \text{ кэВ}$  при  $E_\gamma = 898 \text{ кэВ}$ /. Методика измерений и обработка спектров гамма-лучей описаны в работе <sup>/13/</sup>. ЭВК изучались при помощи бета-спектрографов с постоянным однородным магнитным полем <sup>/14/</sup> с разрешающей способностью  $0,03 \div 0,05\%$ . Для регистрации электронов использовались фотопластинки типа НИКФИ Р-50 мкм. Их фотометрирование проводилось на автоматизированном микрофотомере <sup>/15/</sup>, связанном с ЭВМ "Минск-2". Измерения ЭВК также проводились на спектрометре с Si(Li) -детектором, помещенным в магнитное поле <sup>/16/</sup>.

### 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

#### 3.1. Исследования спектров гамма-лучей и электронов внутренней конверсии

Наши исследования спектров гамма-лучей и ЭВК при распаде <sup>155</sup>Dy позволили обнаружить 233 гамма-перехода, из которых 50 наблюдаются впервые, и уточнить энергии, интенсивности и мультипольности гамма-переходов. Интенсивности гамма-лучей и ЭВК определялись относительно интенсивности перехода 226,918 кэВ. Мультипольность интенсивного перехода 226,918 кэВ определена нами при сравнении наших экспериментальных и теоретических <sup>/17/</sup> отношений интенсивностей  $K/L_1, L_1/L_2, L_2/L_3$  конверсионных электронов как  $E1(\alpha_K(E1)=0,287)$ . Энергии и относительные интенсивности гамма-переходов приведены в табл. 1. Сравнение этих результатов с данными других авторов <sup>/5-7/</sup> показывает, что для гамма-переходов 334,963 кэВ,  $E1$ : 517,62 кэВ,  $E2$ : 784,61 кэВ,  $M1+E2$ : 841,525 кэВ,  $M1$  и 1068,182 кэВ,  $E1+M2$  наблюдаются расхождения в определении интенсивностей электронов внутренней конверсии.

Помимо этого, из отношения интенсивностей  $L_1, L_2, L_3$  -ЭВК определены смеси мультипольностей для гамма-переходов 23,132 кэВ ( $M1+1,38(13)\%E2$ ), 63,781 кэВ ( $M1+3,46\%E2$ ), 64,459 кэВ ( $M1+0,75(3)\%E2$ ), 67,029 кэВ ( $M1+1,49\%E2$ ), 90,326 кэВ ( $M1+1,80(10)\%E2$ ), 115,268 кэВ ( $M1+3,42(5)\%E2$ ), 205,583 кэВ ( $M1+25,8(2,9)\%E2$ ) и 271,056 кэВ ( $M1+23,7(1,8)\%E2$ ).

#### 3.2. Схема распада

На основании анализа полученной нами совокупности экспериментальных данных предлагается схема распада <sup>155</sup>Dy. При ее построении мы принимали за основу схему распада <sup>155</sup>Dy  $\rightarrow$  <sup>155</sup>Tb, предложенную в работах <sup>5-7/</sup>. Суммарная интенсивность неразмещенных переходов составляет 3% от числа рас-

Таблица 1

Данные о  $\gamma$ -переходах при бета-распаде  $^{155}\text{Dy}$ 

$E_{\gamma}(\Delta E_{\gamma})$ кэВ	$I_{\gamma}(\Delta I_{\gamma})$	$I_{\kappa}^{(B)}$ $\times 10^3$	$I_{L1}$ $\times 10^3$	$I_{L2}$ $\times 10^3$	$I_{L3}$ $\times 10^3$	$\lambda_{\kappa}$ $\times 10^3$	Мультиполь- ность	Размещение	
								$E_i$	$E_f$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Gamma$ 21,005(5)	0,021(8)	-	-	-	-	-	-	271,05	250,03
23,132(29)	0,038(10)	-	440	220	292	-	MI+E2	250,03	226,92
$\Gamma$ 23,96(5)	-	-	70	-	-	-	-	-	-
$\Gamma$ 42,964(18)	-	-	24	-	-	-	-	317,06	274,08
63,781(15)	-	178	24	6	-	-	MI+E2	334,82	271,05
65,459(3)	2,68(5)	16000	2460	260	170	5970	MI+E2	65,46	0
67,029(10)	0,0580(35)	178	24	3,6	-	3069	MI+E2	317,06	250,03
$\Gamma$ 68,855(23)	0,019(8)	-	-	-	-	-	-	-	-
71,157(10)	0,064(4)	46	-	-	-	719	E1	226,92	155,79
84,83(4)	0,032(8)	40	-	-	-	1250	E1+M2	334,82	250,03
90,326(2)	1,564(32)	3960	500	66	28	2532	MI+E2	155,79	65,46
I07,925(15)	0,070(5)	I2	-	-	-	I71	E1	334,82	226,92
I15,268(7)	0,142(8)	I57	40	5,2	3	I106	MI+E2	271,05	155,79
I18,304(10)	0,141(8)	I78	25	2,5	-	I262	MI	274,08	155,79
I21,083(12)	-	I0	10	-	-	-	-	-	-
I31,946(11)	-	I20	20	-	-	-	-	466,96	334,82
I34,552(14)	-	I2	-	-	-	-	-	651,93	517,62
I35,454(13)	-	I0	-	-	-	-	-	-	-
I53,365(30)	0,067(10)	23 <sup>a)</sup>	-	-	-	343	E2	651,93	498,61

