

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



СЗУ1.18

A-281

23/11-76

6 - 9316

624/2-76

И.Адам, М.Гонусек, Е.П.Григорьев; К.Я.Громов,  
Т.А.Исламов

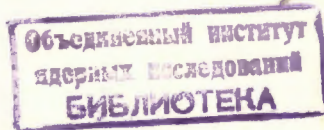
ИЗЛУЧЕНИЕ <sup>166</sup>Tm

1975

6 - 9316

И.Адам,<sup>1</sup> М.Гонусек, Е.П.Григорьев,<sup>2</sup> К.Я.Громов,  
Т.А.Исламов<sup>3</sup>

ИЗЛУЧЕНИЕ <sup>166</sup>Tm



---

<sup>1</sup> Институт ядерных исследований ЧСАН, Прага,

<sup>2</sup> Ленинградский государственный университет,

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

Адам И., Гонусек М., Григорьев Е.П.,  
Громов К.Я., Исламов Т.А.

6 - 9316

Излучение  $^{166}\text{Tm}$

Исследованием  $\gamma$ -лучей,  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений и конверсионных электронов получены более полные сведения о распаде  $^{166}\text{Tm} \rightarrow ^{166}\text{Er}$ .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований  
Дубна 1975

Возбужденные уровни  $^{166}\text{Er}$  изучались при радиоактивном распаде  $^{166}\text{Ho}$ ,  $T_{1/2} = 26,7$  час,  $I^{\pi} = 0^{-}/1-3/$ ,  $^{166\text{m}}\text{Ho}$ ,  $T_{1/2} = 1200$  лет,  $I^{\pi} = 7^{-}/3/$ , в ядерных реакциях  $(d,d')/4/$ ,  $(d,t)/5/$ ,  $(p,t)/6/$ ,  $(\gamma,\gamma')/7/$ ,  $(^3\text{He},d)$  и  $(^4\text{He},t)/8/$ , при распаде  $^{166}\text{Tm}/3,9-12/$ . Электронный захват в  $^{166}\text{Tm}$ ,  $T_{1/2} = 7,7$  час,  $I^{\pi} = 2^{+}$  сопровождается примерно 300  $\gamma$ -переходами и возбуждением уровней  $^{166}\text{Er}$  с энергией до 2,8 МэВ. В предыдущих работах  $^{166}\text{Er}$  было обнаружено меньшее число  $\gamma$ -переходов или обсуждались только отдельные особенности уровней  $^{166}\text{Er}$ . Полученные здесь данные о спектре  $\gamma$ -лучей,  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадениях и электронах внутренней конверсии позволяют получить более полные сведения о распаде  $^{166}\text{Tm}$  и структуре уровней  $^{166}\text{Er}$ .

#### Условия опытов

#### Источники

Радиоактивный  $^{166}\text{Tm}$ ,  $T_{1/2} = 7,69 \pm 0,04$  час возникает в результате распада материнского  $^{166}\text{Yb}$ ,  $T_{1/2} = 57,5 \pm 1,0$  час. Энергия распада  $^{166}\text{Yb}$  мала, она составляет  $215^{+33}_{-18}$  кэВ  $^{14}/$ . В результате электронного захвата в  $^{166}\text{Yb}$  возбуждается только один уровень  $^{166}\text{Tm}$  с энергией 82,29 кэВ, который не мешает изучению спектра  $\gamma$ -лучей  $^{166}\text{Tm}$ . Поэтому для исследований мы использовали источники  $^{166}\text{Yb} + ^{166}\text{Tm}$ , более удобные вследствие большого периода полураспада. Они были получены в продуктах реакций глубокого расщепления тантала протонами с  $E_p = 660$  МэВ на синхротроне ОИЯИ. Фракция Yb была

выделена химическими и хроматографическими методами; изотопы иттербия разделялись на электромагнитном масс-сепараторе ОИЯИ.

### Приборы

Спектр  $\gamma$ -лучей  $^{166}\text{Tm}$  измерялся на нескольких  $\gamma$ -спектрометрах с  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами различного объема. В области низких энергий использовался  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектор /ОИЯИ/ с разрешением 0,49 кэВ при  $E_\gamma = 7$  кэВ и 1,25 кэВ при  $E_\gamma = 480$  кэВ. Область  $\gamma$ -лучей до 3 МэВ измерялась на больших  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторах ОИЯИ, ИЯФ АН ЧССР и ЛГУ. Проводился учет пиков полного поглощения и пиков вылета одного и двух аннигиляционных квантов. Для получения результатов использовались как ручная, так и машинная обработка спектров. Использование различных детекторов и методов обработки позволило получить более достоверные экспериментальные данные.  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадения измерялись с помощью двух  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторов объемом 23 и 30 см<sup>3</sup> с регистрацией двумерного спектра совпадений 1024 x 1024 каналов. Производилась количественная обработка спектров с учетом вклада комптоновского рассеяния и случайных совпадений. Для измерений  $e$ - $\gamma$ -совпадений использовался  $\text{Si}(\text{Li})$ -детектор, на котором регистрировались L-конверсионные электроны перехода 80,57 кэВ и  $\text{Ge}(\text{Li})$ -детектор для регистрации гамма-лучей выше 2 МэВ.

