

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P6-87-141

И.Адам, З.Гонс, К.Я.Громов, Т.А.Исламов,
Г.А.Кононенко, А.Х.Холматов

О РАСПАДЕ $^{164}\text{Tm} \rightarrow ^{164}\text{Er}$

Направлено в журнал "Известия АН СССР,
серия физическая", Оргкомитет 37 Совещания
по ядерной спектроскопии и структуре
атомного ядра, г.Юрмала, апрель 1987 г.

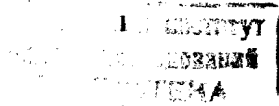
1987

I. Введение

Изотоп тулия с $A = 164$ и $T_{1/2} = 2$ мин. был обнаружен Абдура-
заковым и др. /1,2/. Было установлено, что распад ^{164}Tm сопро-
вождается интенсивным позитронным излучением с граничной энергией
(2940 ± 20) кэВ. Сравнения отношения приведенных вероятностей β -
переходов на уровни 0 кэВ (0^+0) и 91,4 кэВ (2^+0) ^{164}Er с прави-
лами Алаги /3/ и значение $l_g ft = 4,8$ для перехода в основное
состояние ^{164}Er позволили уверенно установить, что $I^{\text{PK}} = I^{\text{I}}$
для основного состояния ^{164}Er , и β -переход является разрешен-
ным незадержанным типа $p[523] \uparrow \rightarrow n[523] \downarrow$. Исследования распада
 ^{164}Tm были продолжены в /4-7/. В /4/ подтверждена идентификация
 ^{164}Tm . Баскина и др. /5/ и Врзал и др. /6/ на основе изучения
спектров электронов внутренней конверсии (ЗЭК), позитронов и γ -
лучей построили схему распада ^{164}Tm . Было указано на возбужде-
ние уровней типа 0^+ (1246 кэВ и ~ 2170 кэВ). Дабур и др. /7/
обнаружили изомерное состояние ^{164m}Tm с $T_{1/2} = (5,1 \pm 0,1)$ мин. и
исследовали спектры γ -лучей, ЗЭК и γ - γ -совпадений при распаде
 $^{164m,9}\text{Tm}$, существенно дополнив схему уровней ^{164}Er .

Возбужденные состояния ^{164}Er интенсивно изучались в ядер-
ных реакциях $(p, 2n)$ /8,9/, (d, d') /10/, (α, xn) /11-13/,
 (p, t) /14-17/, (n, n') /18,19/ и в реакциях с тяжелыми ионами
/20-23/.

В настоящей работе представлены новые результаты тщательного
исследования спектров ЗЭК и γ -лучей при распаде основного состоя-
ния ^{164}Tm .



2. Улония экспериментов. Результаты

Для изучения спектров ЭКК и γ -лучей при распаде ^{164}Tm ($T_{1/2} = 2,04$ мин.) мы использовали источники ^{164}Yb ($T_{1/2} = 75$ мин.), содержащие равновесное количество ^{164}Tm . Для получения ^{164}Yb танталовые мишени весом от 4 до 0,5 г облучались протонами с энергией 660 МэВ на внутреннем (2,3 мкА) или выведенном ($\sim 0,1$ мкА) пучке синхротрона ОИЯИ. Время облучения было от 3 часов до 20 минут.

В качестве источника для β -спектрографов с постоянным магнитным полем /24,25/ использовалась фракция изотопов иттербия, радиохимически /26/ выделенная из облученной в течение 3 часов мишени. Источник готовился методом электроосаждения /27/ на платиновую проволоку диаметром 0,1 мм. Для спектрометров с полупроводниковыми детекторами мы впервые применяли сепарированные по массам, на электромагнитном масс-сепараторе /28/, источники ^{164}Tm . Использовался высокоэффективный трубчатый ионный источник с поверхностной ионизацией /29/.

Прецизионные исследования спектров ЭКК выполнены на β -спектрографах с постоянным однородным магнитным полем /24,25/ в диапазоне энергий от 3 до 3000 кэВ. Разрешающая способность $\Delta H_p/H_p = 0,03-0,07\%$. Относительные интенсивности линий определялись по плотности почернения /30/ с помощью автоматизированного микрофотометра на линии с ЭМ ЕС-1010 /31/. Сведения о ряде слабых линий ЭКК получены при усилении изображений на первичных фотопластинках методом автордиографии с применением радиоактивной ^{35}S /32/. Для получения дополнительных данных о спектрах ЭКК использовался β -спектрометр с $\text{Si}(\text{Li})$ -детектором, помещенным в однородное магнитное поле /33/. Размеры детектора $80 \times 4 \text{ мм}^3$, разрешение $\Delta E_0 = 800$ эВ при $E_0 = 100$ кэВ. Полученная информация использовалась для уточнения изотопной принадлежности линий и для анализа

сложных, загруженных линиями других изотопов, участков спектров, полученных на β -спектрографах.