Таблица 1 / продолжение /

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	155,765(9)	0,303(12)	95	I3	26	23	3I4	E2	155,79	0
	161,443(4)	1,676(34)	119	I4	-	-	7I	E1	226,92	65,46
	178,93(5)	-	8	-	-	-	-	-	334,82	155,79
	184,564(4)	4,93(9)	260	28	4,6	4,6	53	E1	250,03	65,46
	195,68(4)	0,031(8)	10 <sup>a</sup>	I,4	-	-	323	MI	466,96	271,05
	205,583(9)	0,521(20)	100	I2	3,2	1,6	192	MI*E2	271,05	65,46
	206,583(14)	0,036(3) <sup>a</sup>	5	0,5	0,7	-	139	E2	274,08	65,46
r)	216,848(37)	0,188(35) <sup>a</sup>	4	-	-	-	2I	(E1)	-	-
	226,918(4)	100,0(1,8)	2870	392	56	58	28,7	E1	226,92	0
	248,645(22)	0,157(7)	3,7 <sup>a</sup>	-	-	-	23,6	E1	-	-
	264,621(18)	-	4	-	-	-	-	-	809,69	544,86
	269,356(24)	0,252(10) <sup>a</sup>	25 <sup>a</sup>	-	-	-	99	MI*E2	334,82	65,46
	271,056(9)	1,77(10)	138	20	3,2	1,8	78	MI*E2	271,05	0
r)	276,81(5)	0,056(20)	-	-	-	-	-	-	-	-
	339,81(4)	-	2,4	-	-	-	-	-	1954,7	1664,9
	294,89(5)	0,070(5)	6	0,8	-	-	86	MI*E2	544,86	250,03
	311,18(10)	0,048(5)	2	-	-	-	42	E2(+MI)	466,96	155,79
	317,947(18)	0,304(11)	25	3	0,2	-	82	MI	544,86	226,92
	322,27(4)	0,040(4)	-	-	-	-	-	-	549,63	226,92
	334,963(19)	0,179(6)	I,C	-	-	-	9	E1	(334,82	0)
	342,67(6)	0,070(6) <sup>a</sup>	2,5	-	-	-	36	MI*E2	498,61	155,79
	352,47(11)	0,020(4)	-	-	-	-	-	-	508,44	155,79
	356,87(10)	0,021(4)	-	-	-	-	-	-	906,51	549,63

Таблица 1 /продолжение/

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
377,72(5)	{	0,072(4)	-	-	-	-	-	-	-	
379,3		1,4	-	-	-	-	-	-	-	
382,772(20)		2,6	-	-	-	10	EI+M2	891,09	508,44	
394,54(8)	0,041(14)	-	-	-	-	-	-	1155,46	760,6	
r) 401,96(11)	0,051(6)	2,6	-	-	-	51	M2+EI	651,93	250,03	
403,57(4)	0,304(15)	12	2	-	-	39	MI	1294,67	891,09	
r) 408,80(10)	0,014(3)	2	-	-	-	143	M2	1470,9	1062,09	
421,85(5)	0,063(5)	1,8	-	-	-	29	MI	-	-	
425,031(33)	0,089(5)	1,6	-	-	-	18	EI+M2	651,93	226,92	
433,150(13)	1,043(29)	32	3,3	-	-	31	MI	498,61	65,46	
439,56(6)	0,067(5)	-	-	-	-	-	-	906,51	466,96	
441,44(7)	0,058(5)	-	-	-	-	-	-	-	-	
445,84(8)	0,032(5)	1,2	-	-	-	37,5	M2+EI	(1255,89	809,69)	
452,248(24)	0,234(9)	6	1	-	-	25,6	MI+E2	517,62	65,46	
459,047(28)	0,159(14)	4,1(4)δ)	-	-	-	25,8	MI+E2	1910,9	1451,84	
462,06(8)	{	I,1(2)δ)	-	-	-	21,2	MI+E2	1954,7	1492,63	
463,0			0,052(7)	-	-	-	-	-	-	-
466,95(6)			0,028(9)	-	-	-	-	-	466,96	0
484,158(13)	1,555(35)	35	5	-	-	22,5	MI	549,63	65,46	
496,223(35)	0,210(9)	5	-	-	-	23,8	MI	651,93	155,79	
498,617(15)	2,56(6)	56	7,5	-	-	21,9	MI	498,61	0	
508,437(34)	1,74(7)	28	4	-	-	16	MI+E2	508,44	0	



Таблица 1 / продолжение /

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
517,62(5)	0,111(17)	1,6(2)δ		$\Sigma L = 0,3$		14,4	E2	517,62	0
r) 533,12(14)	0,031(5)	1,4				45	M2+E1		
r) 534,03(31)	0,030(15)								
r) 537,12(34)	0,012(5)							1793,6	1255,89
r) 542,240(34)	0,086(9)								
549,643(14)	1,396(32)	26	$\Sigma L = 4$			18,6	MI	549,63	0
r) 559,44(8)	0,042(7)	2,2(3) <sup>a,δ</sup>	0,50(6) <sup>a,δ</sup>			52,4	M2		
570,449(20)	0,279(9)	4				14,3	MI+E2	1638,85	1066,45
576,82(11)		1,4						1638,85	1062,09
586,443(27)	0,239(9)	5,1(4)δ				21,3	MI	651,93	65,46
588,16(8)	0,076(5)	2,3(4)δ							
596,22(12)	0,062(9)	0,6(2)δ				30,3	MI+E2+E0	743,97	155,79
r) 599,14(22)	0,034(8)	0,90(16)				9,7	MI+E2	1664,88	1068,45
602,95(10)	0,035(6)	0,32(5)				26,5	M2+E1		
609,94(4)	0,116(6)	1,4 <sup>B</sup>				9,1	MI+E2	1664,88	1062,09
610,62(12)		0,7 <sup>B</sup>						1865,9	1255,89
r) 614,83(13)	0,043(6)							1155,46	544,86
619,59(4)	0,146(8)	2,1(2)							
r) 632,44(99)	0,0204(37)	0,97(23)				14,4	MI	1913,6	1294,67
641,072(15)	1,83(4)	11,1(8)				47,5	M2	906,51	274,08
653,92(6)	0,176(12)	1,9(3)				6,1	E2	891,09	250,03
656,69(6)	0,191(14)	0,40(6)				10,8	MI+E2	809,69	155,79
r) 661,62(22)	0,080(17)					2,1	E1		