Электроны внутренней конверсии /ЭВК/ измерялись на бета-спектрографах ОИЯИ и ТашГУ. Спектр ЭВК от 800 до 3000 кэВ измерялся с помощью бета-спектрометра ОИЯИ с двойной двухкратной фокусировкой на угол  $2\pi\sqrt{2}$  с разрешением 0,22%. Предварительные данные были опубликованы в работе /10/. Отдельные участки спектра измерялись на бета-спектрометре ЛГУ, имеющем разрешение 0,15% и двойную фокусировку пучка на угол  $\pi\sqrt{2}$ , и на призмённом бета-спектрометре ЛГУ с разрешением 0,15% и светосилой 0,6%. Эти приборы были использованы для выяснения особенностей структуры  $^{166}\text{Er}$  /9,13/.

### Результаты измерений

Данные о спектре  $\gamma$ -лучей  $^{166}\text{Er}$  помещены в табл. 1. Они получены в результате сравнения и усреднения многих спектров, измеренных на различных  $\gamma$ -спектрометрах. Предварительные данные были опубликованы в /15/. Для некоторых  $\gamma$ -переходов в табл. 1 указан только экспериментальный верхний предел интенсивности. Это значит, что переход наблюдался по ЭВК, а гамма-лучи не были замечены. Оценки даны также для переходов, наблюдавшихся только в некоторых из измеренных спектров.

В табл. 1 указаны также интенсивности ЭВК. Погрешности сильно отличаются для разных переходов, что связано со способом наблюдения конверсионных электронов. Значения коэффициентов конверсии позволяют определить мультипольность перехода и в некоторых случаях состав смеси мультипольностей /5 столбец/. В 6,7 и 8 столбцах табл. 1 дана информация о размещении перехода в схеме уровней  $^{166}\text{Er}$ .

Таблица 1

Переходы в распаде  $^{166}\text{Tm}$

$E_\gamma(\Delta E_\gamma)$	$I_\gamma(\Delta I_\gamma)$	$I_k(\Delta I_k)$	$a_k \cdot 10^3$	Мульти- поль- ность	$E_i$	$I_i^\pi$	$I_f^\pi$
55,35(2)	-	-	-	М	1514	3 <sup>-</sup>	2 <sup>-</sup>
72,13(10)	0,30(5)	-	-	-	-	-	-
73,45(2)	$\leq 0,5$	-	-	М	859	3 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
74,8 (1)	$\leq 0,7$	-	-	-	229I	+	-
77,3 (1)	0,14(4)	-	-	-	-	-	-
80,57(2)	52 (3)	27000(5300)	1600	E2	8I	2 <sup>+</sup>	0 <sup>+</sup>
84,11(2)	0,19(5)	840(170)	4900	М	2002	3 <sup>-</sup>	3 <sup>-</sup>