Спектры γ -лучей ^{164}Tm изучались при помощи спектрометров с $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами с чувствительными объемами $V = 1,3 \text{ см}^3$ ($\Delta E_\gamma = 0,6$ кэВ при 100 кэВ) и $V = 43 \text{ см}^3$ ($\Delta E_\gamma = 2,4$ кэВ при $E_\gamma = 1322$ кэВ). Энергии γ -лучей определялись при обработке одно- временно измеренных спектров исследуемого источника и калибровочных источников ^{56}Co , ^{75}Se , ^{133}Ba , ^{152}Eu и ^{182}Tl . Кривые эффективности регистрации γ -лучей, построенные в форме /34/ с применением перечисленных источников и $^{110\text{m}}\text{Ag}$ и ^{160}Tl , обеспечивали определение относительных интенсивностей с точностью до 5%.

Спектры γ - γ -совпадений мы изучали на установке /35/ с двумя $\text{Ge}(\text{Li})$ -детекторами с чувствительными объемами 41 и 43 см^3 с $\Delta E_\gamma = 2,5$ кэВ при $E_\gamma = 1332$ кэВ. Разрешающее время схемы совпадений было 30 нс. Трехмерные спектры совпадений записывались на магнитную ленту и обрабатывались на ЭМ НР-2116С.

В результате изучения спектров ЭКК и γ -лучей ^{164}Tm обнаружено 145 переходов, из них 54 новых (табл. I). Отдельные участки спектров представлены на рис. I и 2. Для связи шкал интенсивностей ЭКК и γ -лучей использовано расчетное /36/ значение $\alpha_K = 1,34$

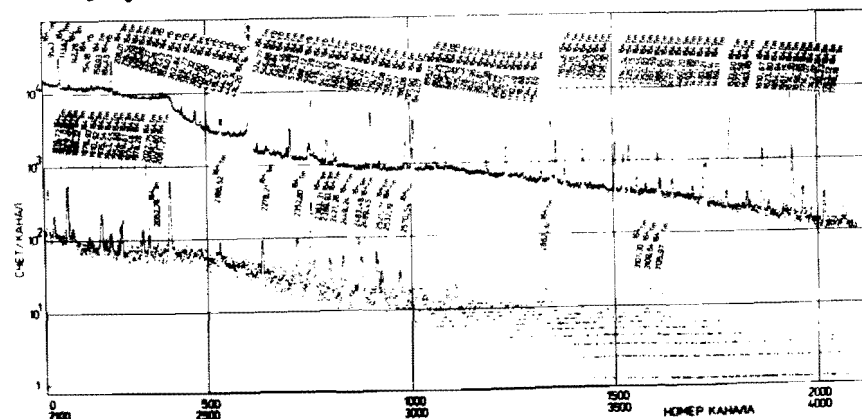


Рис. I Один из спектров γ -лучей изобары с $A = 164$, полученных в настоящей работе.

для E2-перехода 91,43 кэВ. Мультипольность этого перехода и переходов 68,49; 86,24 и 208,1 кэВ определена из отношений интенсивностей L-линий этих переходов. Мультипольности еще 80 переходов, из них 50 впервые, установлены сравнением экспериментальных и расчетных /36/ значений α_K . Мультипольности, определенные

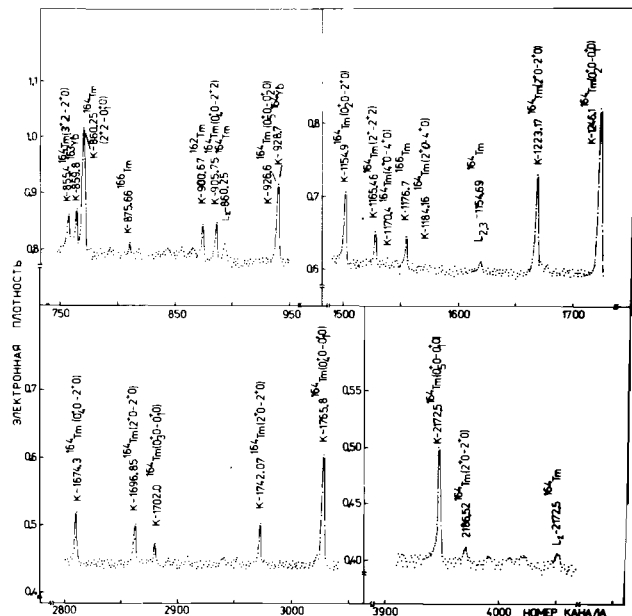


Рис.2 Отдельные участки спектров ЭКК фракции изотопов ^{164}Tm , полученные на бета-спектрографе с постоянным однородным магнитным полем.