Таблица 1 /продолжение/

$E_{\gamma}(\Delta E_{\gamma})$ кэВ	$I_{\gamma}(\Delta I_{\gamma})$	$I_K(\Delta I_K)^{\delta)}$ $\times 10^3$	$\alpha_K$ $\times 10^3$	Мульти- польность	Размещение	
					$E_i$	$E_f$
1	2	3	4	5	6	7
664,173(18)	3,28(8)	32(2)	9,8	MI+E2	891,09	226,92
666,4(4)	0,080(25)	-	-	-	-	-
г) 669,02(20)	0,095(28)	-	-	-	-	-
676,39(12)	0,058(6)	-	-	-	-	-
678,38(5)	0,291(16)	2,8(2)	9,6	MI	743,97	65,46
г) 688,4(7)	0,012(9)	0,20(3)	16,7	MI(+E2+EO)	1750,27	1062,09
695,138(22)	0,309(19)	2,4(2)	7,8	MI+E2	760,6	65,46
701,15(9)	0,083(9)	-	-	-	-	-
705,87(22)	0,031(8)	-	-	-	861,9	155,79
г) 712,49(7)	0,067(6)	-	-	-	-	-
721,189(39)	0,415(13)	2,4(2)	5,8	MI+E2	-	-
г) 723,46(8)	0,146(9)	$1^B$ )	6,8	MI+E2	950,38	226,92
725,240(39)	0,283(10)	$1^B$ )	3,5	E1+(M2)	1793,64	1068,45
г) 739,12(12)	0,014(4)	-	-	-	-	-
743,64(5)	0,497(18)	$9^B$ )	18,1	MI+E2+EO	809,69	65,46
743,9		$0,9^B$ )	-	-	743,97	0
г) 745,2		$0,9^B$ )	-	-	1294,67	549,63
750,07(7)	0,124(9)	0,53(9)	4,3	E2	1294,67	544,86
г) 758,99(20)	0,069(11)	-	-	-	-	-
760,70(12)	0,128(16)	4,5(4)	35,2	MI+E2+EO	760,6	0
765,4	0,047(7)	-	-	-	-	-
767,6		-	-	-	1836,0	1068,45
773,57(5)	0,148(11)	0,58(6)	3,9	E2	1664,88	891,09
782,19(4)	0,152(10)	0,76(9)	5,0	MI+E2	-	-
784,61(6)	0,123(7)	$0,77^B$ )	6,3	MI+E2	-	-
796,44(7)	0,084(9)	$0,45^B$ )	5,4	MI+E2	861,9	65,46
802,87(6)	0,0253(27)	-	-	-	1120,06	317,06
808,28(12)	0,137(17)	-	-	-	-	-
811,980(35)	0,587(27)	3,5(3)	6,0	MI+E2	1062,09	250,03
820,40(12)	0,047(7)	-	-	-	1155,46	334,82
825,596(37)	0,190(11)	-	-	-	891,09	65,46
835,158(29)	0,370(13)	3,0(3)	8,1	MI(+E2+EO)	1062,09	226,92
838,48(5)	0,188(10)	0,65(10)	3,5	E2	1155,46	317,06
841,525(28)	0,408(15)	2,5(3)	6,1	MI	1068,45	226,92

Таблица 1 /продолжение/

	1	2	3	4	5	6	7
r) 845,78(7)	0,070(7)	0,3 <sup>B)</sup>	4,3		MI+E2	II20,06	274,08
848,977(30)	0,260(15)	I,55(15)	6,0		MI	II20,06	271,05
854,78(8)	0,074(6)	-	-		-	-	-
861,74(23)	0,061(15)	0,38(6)	6,2		MI	861,9	0
r) 871,90(8)	0,044(6)	0,76(10)	17,3		M2	I991,9	II20,06
r) 875,30(12)	0,037(5)	-	-		-	-	-
r) 878,23(8)	0,059(5)	-	-		-	I638,85	760,60
884,42(5)	0,088(7)	-	-		-	II55,46	271,05
891,126(29)	0,859(27)	I,02(10)	I,19		EI	891,09	0
905,515(21)	3,58(8)	I4(I)	3,9		MI+E2	II55,46	250,03
912,47(6)	0,319(32)	0,15(3)	0,47		(EI)	I656,3	743,97
920,939(36)	0,158(8)	0,19(3)	I,2		EI	I664,88	743,97
925,4(4)	0,020(7)	-	-		-	-	-
928,535(21)	I,047(20)	5,9(4)	5,6		MI	II55,46	226,92
938,19(4)	0,173(6)	0,20(3)	I,16		EI	-	-
940,516(25)	0,445(13)	0,40(6)	0,9		EI	I750,27	809,69
r) 944,24(II)	0,050(6)	-	-		-	I836,0	891,09
r) 949,99(8)	0,080(9)	-	-		-	-	-
962,44(7)	0,087(10)	0,15(2)	I,72		EI+M2	I869,0	906,51
972,357(35)	0,119(12)	0,60(9) <sup>a)</sup>	5,0		MI	I470,7	498,61
r) 978,87(10)	0,059(5)	0,13(2) <sup>a)</sup>	2,2		E2	I294,67	317,06
981,824(30)	0,307(10)	0,30(3) <sup>a)</sup>	0,98		EI	I255,89	274,08
r) 994,18(14)	0,063(11)	-	-		-	-	-
996,70(7)	0,396(23)	0,35(5) <sup>a)</sup>	0,88		EI	I062,09	65,46
999,681(26)	3,56(10)	3,2(3)	0,90		EI	II55,46	155,79
1003,03(10)	0,239(21)	0,25 <sup>B)</sup>	I,05		EI	I068,45	65,46
r) 1009,96(10)	0,043(4)	-	-		-	-	-
1012,89(4)	0,435(20)	0,43(6)	0,99		EI	I664,88	651,93
1024,00(18)	0,039(8)	-	-		-	I294,67	271,05
r) 1050,02(34)	0,025(10)	-	-		-	I793,64	743,97
1062,091(34)	0,565(18)	0,50(8)	0,88		EI	I062,09	0
1068,182(29)	0,844(27)	0,90(8)	I,07		EI+M2	I068,45	0
1089,8	{ 4,01(10)	3,6(3)	-		-	I638,85	549,63
1090,0			-		-	II55,46	65,46
1093,70(10)	0,053(5)	-	-		-	I638,85	544,86
1098,2	{ 0,305(21)	0,59(12)	-		-	I750,27	651,93
1100,1			-		-	I255,89	155,79