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
96,78(2)	0,10(4)	31(7)	1470	E2+(29,4)MI	956	4+	3+
102,14(3)	≤0,1	34(8)	1420	E2	-	-	-
112,70(2)	≤0,30	22(6)	320	E2	-	-	-
131,03(2)	2,7(2)	112(22)	210	E1	2133	3+	3-
147,29(3)	1,73(5)	34(8)	106	E1	-	-	-
154,50(3)	1,09(2)	125(25)	590	MI+(11,3)E2	2133	3+	4+
157,94(3)	0,20(2)	5,6(21)	124	E1	2160	3+	3-
170,31(3)	0,40(3)	25(6)	350	E2	956	4+	2+
172,80(3)	0,12(4)	1,7(6)	71	E1	-	-	-
177,48(5)	0,11(5)	1,2(7)	58	E1	-	-	-
184,407(15)	85,4(20)	3400(670)	196	E2	265	4+	2+
194,70(3)	4,50(15)	350(66)	370	MI	2133	3+	3+
215,20(3)	28,3(8)	200(40)	36	E1	2133	3+	3-
215,88(3)	-	6,3(23)	-	-	1075	5+	3+
228,11(4)	0,16(2)	9,8(22)	380	MI+(18,10)E2	-	-	-
232,3(4)	0,07(2)	-	-	-	-	-	-
237,00(6)	0,14(3)	2,8(12)	100	E2	-	-	-
238,34(8)	0,21(2)	12(3)	250	MI	-	-	-
241,0(7)	0,21(4)	1,3(6)	32	E1	2243	3-	3-
242,7(3)	0,16(3)	-	-	-	2160	3+	3-
244,5(5)	0,14(3)	-	-	-	-	-	-
251,61(15)	0,11(2)	-	-	-	2273	3-	1-
256,11(4)	0,09(3)	-	-	-	-	-	-
260,0(7)	0,10(5)	-	-	-	-	-	-
262,3(4)	0,05(3)	-	-	-	-	-	-
277,7(2)	0,3	1,0(6)	14	E1	2216	-	3+
280,46(2)	1,50(5)	25(7)	75	E2	545	6+	4+
293,20(5)	≤0,1	1,7(6)	70	E2	-	-	-
294,9(3)	0,12(2)						
298,22(5)	0,93(2)	22(6)	130	MI	2216	-	3-
308,7(1)	0,17(3)	0,56(22)	15	E1	-	-	-
319,81(10)	0,32(10)	9,2(28)	100	MI	-	-	-
331,7(6)	0,07(3)	-	-	-	-	-	-
338,5(6)	0,06(2)	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
345,61(7)	2,17(10)	47(10)	86	MI+(25,15)E2	1918	3-	4-
351,0(2)	0,23(7)	≤0,4	48	E1	-	-	-
352,6(2)	0,14(2)	0,34(12)	8	(E1)	2291	+	3+
372,3(2)	0,10(3)	-	-	-	-	-	-
376,7(4)	0,17(9)	0,22(12)	7	E1	-	-	-
385,6(2)	0,12(2)	0,67(22)	21	E2	-	-	-
389,4(2)	0,23(2)	3,1(11)	57	MI	1918	3-	2+
399,60(25)	0,40(6)	-	-	-	-	-	-
403,98(8)	4,09(8)	45(10)	51	MI	1918	3-	3-
410,67(10)	0,49(3)	2,0(10)	18	E2	956	4+	6+
413,4(2)	0,33(3)	3,1(11)	28	E2(+E1)	-	-	-
429,90(15)	0,43(3)	4,7(17)	60	MI(+E2)	2002	3-	4-
454,3(3)	0,57(4)	0,34(17)	2,9	E1	-	-	-
459,60(8)	12,4(3)	112(22)	45	MI	1918	3-	2-
471,80(15)	0,52(4)	4,0(11)	43	MI	-	-	-
474,9(5)	0,13(2)	-	-	-	2002	3-	2+
482,0(5)	0,17(3)	-	-	-	-	-	-
488,30(25)	0,19(4)	-	-	-	2002	3-	3-
496,90(15)	0,90(3)	1,5(7)	7	E1	1572	4-	5+
498,3(5)	0,36(16)	0,34(17)	5	E1	-	-	-
501,40(25)	≤0,3	-	-	-	-	-	-
520,96(12)	1,20(10)	3,1(11)	15	-	786	2+	4+
529,9(2)	0,90(5)	2,8(11)	13	E2	1075	5+	6+
536,73(15)	0,56(6)	0,45(22)	4	E1	2133	3+	4-
543,84(15)	0,36(2)	1,9(9)	21	E2,MI	2002	3-	2-
557,50(25)	1,43(10)	1,2(6)	5	E1	1514	3-	4+
560,8(2)	≤0,3	-	-	-	2133	3+	4-
563,2(2)	0,35(5)	1,1(6)	12	E2,MI	2021	1-	2-
594,39(3)	17,2(5)	29(7)	9	-	859	3+	4+
598,8(1)	10,3(3)	9,2(33)	5	E1	1458	2-	3+
604,60(15)	0,99(5)	1,8(9)	8,6(18)	E2+<18MI	2133	3+	2+
616,04(15)	0,70	-	-	-	1572	4-	4+
619,2(1)	0,17(2)	0,34(17)	2	E1	2133	3+	3-
631,5(2)	0,47(3)	0,9(4)	14	-	2160	3+	2+
640,03(15)	0,22(2)	-	-	-	1596	4-	4+
644,0(4)	0,10(2)	-	-	-	2216	-	4-
646,2(5)	0,14(4)	-	-	-	2160	3+	3-

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
654,4I(13)	1,77(4)	1,9(9)	4	EI	1514	3 <sup>-</sup>	3 <sup>+</sup>
672,3(1)	31,3(5)	17(6)	3	EI	1458	2 <sup>-</sup>	2 <sup>+</sup>
674,8(1)	13,0(2)	7,5(22)	3	EI	2133	3 <sup>+</sup>	2 <sup>-</sup>
691,23(4)	37,4(5)	54(12)	7	E2	956	4 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>
702,3(2)	5,3(2)	8,1(22)	19	MI	2216	-	3 <sup>-</sup>
705,33(4)	57,4(7)	81(17)	7	E2	786	2 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
712,89(13)	2,05(15)	1,4(7)	3	EI	1572	4 <sup>-</sup>	3 <sup>+</sup>
727,8(2)	2,00(25)	0,56(22)	1,8	EI	1514	3 <sup>-</sup>	2 <sup>+</sup>
729,3(3)	0,45(5)	2,2(11)	16	MI	2243	3 <sup>-</sup>	3 <sup>-</sup>
736,85(15)	0,66(3)	-	-	-	1596	4 <sup>-</sup>	3 <sup>+</sup>
742,6(3)	0,15(3)	-	-	-	1528	2 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
757,8(1)	12,6(5)	31(7)	12	MI	2216	-	2 <sup>-</sup>
778,90(4)	100	100(20)	4,74	E2	859	3 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
785,89(4)	52,2(6)	51(2)	4,6(2)	E2+3% MI	786	2 <sup>+</sup>	0 <sup>+</sup>
810,31(4)	5,50(15)	6,9(2,2)	6	E2	1075	5 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>
814,0(5)	≤0,3	-	-	-	-	-	-
863,55(20)	0,12(3)	-	-	-	-	-	-
875,60(4)	22,0(10)	16(1)	3,5(3)	E2+6% MI	956	4 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
885,1(6)	0,15(5)	-	-	-	-	-	-
886,8(7)	0,29(10)	-	-	-	-	-	-
899,5(7)	0,15(4)	-	-	-	-	-	-
920,0(4)	0,21(4)	-	-	-	-	-	-
955,6(5)	0,19(6)	-	-	-	-	-	-
982,0(7)	0,19(7)	-	-	-	1938	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>
986,2(4)	0,15(6)	-	-	-	-	-	-
993,8	0,27(2)	-	-	-	-	-	-
1000,8(3)	0,18(5)	-	-	-	-	-	-
1022,2(2)	0,30(5)	0,26(11)	3	-	1979	4 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>
1045,6(2)	0,92(4)	0,35(17)	1,5	EI	2002	3 <sup>-</sup>	4 <sup>+</sup>
1057,70(15)	3,6(4)	1,7(1)	2,3(3)	E2+8% MI	2133	3 <sup>+</sup>	5 <sup>+</sup>
1078,90(15)	2,48(5)	3,1(10)	5,9	MI	1938	3 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>
1084,80(15)	1,80(5)	0,90(7)	2,4(2)	E2+10% MI	2160	3 <sup>+</sup>	5 <sup>+</sup>
1097,0(5)	0,32(4)	0,22(11)	1,9	E2	2173	3 <sup>+</sup>	5 <sup>+</sup>
1119,4(2)	1,1(1)	0,42(22)	1,6	EI, E2	1979	4 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>
1126,85(25)	0,45(4)	-	-	-	-	-	-
1131,75(15)	1,29(4)	0,34(17)	0,8	EI	1918	3 <sup>-</sup>	2 <sup>+</sup>
1142,25(15)	0,58(3)	-	-	-	2002	3 <sup>-</sup>	3 <sup>+</sup>