ранее /5-7/, подтверждаются. Мы наблюдаем девять переходов типа E0: 407,0; 456,4; 519,8; 926,6; 1246,1; 1416,6; 1702,1; 1765,8; 2172,5 кэВ. Переходы 1246,1; 1765,8 и 2172,5 кэВ были известны ранее, остальные установлены впервые. Для четырнадцати γ -переходов установлена примесь мультипольности E0.

В таблице 2 представлены наши результаты изучения спектров γ - γ -совпадений при распаде ^{164}Tm (см. рис.3).

Таблица 1. Значения энергий и относительных интенсивностей γ -лучей, ЭКК и выводы о мультипольностях переходов при распаде ^{164}Tm .

$E_\gamma(\Delta E_\gamma)$, кэВ	$I_\gamma(\Delta I_\gamma)$	$I_K(\Delta I_K)$	σ^L
1	2	3	4
68,49(14) ^H		$L_1: L_2 \approx 1:1$	E2 ^H
86,24(12) ^H		0,70(15)	E2+M1 ^H
		$L_1: L_2: L_3 \approx$ $\approx 1:10:8$	
91,43(3)	= 100	= 134	E2
		L_1 12(3)	
		L_2 110(17)	
		L_3 110(17)	
113,62(18) ^H	1,6(3)		
142,26(30) ^H	0,7(3)		
159,93(28) ^H	0,4(1)		
208,01(3)	17,0(14)	2,55(35)	E2
		L_1 0,27(5)	
		L_2 0,50(9)	
		L_3 0,46(9)	
218,54(28)	0,6(2)		
298,09(21) ^H	0,8(2)	0,007(2) ^{CI}	(M1, E2) ^H
302,35(73) ^H	0,2(1)		
305,88(36) ^H	0,4(1)		
315,37(16)	2,0(2)	0,028(6)	E1
339,4 ^A	< 0,1		(E2)
355,00(22) ^H	1,0(1)	0,046(10)	E2, M1 ^H
358,03(36) ^H	1,0(3)	0,03(1)	E2 ^H
369,77(23) ^H	0,5(1)		
377,77(24) ^H	0,2(1)		E2 ^H
385,32(67)	0,2(1)	0,005(2)	(E2)
387,7 ^A	< 0,1		
407,0(1) ^H	< 0,1	0,006(1)	E0 ^H
451,3 ^A	< 0,1		(E2)
454,6(1) ^H	0,2(1)	0,0040(15)	E2 ^H

Таблица I (продолжение)

I	2	3	4
456,4(2) ^H	< 0,1	0,018(4)	EO ^H
		L 0,003(1)	
474,2(2) ^H	0,3(1)	0,025(5)	MI+E2+EO ^H
519,76(2I) ^H	< 0,1	0,0050(15)	EO ^H
		L ~ 0,001	
524,77(25)	1,1(2)	0,004(1)	EI ^H
546,86(27) ^H	1,0(2)	0,010(3)	E2 ^H
561,46(32)	0,6(1)	0,006(2)	E2 ^H
568,89(4)	0,5(1)	0,025(9)	MI+E2+EO ^H
575,33(38) ^H	0,4(1)		
595,29(16)	5,9(5)	0,021(7)	EI ^H
635,10(25)	1,6(2)	0,11(2)	MI+E2+EO ^H
642,71(39)	0,5(1)		
647,52(29)	0,9(2)	0,009(2)	MI, E2 ^H
652,52(44) ^H	0,4(1)		
666,47(3) ^H	0,5(1)	0,0035(11)	E2 ^H
689,42(22)	1,5(2)	0,010(3)	E2 ^H
691,87(84) ^H	0,4(2)		
711,17(41) ^H	0,4(1)		
721,10(73) ^H	0,2(1)		
729,27(37) ^H	0,5(1)	0,024(8)	MI+E2+EO ^H
753,39(41) ^H	0,3(1)		
759,08(19)	0,8(1)	0,004(1)	E2
768,91(8)	18,7(15)	0,09(2)	E2
775,47(22)	0,7(2)		
780,05(35) ^H	0,4(1)		
786,06(14) ^H	1,2(1)		
794,62(52) ^H	0,3(1)	0,014(3)	MI+E2+EO ^H
797,90(27) ^H	0,5(1)		
842,07(7)	5,6(5)	0,023(6)	E2 ^H
844,7(1)	~ 0,3	0,003(1)	(M2, EI) ^H
855,11(8)	4,4(4)	0,018(5)	E2
858,3 ^M	< 0,2		(E2)
860,25(6)	16,6(14)	0,065(7)	E2
871,29(19) ^H	0,5(1)		