Таблица 1 /продолжение/

I	2	3	4	5	6	7
III5,2	{ 0,578(I8)	0,26(4)	-	-	I664,88	549,63
III7,0		0,26(4)	-	-	I45I,84	334,82
II20,II(5)	0,109(I5)	0,22(3)	2,02	E2	II20,06	0
II43,44(8)	0,079(7)	0,086(I3)	I,09	EI+M2	-	-
II55,47I(3I)	3,05(7)	2,07(I7)	0,68	EI	II55,46	0
II66,223(27)	2,473(23)	I,56(I4)	0,63	EI	I664,88	498,6I
II72,59(I2)	0,072(I2)	-	-	-	-	-
II84,05(I0)	0,035(5)	-	-	-	I836,0	65I,93
II98,I4(9)	0,043(4)	-	-	-	I664,88	466,96
I20I,87(8)	0,052(5)	-	-	-	I45I,84	250,03
I2I3,I(5)	0,048(24)	-	-	-	I865,9	65I,93
I22I,52(6)	0,088(20)	0,057(6)	0,65	EI	I492,63	27I,05
I232,34(I2)	0,066(8)	-	-	-	I750,27	5I7,62
I242,63(4)	0,I290(I7)	0,29(5)	2,25	MI	I492,63	250,03
I25I,243(30)	I,382(6)	0,89(9)	0,64	EI	I750,27	498,6I
r) I265,69(I6)	0,022(6)	-	-	-	I492,63	226,92
r) I283,32(I4)	0,0332(I3)	-	-	-	I750,27	466,96
r) I289,08(25)	0,0I4(9)	-	-	-	-	-
I295,003(36)	0,2623(37)	0,23(3)	0,88	EI+M2	I294,67	0
I304,052(39)	0,254(7)	0,I9(3)	0,75	EI+M2	I638,85	334,82
I3I6,277(40)	0,229(7)	0,I2(2)	0,52	EI	I865,9	549,63
r) I329,85(II)	0,029(5)	-	-	-	I664,88	334,82
I336,827(34)	0,7I6(22)	0,4I(6)	0,57	EI	I492,63	I55,79
I348,39(7)	0,09I(7)	0,23(3)	2,53	M2+EI	I865,9	5I7,62
I356,85(I0)	0,036(9)	-	-	-	I865,9	508,44
I367,77I(3I)	I,I7I(20)	0,8I(I0)	0,69	EI+M2	I638,85	27I,05
I386,37(6)	0,I546(24)	0,080(9)	0,52	EI	I45I,84	65,46
I388,82(6)	0,I478(29)	0,29(6)	I,96	MI	I638,85	250,03
I393,829(35)	0,3844(33)	0,29(4)	0,75	EI+M2	I664,88	27I,05
r) I40I,97(36)	0,0I6(4)	-	-	-	-	-
r) I404,46(27)	0,020(4)	-	-	-	-	-
I4I2,08(7)	0,I04(4)	0,I9(3)	I,83	MI	I638,85	226,92
I4I4,933(37)	0,362(I2)	0,62(9)	I,7I	MI	I664,88	250,03
I427,I94(34)	0,604(8)	0,36(5)	0,60	EI	I492,63	65,46
I429,50(I0)	0,032(4)	-	-	-	I656,3	226,92
I437,972(40)	0,4I66(40)	0,83(I2)	I,99	MI	I664,88	226,92
I45I,83I(36)	0,240(5)	0,I5(2)	0,63	EI	I45I,84	0