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
1152,30(15)	8,2(2)	6,9(22)	4	MI	1938	3 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
1161,90(15)	3,74(7)	0,95(44)	1,0	EI	2021	-	3 <sup>+</sup>
1176,60(15)	50,7(5)	35(1)	3,3(2)	MI+(25,20)%E2	2133	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>
1187,45(25)	0,58(3)	-	-	-	-	-	-
1192,50(25)	0,87(4)	0,28(14)	1,6	EI, E2	1979	4 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
1200,66(15)	2,07(7)	1,5(7)	4	E2, MI	-	-	-
1203,83(15)	5,6(2)	3,2(2)	2,8(4)	E2+(50,20)%MI	2160	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>
1216,09(15)	3,60(7)	1,0(5)	1,3	EI, E2	2002	3 <sup>-</sup>	2 <sup>+</sup>
1235,33(13)	10,0(1)	1,6(7)	0,7	EI	2021	-	2 <sup>+</sup>
1248,70(15)	1,13(4)	-	-	-	1514	3 <sup>-</sup>	4 <sup>+</sup>
1263,35(15)	4,5(1)	2,8(11)	2,6	E2, MI	1528	2 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>
1273,42(13)	80,7	50,5(15)	2,9(2)	MI+(8,12)%E2	2133	3 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>
1290,4(3)	0,46(4)	-	-	-	-	-	-
1300,62(13)	7,20(15)	4,4(2)	2,8(3)	MI+(5,15)%E2	2160	3 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>
1313,4(3)	1,15(3)	0,34(17)	1,3	EI, E2	2173	3 <sup>+</sup>	3 <sup>+</sup>
1346,92(15)	6,5(12)	3,2(2)	2,4(3)	MI+(20,20)%E2	2133	3 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
1356,4(5)	0,8(2)	0,34(17)	1,9	E2, MI	2216	-	3 <sup>+</sup>
1360,60(25)	0,53(9)	-	-	-	-	-	-
1374,10(12)	31,2(6)	15,3(7)	2,3(2)	MI+(20,20)%E2	2160	3 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
1384,1(6)	0,24(3)	-	-	-	2243	3 <sup>-</sup>	3 <sup>+</sup>
1388,2(5)	0,25(3)	-	-	-	2173	3 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
1396,6(5)	0,15(5)	-	-	-	-	-	-
1401,2(5)	0,41(3)	-	-	-	-	-	-
1413,8(5)	0,31(3)	-	-	-	2273	3 <sup>-</sup>	3 <sup>+</sup>
1430,5(3)	2,2(2)	2,2(11)	2,4	E2, MI	2291	+	3 <sup>+</sup>
1432,7(2)	3,1(1)	-	-	-	1514	3 <sup>-</sup>	2 <sup>+</sup>
1437,0(5)	0,24(4)	0,13(7)	1,7	-	-	-	-
1444,4(6)	0,4(2)	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
I447,7(2)	3,5(1)	4,2(11)	5,6	E2+M0	1528	2 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
I457,4(2)	0,72(8)	-	-	-	2243	3 <sup>-</sup>	2 <sup>+</sup>
I46I,I(7)	0,19(8)	0,40(20)	4,8	MI	-	-	-
I474,75(25)	0,66(4)	0,22(11)	1,6	MI, E2	-	-	-
I493,0(10)	0,17(3)	-	-	-	-	-	-
I495,5(1)	0,18(5)	-	-	-	-	-	-
I505,0(2)	4,48(8)	2,2(9)	2,2	MI	2291	+	2 <sup>+</sup>
I522,90(25)	0,53(6)	0,28(11)	2,0	E2, MI	-	-	-
I528,64(25)	0,15	>0,056	>0,6	E2	1528	2 <sup>+</sup>	0 <sup>+</sup>
I539,7(5)	1,6(2)	-	-	-	-	-	-
I566,3(4)	0,48(8)	-	-	-	-	-	-
I577,7(5)	0,22(4)	-	-	-	-	-	-
I591,90(25)	0,83(5)	0,45(22)	2,3	MI, E2	-	-	-
I607,24(25)	0,80(5)	0,34(17)	1,9	E2, MI	-	-	-
I618,3(10)	0,22(5)	-	-	-	-	-	-
I622,5(2)	2,49(5)	1,1(5)	1,8	E2, MI	-	-	-
I628,6(4)	0,30(6)	0,11(6)	1,8	E2, MI	-	-	-
I649,3(3)	<0,4	-	-	-	-	-	-
I652,85(20)	5,8(1)	0,67(22)	0,5	KI	1918	3 <sup>-</sup>	4 <sup>+</sup>
I662,6(10)	0,07(3)	-	-	-	-	-	-
I673,5(10)	0,06(3)	-	-	-	1938	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>
I681,8(10)	0,08(4)	-	-	-	-	-	-
I704,4(7)	0,25(7)	0,04(2)	0,9	KI, E2, MI	-	-	-
I720,5(5)	0,24(2)	0,034(17)	0,6	KI, E2	-	-	-
I731,7(4)	0,25(3)	0,056(28)	1,1	KI, E2, MI	-	-	-
I736,45(20)	0,40(5)	0,056(28)	0,8	KI, E2	2002	3 <sup>-</sup>	4 <sup>+</sup>