Таблица 1 /продолжение/

	1	2	3	4	5	6	7
	I459,00(23)	0,045(7)	0,09(1)	2,0	MI	I793,64	334,82
	I479,2I8(36)	0,7929(29)	0,38(6)	0,48	EI	I750,27	27I,05
	I492,6I2(37)	0,8358(34)	0,35(5)	0,42	EI	I492,63	0
	I509,27(4)	0,365(I2)	0,16(2)	0,44	EI	I664,88	I55,79
	I522,5I(9)	0,0453(39)	-	-	-	I793,64	27I,05
Г)	I543,78(9)	0,0I53(I7)	-	-	-	I793,64	250,03
Г)	I548,73(I6)	0,0079(I5)	-	-	-	I865,9	3I7,06
Г)	I557,8I(38)	0,0093(32)	-	-	-	-	-
	I562,9I(6)	0,I2I(6)	-	-	-	-	-
	I567,04(I0)	0,029I(38)	-	-	-	I793,64	226,92
	I573,56(5)	0,I44(6)	-	-	-	I638,85	65,46
Г)	I577,90(I0)	0,0I10(20)	-	-	-	I9I0,9	334,82
	I590,04(9)	0,04I4(29)	-	-	-	I86I,I	27I,05
	I594,52(6)	0,080I(37)	-	-	-	I750,27	I55,79
	I599,570(37)	0,388(I0)	0,I7(2)	0,44	EI	I664,88	65,46
Г)	I606,43(30)	0,9I13(22)	-	-	-	-	-
Г)	I609,I4(I4)	0,0263(33)	-	-	-	I836,0	226,92
Г)	I6I0,52(22)	0,0054(I7)	-	-	-	-	-
	I637,87(5)	0,I20(4)	-	-	-	I793,64	I55,79
Г)	I64I,93(28)	0,0I05(I7)	-	-	-	I869,0	226,92
	I647,82(I7)	0,0I5I(22)	-	-	-	-	-
	I656,05(24)	0,036(7)	-	-	-	I656,3	0
	I664,98(6)	I,27(5)	0,49(7)	0,39	EI	I664,88	0
Г)	I678,I(5)	0,0I04(37)	-	-	-	-	-
	I684,80(5)	0,I63(6)	0,089(26)	0,55	EI	I750,27	65,46
	I69I,58(40)	0,0I4(II)	-	-	-	-	-
	I7I0,08(II)	0,0I88(I4)	-	-	-	I865,9	I55,79
	I7I3,09(9)	0,0259(I7)	-	-	-	I869,0	I55,79
	I728,02(7)	0,060I(32)	-	-	-	I793,64	65,46
	I745,60(I2)	0,0I73(I9)	-	-	-	-	-
	I750,45(6)	0,042I(I9)	-	-	-	I750,27	0
	I758,I0(I0)	0,0037(4)	-	-	-	I9I3,6I	I55,79
	I764,36(9)	0,0096(38)	-	-	-	I99I,9	226,92
Г)	I769,60(20)	0,003I(5)	-	-	-	I836,0	65,46
	I793,64(6)	0,0695(39)	-	-	-	I793,64	0
	I795,30(I0)	0,0I10(20)	-	-	-	I86I,I	65,46
	I803,60(8)	0,02II(I4)	-	-	-	I869,0	65,46

Таблица 1 /продолжение/

1	2	3	4	5	6	7
1835,55(15)	0,0143(14)	-	-	-	1991,9	155,79
1846,24(29)	0,0059(17)	-	-	-	1910,9	65,46
1866,17(25)	0,0177(25)	-	-	-	1865,9	0
1869,00(10)	0,00060(10)	-	-	-	1869,0	0
1889,22(8)	0,0317(24)	-	-	-	1954,7	65,46
1913,60(10)	0,00070(10)	-	-	-	1913,6	0
1954,76(11)	0,0203(20)	-	-	-	1954,7	0

Примечание: а/ интенсивность получена при разложении сложной линии; б/ относительные интенсивности конверсионных электронов, измеренные с помощью спектрометра с Si(Li) - детектором /  $> 500$  кэВ/; в/ относительные интенсивности конверсионных электронов, измеренные с помощью бета-спектрографов с постоянным однородным магнитным полем; ошибка составляет менее 20%; г/ новые гамма-переходы. ненаблюдаемые в работах <sup>15-17/</sup>.

падов <sup>155</sup>Dy. Сумма интенсивностей гамма-переходов, приходящих в основное состояние <sup>155</sup>Tb, составляет  $143,5 \pm 2,9$ . С другой стороны, относительная интенсивность жесткой компоненты позитронного спектра, которая идет на основное состояние <sup>155</sup>Tb, равна  $I_{\beta^+}/I_{K227} = 0,027 \pm 0,007$  <sup>18/</sup>  $\epsilon/\beta_{теор}^+ = 22,1$  <sup>19/</sup>. Таким образом, полное /100%/ число распадов равно  $145,3 \pm 2,9$  /в ед. табл. 1/. При расчете значений  $lgf_{\beta}$  для бета-распада принимались  $T_{1/2} = 19,59 \pm 0,10$  ч <sup>20/</sup> и  $Q_{\beta^+} = 2049 \pm 2$  кэВ <sup>18/</sup>. На рис. 1 и 2 изображена предлагаемая нами схема распада <sup>155</sup>Dy. Спины основных состояний <sup>155</sup>Tb и <sup>155</sup>Dy измерены ранее <sup>21,22/</sup> и равны  $3/2^-$ . Авторы этих работ интерпретировали основное состояние <sup>155</sup>Tb как  $3/2^+[411]$  и <sup>155</sup>Dy - как  $3/2^- [521]$ .

### 3.2.1. Уровни положительной четности

Основное состояние <sup>155</sup>Tb  $3/2^+[411]$ . При бета-распаде <sup>155</sup>Dy возбуждаются ротационные уровни основного состояния с энергиями  $65,5$  / $5/2^+$ /,  $155,8$  / $7/2^+$ /> и  $274,1$  / $9/2^+$ /> кэВ. В ядерных реакциях <sup>19/</sup> наблюдаются члены вращательной полосы этого состояния вплоть до уровня со спином  $23/2^+$ .

Состояние  $5/2^+[413]$  с энергией  $271,0$  кэВ. При бета-распаде наблюдается ротационный уровень этого состояния при энергии  $334,8$  кэВ / $7/2^+$ /. В ядерных реакциях <sup>19/</sup> наблюдаются члены ротационной полосы этого состояний вплоть до уровня  $13/2^+$ .

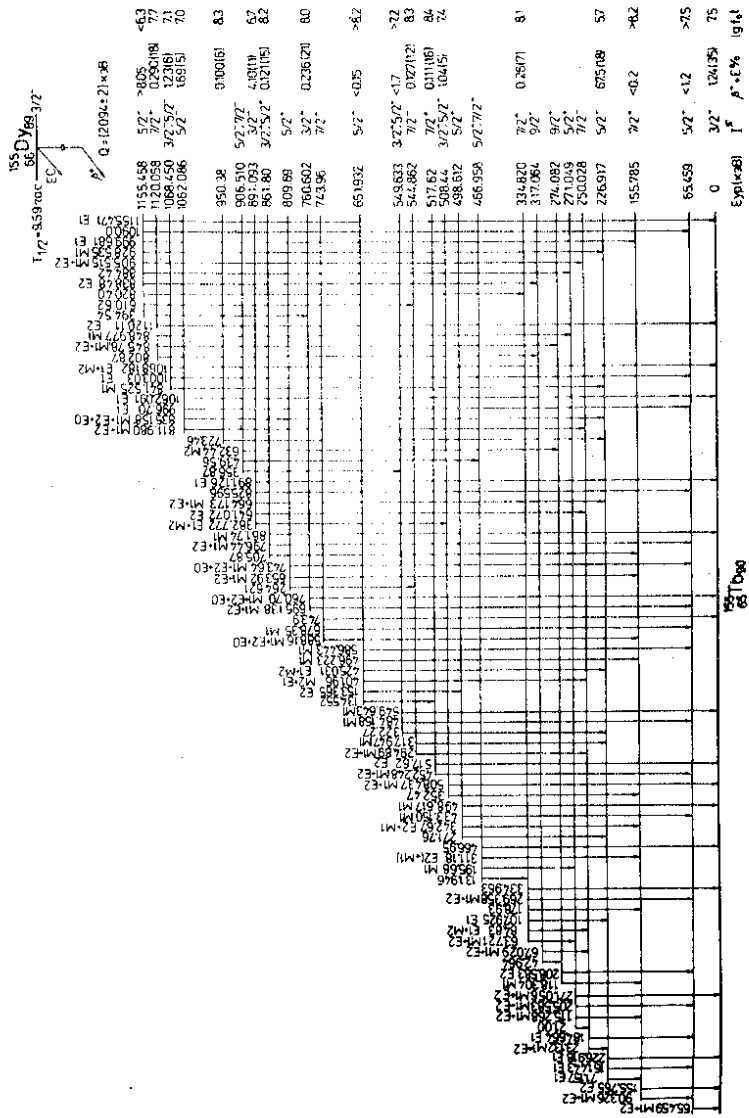


Рис. 1. Схема распада  $^{155}\text{Dy}$  / 1 часть /.

1155458	5/2	>0.05	<6.3
1120058	7/2	0.34(118)	7.7
1086500	3/2	0.27(151)	7.1
1062080	5/2	1.69(16)	7.0
95038	0	0.10(161)	8.3
906510	5/2	7.7(2)	8.2
891093	3/2	4.0(11)	8.2
86180	3/2	5.2(115)	8.2
80968	5/2		
766502	3/2	0.23(120)	8.0
74396	7/2		
651932	5/2	<0.05	>8.2
549633	3/2	5.0(17)	>8.2
544862	7/2	0.12(112)	8.3
51762	7/2	0.11(116)	8.4
50844	3/2	1.04(15)	7.4
498612	5/2		
466958	5/2	7.7(2)	
334820	7/2	0.28(71)	8.1
317084	9/2		
274082	9/2		
271049	5/2		
250028	7/2		
226917	5/2	675(108)	5.7
155785	7/2	<0.2	>8.2
66459	5/2	<1.2	>7.5
0	3/2	124(135)	7.5
			$I^{\beta}$ $\beta$ -5% (9/4)





Ранее был установлен <sup>9,10/</sup> уровень с энергией 467,0 кэВ как  $7/2^+$  [404]. При распаде  $^{155}\text{Dy}$ , возможно, возбуждается уровень с энергией 466,96 кэВ, разряжаемый гамма-переходами с энергиями 467,2; 311,18 ( $M1+E2$ ); 195,68 ( $M1$ ) и 131,95 кэВ. Из мультипольности гамма-переходов мы получаем спин и четность этого уровня  $5/2^+$  или  $7/2^+$ .

Уровень 499 кэВ  $5/2^+$  / наблюдался в ядерных реакциях Туппетом и др. <sup>10/</sup>. Они интерпретировали этот уровень как  $5/2^+$  [402]. При распаде  $^{155}\text{Dy}$  возбуждается уровень с энергией 498,61 кэВ, который разряжается четырьмя гамма-переходами на уровни полосы основного состояния и на первый уровень 226,9 кэВ  $5/2^-$  / полосы  $5/2^-$  [532]. Мультипольности гамма-переходов позволяют приписать спин и четность этому уровню  $3/2^+$  или  $5/2^+$ .

Уровни 549,6 и 651,9 кэВ в работах <sup>5,10/</sup> идентифицированы как члены вращательной полосы состояния  $1/2^+$  [411]. Нами также наблюдаются уровни с энергиями 549,63 и 651,93 кэВ с характеристиками  $3/2^+$  или  $5/2^+$  и  $5/2^+$ , соответственно. Отношения приведенных вероятностей для гамма-переходов, разряжающих уровни 549,6 кэВ и 651,9 кэВ, равны  $B(M1, 3/2^+ \rightarrow 3/2^+) / B(M1, 3/2^+ \rightarrow 5/2^+) = 0,61 \pm 0,02$  и  $B(M1, 5/2^+ \rightarrow 5/2^+) / B(M1, 5/2^+ \rightarrow 7/2^+) = 0,69 \pm 0,04$ , соответственно. Они близки к теоретическим значениям 0,67 для первого и 0,96 для второго отношения, что подтверждает приписание  $K=1/2$  рассматриваемым уровням.