I750,1(10)	0,19(10)	-	-	-	1830	1 <sup>-</sup>	2 <sup>+</sup>
I781,2(6)	0,24(7)	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
1784,8(3)	0,51(7)	-	-	-	-	-	-
1811,0(6)	0,3(1)	-	-	-	-	-	-
1813,6(3)	0,48(5)	0,17(8)	2,4	MI, E2	-	-	-
1820,6(3)	0,34(5)	-	-	-	-	-	-
1824,1(3)	0,60(7)	0,13(7)	0,9	KI, E2, MI	-	-	-
1833,6(7)	0,3(1)	-	-	-	-	-	-
1837,2(3)	4,3(2)	0,48(22)	0,5	KI	1918	3 <sup>-</sup>	2 <sup>+</sup>
1846,9(5)	0,20(4)	-	-	-	-	-	-
1852,5(6)	0,23(5)	-	-	-	-	-	-
1868,00(15)	22,5(2)	3,9(3)	0,81(9)	E2+(13)MI	2133	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>
1883,1(6)	0,17(3)	-	-	-	-	-	-
1895,3(2)	6,8(1)	1,1(1)	0,76(10)	E2+(8)MI	2160	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>
1905,0(7)	0,28(7)	-	-	-	-	-	-
1907,5(3)	2,08(3)	0,56(22)	1,2	E2, MI	2173	3 <sup>+</sup>	4 <sup>+</sup>
1921,7(4)	0,45(4)	-	-	-	2002	3 <sup>-</sup>	2 <sup>+</sup>
1938,94(8)	0,12(7)	-	-	-	-	-	-
1941,7(6)	0,24(4)	-	-	-	-	-	-
1948,6(6)	0,12(4)	-	-	-	-	-	-
1966,4(5)	0,25(2)	0,11(6)	2,0	MI, E2	-	-	-
1975,4(6)	0,20(3)	-	-	-	-	-	-
1977,7(5)	0,58(5)	0,09(5)	0,6	KI, E2	2243	3 <sup>-</sup>	4 <sup>+</sup>
1986,6(5)	0,18(4)	0,045(22)	1,5	E2, MI	-	-	-
1996,0(10)	0,06(3)	-	-	-	-	-	-
2003,9(5)	0,18(5)	-	-	-	-	-	-
2008,2(2)	1,20(4)	0,11(6)	0,4	KI	2273	3 <sup>-</sup>	4 <sup>+</sup>
2018,0(5)	0,19	-	-	-	-	-	-
2022,2(6)	0,12(3)	-	-	-	-	-	-
2025,6(6)	0,12(5)	-	-	-	2291	+	4 <sup>+</sup>
2052,4(2)	95(2)	15,5(7)	0,77(8)	E2+(20 <sup>+</sup> <sub>10</sub> <sup>-</sup> <sub>20</sub> )MI	2133	3 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
2079,6(2)	34,8(4)	5,2(3)	0,72(7)	E2+(10 <sup>+</sup> <sub>10</sub> <sup>-</sup> <sub>10</sub> )MI	2160	3 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
2092,3(3)	8,7(1)	1,8(8)	0,95	E2, MI	2173	3 <sup>+</sup>	2 <sup>+</sup>
2100,8(6)	0,06(1)	-	-	-	-	-	-
2108,0(6)	0,04(1)	-	-	-	-	-	-
2127,7(4)	0,06(1)	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
2130,0(4)	0,08(1)	-	-	-	-	-	-
2135,5(6)	0,22(2)	-	-	-	2216	-	2*
2148,0(9)	0,02(1)	-	-	-	-	-	-
2162,7(3)	0,27	0,017(9)	0,3	И	2243	3*	2*
2176,8(4)	0,17	0,056(33)	1,1	И, И	-	-	-
2184,6(4)	0,13	0,022(11)	0,8	И, И, И	-	-	-
2192,6(2)	1,20(8)	0,09(5)	0,3	И	2273	3*	2*
2202,4(4)	0,26(3)	0,034(17)	0,5	И, И	-	-	-
2210,6(3)	0,36(2)	0,045(23)	0,6	И, И, И	2291	+	2*
2229,2(8)	0,010(5)	-	-	-	-	-	-
2247,8(10)	0,012(4)	-	-	-	-	-	-
2253,5(10)	0,008(4)	-	-	-	-	-	-
2256,6(10)	0,028(10)	-	-	-	-	-	-
2264,3(5)	0,05(1)	-	-	-	-	-	-
2272,7(5)	0,04(6)	-	-	-	-	-	-
2278,0(4)	0,06(2)	-	-	-	-	-	-
2297,3(4)	0,09(1)	0,028(14)	1,8	И, И	-	-	-
2303,0(5)	0,10(1)	0,022(11)	1,2	И, И	-	-	-
2309,3(5)	0,03(1)	-	-	-	-	-	-
2312,3(5)	0,086(4)	0,028(14)	1,6	И	-	-	-
2321,3(6)	0,03(1)	-	-	-	-	-	-
2328,1(6)	0,03(1)	-	-	-	-	-	-
2333,0(6)	0,043(10)	-	-	-	-	-	-
2347,4(10)	0,008(5)	-	-	-	-	-	-
2352,2(7)	0,02(1)	-	-	-	-	-	-
2361,6(10)	0,02(1)	-	-	-	-	-	-
2365,1(8)	0,03(1)	-	-	-	-	-	-
2378,2(6)	0,10(1)	0,022(11)	1,3	И	-	-	-
2384,0(7)	0,065(8)	0,009(5)	0,7	И, И	-	-	-
2394,8(5)	0,16(1)	0,027(13)	0,8	И, И	-	-	-
2423,8(6)	0,13(1)	0,022(11)	0,8	И, И	-	-	-
2436,2(7)	0,04(1)	-	-	-	-	-	-
2441,0(8)	0,03(1)	-	-	-	-	-	-
2445,5(10)	0,009(5)	-	-	-	-	-	-
2456,2(10)	0,007(5)	-	-	-	-	-	-
2459,0(7)	0,05(2)	-	-	-	-	-	-
2463,8(5)	0,19(1)	0,034(17)	0,9	И, И	-	-	-
2490,4(10)	0,013(8)	-	-	-	-	-	-

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
2494,3(6)	0,025(13)	-	-	-	-	-	-
2505,5(7)	0,030(10)	-	-	-	-	-	-
2520,0(4)	0,110(6)	0,011(6)	0,4	И, И, И	-	-	-
2537,6(6)	0,030(6)	-	-	-	-	-	-
2544,6(6)	0,024(6)	-	-	-	-	-	-
2552,1(6)	0,029(8)	-	-	-	-	-	-
2558,3(6)	0,035(8)	-	-	-	-	-	-
2561,8(5)	0,103(6)	0,022(11)	1,3	И, И	-	-	-
2596,8(7)	0,10(3)	-	-	-	-	-	-
2600,0(4)	0,28(2)	0,034(17)	0,5	И, И	-	-	-
2617,4(8)	0,005(1)	-	-	-	-	-	-
2620,5(6)	0,062(6)	-	-	-	-	-	-
2626,6(9)	0,030(8)	-	-	-	-	-	-
2648,1(5)	0,090(8)	0,011(6)	0,7	И, И	-	-	-
2672,7(6)	0,05(1)	-	-	-	-	-	-
2678,8(5)	0,26(1)	0,034(17)	0,7	И, И	-	-	-
2702,5(6)	0,024(4)	-	-	-	-	-	-
2716,5(6)	0,025(3)	-	-	-	-	-	-
2720,8(8)	0,010(5)	-	-	-	-	-	-
2727,0(10)	0,015(10)	-	-	-	-	-	-
2731,7(10)	0,013(8)	-	-	-	-	-	-
2739,7(6)	0,045(5)	~0,01	~1,1	-	-	-	-
2752,6(7)	0,020(8)	-	-	-	-	-	-
2777,0(7)	0,021(5)	-	-	-	-	-	-
2782,7(8)	0,040(6)	0,008(4)	0,8	И, И	-	-	-
2795,9(10)	0,010(4)	-	-	-	-	-	-
2809,2(12)	0,006(3)	-	-	-	-	-	-
2858,8(12)	0,009(4)	-	-	-	-	-	-
2877,0(15)	0,004(2)	-	-	-	-	-	-
2885,8(15)	0,004(2)	-	-	-	-	-	-
2903 (3)	0,002(1)	-	-	-	-	-	-