Бета-вибрационное состояние. В ядерных реакциях <sup>10/</sup> и при бета-распаде <sup>5,7/</sup> наблюдаются уровни с энергиями 744,760 и 810 кэВ. Туппет и др. <sup>10/</sup> приписывают уровням 760 и 810 кэВ характеристики  $3/2^-$  и  $5/2^+$  соответственно. В работах <sup>5,7/</sup> этим уровням приписаны спины и четности, равные  $3/2^+$  и  $3/2^+ \div 7/2^+$ . В настоящей работе наблюдаются уровни с энергиями 743,97; 760,6 и 809,7 кэВ. Эти уровни разряжаются на уровни ротационной полосы  $3/2^+$  [411] гамма-переходами с большими значениями коэффициентов внутренней конверсии /см. табл. 1/. Если предположить, что эти переходы - типа  $M1 + E2 + E0$ , то присутствие  $E0$  компоненты в гамма-переходах, разряжающих эти уровни, указывает на то, что последние имеют бета-вибрационный характер. В работе <sup>23/</sup> бета-вибрационные состояния предсказываются в этой области ядер, в том числе в ядре  $^{155}\text{Tb}$  при энергии 1000 кэВ. Уровни 743,97; 760,6 и 809,7 кэВ можно интерпретировать как члены ротационной полосы бета-вибрационного состояния  $3/2^+$  [411] + G(22).

Уровень 861,9 кэВ. Этот уровень наблюдался при бета-распаде  $^{155}\text{Dy}$  Зубером и др. <sup>17/</sup>. Они приписали этому состоянию спин и четность  $1^{\pi} = 1/2^- \div 5/2^-$ . Нами обнаружены три гамма-перехода, связывающие этот уровень с полосой основно-

го состояния. Для двух гамма-переходов с энергиями 796,4 и 861,74 кэВ определены мультипольности как  $M1+E2$  и  $M1$ , откуда можно сделать вывод, что спин и четность уровня 861,9 кэВ  $3/2^+$ ,  $5/2^+$ . Уровень 1120,1 кэВ,  $7/2^+$ . В настоящей работе введен этот уровень на основе баланса энергии и интенсивностей гамма-переходов. С этого уровня идут гамма-переходы с энергиями 802,9; 845,8( $M1+E2$ ); 849,0 ( $M1$ ) и 1120,1 ( $E2$ ) кэВ на уровни со спинами  $9/2^-$ ,  $9/2^+$ ,  $5/2^+$  и  $3/2^+$ , соответственно. Разрядка этого уровня интенсивным гамма-переходом с мультипольностью  $E2$  на основное состояние  $^{155}\text{Tb}$  с характеристиками  $3/2^+$  [411] и проведенное сопоставление с расчетами работы <sup>[23]</sup> позволяют интерпретировать уровень 1120,1 кэВ как гамма-вибрационное состояние с конфигурацией  $7/2^+$  [413] 1%,  $3/2^+$  [411]+ $Q_1/22/98\%$ .

### 3.2.2. Уровни с отрицательной четностью

Уровни с энергиями 226,9 / $5/2^-$ /, 250,0 / $7/2^-$ / и 317,1 / $9/2^-$ / кэВ являются членами ротационной полосы  $5/2^-$  [532] <sup>[5-10]</sup>.

Уровень 544,9 кэВ / $7/2^-$ / наблюдался в работах <sup>[5-9]</sup>. Мы наблюдаем разрядку этого уровня гамма-переходами 294,9 ( $M1+E2$ ) и 318,0 ( $M1$ ) кэВ на уровни 250,0 / $7/2^-$ / и 226,9 / $5/2^-$ / кэВ состояния вращательной полосы  $5/2^-$  [532]. Это состояние можно идентифицировать как одночастичное состояние типа  $7/2^-$  [523], что согласуется с выводами работ <sup>[5-9]</sup>.

Уровень 891,1 кэВ наблюдался в работах <sup>[5-7]</sup>. Разрядка уровня с энергией 891,1 кэВ происходит интенсивными гамма-переходами 641,1 ( $E2$ ), 664,2 ( $M1+E2$ ) кэВ на уровни ротационной полосы состояния  $5/2^-$  [532] и гамма-переходом 891,1 ( $E1$ ) кэВ на основное состояние  $^{155}\text{Tb}$   $3/2^+$  [411]. Наличие этих гамма-переходов можно объяснить, если интерпретировать состояние 891,1 кэВ как  $3/2^-$  [541]. Гамма-переход типа  $E1$  между состояниями  $3/2^-$  [541] и  $3/2^+$  [411] запрещен по асимптотическому квантовому числу  $n_z$ , степень запрета  $\nu=2$ . Если одночастичное состояние  $3/2^-$  [541] имеет примесь коллективного состояния "квазичастица+фонон" типа  $3/2^+$  [411] +  $Q(30)$ , тогдавозможен гамма-переход на основное состояние  $3/2^+$  [411]. По расчетам, сделанным в работе <sup>[23]</sup>, при энергии 1350 кэВ в ядре  $^{155}\text{Tb}$  ожидается состояние со спином  $3/2^-$  и с конфигурацией  $3/2^-$  [541] 52%,  $3/2^+$  [411]+ $Q_1/30/35\%$ ,  $1/2^-$  [550] +  $Q_1/22/3\%$ . Таким образом, получается согласие нашей интерпретации, которая следует из экспериментальных данных, с предположением Гареева и др. <sup>[23]</sup> о природе уровня 891,1 кэВ в ядре  $^{155}\text{Tb}$ .

Уровень 1062,1/5/2<sup>-</sup>/ кэВ наблюдался в работах <sup>15-7/</sup>. Мы наблюдаем разрядку этого уровня интенсивными гамма-переходами с энергиями 812,0 (M1+E2), 835,2 (M1+(E2+E0)) кэВ на уровне вращательной полосы 5/2<sup>-</sup> [532] и 996,7 (E1), 1062,1 (E1) кэВ - на уровне вращательной полосы 3/2<sup>+</sup> [411]. Мы предполагаем, что в гамма-переходе с энергией 835,2 кэВ присутствует E0 компонента. Если это так, то, вероятно, этот уровень имеет бета-вибрационный характер. Наличие гамма-переходов типа E1 позволяет считать, что этот уровень имеет примесь октупольных возбуждений типа 3/2<sup>+</sup> [411] + Q(30). По расчетам Гареева и др. <sup>23/</sup> при энергии 860 кэВ в ядре <sup>158</sup>Eu /изотон <sup>155</sup>Tb/ ожидается бета-вибрационное состояние со спином 5/2<sup>-</sup>. Таким образом, уровень 1062,1 кэВ, вероятно, является бета-вибрационным состоянием типа 5/2<sup>-</sup> [532] + Q /20/ и имеет примесь октупольных возбуждений.

Уровень 1155,5 кэВ /5/2<sup>-</sup>/. С этого уровня наблюдаются интенсивные E1-переходы на уровни 0 кэВ - 3/2 3/2<sup>+</sup> [411]; 155,8 кэВ - 7/2 3/2<sup>+</sup> [411], а также M1-переход на уровень 226,9 кэВ - 5/2 5/2<sup>-</sup> [532] и M1+E2-переход на уровень 250,0 кэВ - 7/2 5/2<sup>-</sup> [532]. Наблюдаемые гамма-переходы можно объяснить предположением о сложной структуре уровня с энергией 1155,5 кэВ. Большая доля, 8%, бета-переходов <sup>155</sup>Dy идет на уровень 1155,6 кэВ, 5/2<sup>-</sup> <sup>155</sup>Tb.

Этот распад происходит с низким значением lgft = 6.3 и соответствует превращению p5/2<sup>-</sup> [532] → n3/2<sup>-</sup> [521]. Поскольку <sup>154</sup>Gd <sub>64</sub><sup>90</sup> является четно-четным остовом для ядра <sup>155</sup>Tb <sub>65</sub><sup>90</sup>, можно предположить, что уровень с энергией 1155,5 кэВ и спином 5/2<sup>-</sup> связан с октупольным возбуждением четно-четного остова, т.е. этот уровень имеет природу 3/2<sup>+</sup> [411] + Q(31). Согласно расчетам В.Г.Соловьева <sup>24/</sup>, октупольное состояние Q(31) с K<sup>π</sup> = 1<sup>-</sup> в ядре <sup>154</sup>Gd при энергии 1509 кэВ содержит следующие основные двухквaziчастичные компоненты:

p 5/2<sup>-</sup> [532] p 3/2<sup>+</sup> [411] 59,5%

n 5/2<sup>+</sup> [642] n 3/2<sup>-</sup> [521] 4,8%.

Если предположить, что нечетная частица ядра <sup>155</sup>Tb сильно не изменяет вклада фоннных компонент с K<sup>π</sup> = 1<sup>-</sup> ядра <sup>154</sup>Gd, тогда большая фоннная компонента с K<sup>π</sup> = 1<sup>-</sup> в ядре <sup>154</sup>Gd будет также большой в ядре <sup>155</sup>Tb. Эта компонента объясняет разрешенный задержанный бета-переход из основного состояния <sup>155</sup>Dy и наблюдаемые гамма-переходы при разрядке уровня с энергией 1155,5 кэВ.

При распаде <sup>155</sup>Dy наблюдаются также более высокие уровни <sup>155</sup>Tb вплоть до энергии 1992 кэВ /см. рис. 2/.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гнатович В., Громов К.Я., Мухтасимов Ф.М. ОИЯИ, Р-2729, Дубна, 1965.
2. Blichert-Toft P.H., Funk E.G., Mihelich J.M. Nucl. Phys., 1967, A100, p.369.
3. Jursik J., Hnatovicz V., Zvolisky J. Czech. J. Phys., 1969, B19, p.870.
4. Баланда А. и др. ОИЯИ, Дб-5783, Дубна, 1971.
5. Harmatz V., Handley T.H. Nucl. Phys., 1972, A191, p.497.
6. Barat J.L., Gove N.B. Nucl. Phys., 1973, A199, p.386.
7. Зубер К. и др. ОИЯИ, б-8517, Дубна, 1975.
8. Аликов Б.А. и др. ОИЯИ, б-10293, Дубна, 1976.
9. Winter G. et al. Nucl. Phys., 1971, A176, p.609.
10. Turpet J.C., Bure D.G. Can. J. Phys., 1972, 50, p.3152.
11. Молнар Ф., Халкин В.А. ЭЧАЯ, 1973, т.4, вып.4, с.1077.
12. Афанасьев В.П. и др. ОИЯИ, 13-4763, Дубна, 1969.
13. Вылов Ц., Осипенко Б.П., Чумин В.М. ЭЧАЯ, 1978, т.9, вып.6.
14. Абдуразаков А.А. и др. ОИЯИ, б-4363, Дубна, 1969.
15. Вылова Л.А. и др. ПТЭ, 1974, №1, с.64.
16. Вылов Ц. и др. ОИЯИ, Рб-9071, Дубна, 1975.
17. Hager R.S., Seltzer E.C. Nucl. Data, 1968, A4, p.1.
18. Будзяк А.В. и др. ОИЯИ, Рб-12403, Дубна, 1979.
19. Джелепов Б.С., Зырянова Л.Н., Суслов Ю.П. В кн.: Бета-процессы, "Наука", Л., 1972.
20. Chu Y.Y., Franz E.M., Friedlander. Phys. Rev., 1970, C1, p.1826.
21. Adelroth K.E., Nygvist H., Rosen A. Physica Scripta, 1970, b.2, p.96.
22. Rosen R. et al. Nucl. Phys., 1970, A154, p.526.
23. Гареев Ф.А. и др. ЭЧАЯ, 1973, т.4, вып.2, с.357.
24. Григорьев Е.П., Соловьев В.Г. Структура четных деформированных ядер. "Наука", М., 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел  
14 августа 1979 года.