Табл. 2 содержит данные об ЭВК, полученные на бета-спектрографах. Преимуществом таких измерений является хорошее разделение линий благодаря высокому разрешению приборов. К недостаткам следует отнести невысокую точность определения интенсивностей, связанных с регистрацией электронов на фотопластинке.

Таблица 2

Определение мультипольности  
 $\gamma$  - переходов по отношению интенсивностей  
 L-конверсионных электронов

E <sub>γ</sub> /кэВ/	Относительные интенсивности			Мультипольность
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	
1	2	3	4	5
55,35±0,02	80±8	15±1,5		π+(1,6±0,5)E2
73,45±0,02	10±3	70±7	50±5	π+(4±3)E2
80,57±0,02	2270±115	26700±1400	27500 ±1400	E2
84,11±0,02	110±11	10±1	2,5	π
96,78±0,02	3,1±0,4	19±2	17±2	E2
112,70±0,02	2±0,6	8±1	6±1	E2
131,03±0,02	14±2	2,8±0,3	3,0±0,3	π
147,29±0,03	2,5±0,3	0,5±0,1	0,6±0,1	π
154,50±0,03	14±2	2,7±0,3	1,4±0,2	π+(11±3)E2
170,31±0,03	2,5±0,3	6,7±0,7	5,9±0,6	E2
184,407±0,015	330±20	580±30	500±25	E2
194,70±0,03	43±5	3,7±0,4	0,55±0,10	π
215,20±0,03	22±3	3,7±0,4	4,2±0,5	π
228,11±0,04	1,4±0,2	0,25±0,10		π+(18±10)E2
280,46±0,02	3,1±0,4	3,3±0,4	2,3±0,3	E2
319,81±0,10	1,5±0,2	0,3		π
345,61±0,07	6,7±0,7	1±0,1		π+(25±15)E2
403,98±0,08	7±1	0,8±0,3		π
413,40±0,20	0,4±0,1	0,2		E2(+π)
429,90±0,15		0,4±0,1	0,2±0,1	π(+E2)
459,60±0,08	14±2	1,0±0,2	0,3	π
520,96±0,12	0,4±0,2	0,15		E2, π
594,39±0,03	4,5±0,5	1,3±0,2	0,8±0,1	E2

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
598,80±0,10	1,2±0,2	0,2		π, π
672,30±0,18	1,9±0,2	0,2±0,1	0,2±0,1	π
674,80±0,10	0,8±0,1	0,1		π, π
691,23±0,04	5,6±0,6	0,5±0,2	0,5±0,2	E2
705,33±0,04	7,0±0,7	0,7±0,1	0,7±0,1	E2
757,80±0,10	3,6±0,4	0,25		π, (π)
778,90±0,04	11±1	2,2±0,3	1,0±0,2	E2
785,89±0,04	3,3±1,0	1,3±0,4	0,5±0,2	E2
810,31±0,04	1,0±0,2	0,2±0,1		E2, π
875,60 ±0,04	2,0 ±0,2	0,4 ±0,1	0,2	E2

Примечание: Приведенные ошибки интенсивностей являются относительными ошибками для данной группы L-конверсионных электронов.

В табл. 3 указаны результаты проведенных опытов по  $\gamma$ - $\gamma$  совпадениям. Полученные экспериментальные интенсивности совпадений сопоставляются с рассчитанными по схеме распада /табл. 1/. Лишь в некоторых отдельных случаях наблюдается сильное расхождение; большинство данных подтверждает построенную схему распада.

Таблица 3

Относительные интенсивности  $\gamma$ - $\gamma$  совпадений при распаде <sup>166</sup>Tm

Уровень Переходы /кэВ/		Уровень Переходы /кэВ/		Уровень Переходы /кэВ/		Уровень Переходы /кэВ/			
приход /кэВ/		уход /кэВ/		приход /кэВ/		уход /кэВ/			
I <sub>γγ</sub> I <sub>γγ</sub>		I <sub>γγ</sub> I <sub>γγ</sub>		I <sub>γγ</sub> I <sub>γγ</sub>		I <sub>γγ</sub> I <sub>γγ</sub>			
/кэВ/		/кэВ/		/кэВ/		/кэВ/			
		экс. расч.				экс. расч.			
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
264,97	280,46	184,407	6,5	3,6	264,97	1977,7	184,407	2	1,5
	594,39		42	36		2008,2		3	3,2
	691,23		77	81	545,43	410,67	280,46	1,3	1,6
	810,31		12	12		529,9		4,0	3,2
	1248,70		2	2,7	785,89	672,3+	705,33	50	59
	1263,35		12,7	11,6		+674,8	785,89	40	53
	1652,85		16,5	15,6		727,8	705,33	4,8	2,4
	1868,00		53	43		785,89		3	2,2
	1895,3		14,5	16,5		1152,3	705,33	19	13
	1907,5		3,8	5,2		785,89		17	12

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
785,89	1216,09	705,33	4	6	1458,12	459,60	594,39	12	10
						598,8			
						459,60	672,3	14	27
						674,8	594,39		
		785,89	5	5		+598,8	12	10	
1235,33	705,33	4	16		674,8	672,3	13	29	
	785,89	5	15		757,8	594,39			
1346,92	705,33	12	9			+598,8	7	10	
	785,89	12	8		757,8	672,3	21	29	
1374,10	705,33	49	56	1513,70	403,98	557,50	3,5	1,3	
	785,89	49	52			654,41	1,6	2,5	
1505,0	705,33	6	7,6			727,8	3,1	1,8	
	785,89	5	7,1			1248,70	2,0	1,5	
859,36	598,8	594,39	0,5	2,8		1432,7	3,4	4,0	
		778,90	22	27		702,3	557,50	3	0,6
	654,41	778,90	2,6	5,5			654,41	3,5	1,2
	712,89	778,90	7,2	5,7			727,8	4,8	1
1078,90	778,90	8,6	7				1432,7	3,1	2,7
1161,90	778,90	5	12	1528,30	604,60	1263,35	2	1,7	
1273,42	594,39	45	24			1447,7	2,3	1,2	
	778,90	214	229	1572,15	345,61	496,90	3	2,5	
1300,62	778,90	19	20			712,89	6	5,5	
1430,5	778,90	6,3	4	1917,75	215,20	345,61	10	7	
956,16	557,50	691,2	1,6	2		403,98	16,3	11	
	1176,60	410,67	0,8	1,5		459,60	54	30	
		691,23	98	100		1131,75	4	5	
		875,60	66	59		1652,85	11	17	
1203,83	691,23	10,4	11			1837,2	15	12	
	875,60	6	6,7	1938,22	194,70	1078,9	2,9	3,2	
1075,26	496,90	810,31	1,7	2,5		1152,3	11,7	11	
	1057,70	529,9	1,5	1,6					
		810,31	7,8	7,9					

Примечание: В некоторых случаях наблюдается значительное расхождение между экспериментальными и вычисленными значениями интенсивности совпадений, которое может быть объяснено ошибкой при обработке близких дублетов и неопределенностью при вычитании случайных и комптоновских совпадений, особенно в случае слабых эффектов.

Таблица 4

Относительные интенсивности  $\gamma$ - $\gamma$ -совпадений, идущих через промежуточный переход. Распад  $^{166}\text{Tm}$ .

Переходы			$I_{\gamma\gamma}$	$I_{\gamma\gamma}$
промежут. /кэВ/	верхний /кэВ/	нижний /кэВ/	эксп.	расч.
	403,98	215,20		
		654,41	3,7	2,1
		727,8	2,5	1,5
		1432,7	5	4,5
	557,50	403,98	3,3	1
	594,39	1273,42	32	24
	691,23	1176,60	112	100
		184,407	11,5	11
		1203,83		

Таблица 5

Относительные интенсивности  $e$ - $\gamma$ -совпадений при распаде  $^{166}\text{Tm}$

Переходы		$I_{e\gamma}$	$I_{e\gamma}$
уход /кэВ/	приход /кэВ/	эксп.	расч.
	80,57		
	2052,4	255	255
	2079,6	88	100
	2092,3	22	24

Важное значение для определения  $I_{\beta}$   $\beta$ -переходов играет величина энергии распада  $Q$ . Граничная энергия жесткой компоненты  $\beta^+$ -спектра была уточнена в  $^{13/}$   $E_{\beta^+} = 1927 \pm 5$  кэВ. Она соответствует переходу на первый возбужденный уровень  $^{166}\text{Er}$  80,57 кэВ.

Знание энергий, интенсивностей и мультипольностей  $\gamma$ -переходов, данных об ЭВК и  $\gamma$ -совпадениях позволило построить схему распада  $^{166}\text{Tm}$ . При этом, конечно, использовались данные предыдущих работ и результаты исследования распада изомеров  $^{166}\text{Ho}$  и различных ядерных реакций.

Представленные результаты являются итогом многолетних исследований большого коллектива. Авторы глубоко благодарны своим многочисленным помощникам, в частности, соавторам предварительных сообщений  $^{9,10,13,15/}$  Авторы весьма признательны коллегам, осуществлявшим радиохимические и изотопные выделения изученного изотопа: В.А.Халкину, Н.А.Лебедеву, И.И.Громовой.

#### Литература

1. Е.П.Григорьев, А.В.Золотавин, Ш.В.Камынов. Изв. АН СССР, сер. физ., 38, №12 /1974/.
2. H. Daniel, G. Th. Kasche. Nucl. Phys., 76, 97 (1966).
3. C. W. Reich, J. E. Cline. Nucl. Phys., A159, 181 (1970).
4. P. O. Tjøm, B. Elbek. Nucl. Phys., A107, 385 (1969).
5. D. G. Burke, D. E. Nelson, C. W. Reich. Nucl. Phys., A124, 683 (1969).
6. J. V. Maher, J. J. Kolata, R. W. Miller. Phys. Rev., C6, 358 (1972).
7. F. R. Metzger, V. R. Rasmussen. Phys. Rev., C8, 1099 (1973).
8. K. Katozi, L. R. Mesker, J. L. Yntema. Phys. Rev., C9, 360 (1974).
9. К.П.Артамонова, Е.П.Григорьев, К.Я.Громов, А.В.Золотавин, Ш.В.Камынов, В.О.Сергеев. Изв. АН СССР, сер. физ., 38, №8 /1974/.
10. А.Абдумаликов, И.Адам, Я.Врзал, В.Гнашович, К.Громов, М.Кузнецова, В.Кузнецов, Я.Липтак, В.Морозов, Г.Музиоль, Я.Урбанец, М.Фингер, В.Чумин. Препринт ОИЯИ, Р6-3343, Дубна, 1967.
11. J. Zylich, M. N. Jørgensen, O. B. Nielsen. Nucl. Phys., 81, 88 (1966).

12. S. V. Bursen, P. F. A. Goudsmith, J. Konijn. Phys. Rev., 158, 1167 (1967).
13. Е.П.Григорьев, К.Я.Громов, А.В.Золотавин, Ш.В.Камынов. Материалы 2-го семинара по призмным  $\beta$ -спектрометрам. Вильнюс, 1974.
14. F. W. N. De Boer, P. F. A. Goudsmith, B. J. Meijer. Z. Phys., 260, 75 (1973).
15. И.Адам, М.Гонусек, Е.П.Григорьев, К.Я.Громов, Я.Франа. Программа и тезисы 24 совещания по ядерн. спектр. и теории ядра, Харьков, 1974, стр. 124.

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 ноября 1975 года.