Таблица I (продолжение)

I	2	3	4
875,43(19) ^H	0,5(1)	< 0,0015	(EI) ^H
905,75(7)	5,1(5)	0,018(4)	E2
926,6(4) ^H	< 0,3	0,04(1)	EO ^H
		L 0,007(2)	
934,9(5)	0,7(2)	0,0020(7)	E2 ^H
963,96(3)	0,5(1)	0,016(5)	MI+E2+EO
967,81(29)	0,5(1)	0,0016(5)	E2 ^H
973,38(4) ^H	0,3(1)		
1015,02(9)	2,3(2)	0,0064(16)	E2 ^H
1057,73(7)	7,0(6)	~ 0,009 ^{CL}	(EI) ^H
1093,42(46)	0,5(2)	0,0012(3)	E2 ^H
1110,49(83) ^H	0,3(2)		
1118,88(88) ^H	0,3(2)		
1134,55(18)	1,4(2)	0,0013(3)	EI ^H
1154,69(5)	24,5(20)	0,044(5)	E2
1165,46(6)	11,0(9)	0,024(6)	E2
1170,4(4) ^H	< 0,3	0,006(2)	MI+E2+EO ^H
1184,16(13)	2,6(3)	0,006(2)	E2 ^H
1223,17(6)	8,8(7)	0,070(15)	MI+E2+EO
1238,29(49) ^H	0,5(2)		
1246,1(4)	< 0,3	0,13(3)	EO
		L 0,020(5)	
1268,43(46)	0,5(2)		
1273,52(62) ^H	0,4(2)		
1295,30(5)	14,1(12)	0,010(3)	EI
1312,28(23)	4,2(9)	0,007(2)	E2
1314,04(18)	5,4(1)	0,009(2)	E2
1325,15(6)	11,7(10)	0,020(6)	E2
1342,55(15)	2,0(3)	0,0014(4)	EI ^H
1350,92(48) ^H	0,4(2)		
1361,59(21)	1,0(2)	0,007(2)	(E2) ^H
1386,64(6)	9,2(8)	0,006(2)	EI ^H
1392,30(11)	2,2(2)	0,03(1)	MI+E2+EO ^H
1416,6(1)		0,021(4)	EO ^H
1417,77(12)	2,5(2)	0,004(1)	E2 ^H

Таблица I (продолжение)

I	2	3	4
I460,20(I6)	I,6(2)		
I465,96(49)	0,4(I)		
I477,15(35)	0,8(2)		
I483,2I(33)	I,7(3)	~0,002	E2 ^H
I486,14(I7)	5,8(6)	0,0033(8)	E1 ^H
I489,II(II)	6,7(7)	0,008(2)	E2 ^H
I533,9(I)	I,9(2)	0,0024(8)	E2 ^H
I577,59(I5)	I,8(2)	≤ 0,002	(E1) ^H
I583,85(36)	0,6(2)		
I610,67(7)	I5,I(I2)	0,020(4)	E2 ^H
I623,80(27)	0,9(2)		
I654,94(37)	0,6(2)	0,0007(2)	E2 ^H
I66I,I5(4I) ^H	0,6(2)		
I674,30(7)	I5,9(I3)	0,018(3)	E2
I696,85(II)	3,7(4)	0,014(3)	MI+E2+EO
I702,I(4) ^H	< 0,3	0,007(2)	EO ^H
		L ~ 0,00I	
I714,07(28)	0,7(2)		
I742,07(II)	3,4(3)	0,015(4)	MI+E2+EO
I750,23(6I) ^H	0,3(I)		
I765,8(4)	< 0,3	0,04(I)	EO
		L 0,007(2)	
I783,I2(23)	I,0(I)		
I788,18(38)	0,6(I)		
I819,72(10)	6,I(9)	0,018(4)	MI+E2+EO
I833,0(2)	I,7(2)	0,0020(5)	E2 ^H
I840,60(67) ^H	0,2(I)		
I862,5(I)	7,5(II)	0,018(4)	MI+E2+EO
I869,32(100) ^H	0,3(2)		
I873,50(47)	0,8(2)		
I876,93(68) ^H	0,5(2)		
I894,36(38) ^H	0,4(I)		
I932,77(60) ^H	0,6(2)		
I935,54(20)	2,3(4)	0,003(I)	E2 ^H
I943,55(38)	0,5(I)		

Таблица I (продолжение)

I	2	3	4
I954,89(22)	I,0(I)		
I969,6I(50) ^H	0,4(I)		
I974,46(49) ^H	0,6(I)		
I978,28(2I)	I,5(3)		
2022,75(20)	I,3(2)		
2035,60(23)	I,I(2)		
2052,78(53)	0,4(I)		
208I,27(I2)	10,0(I5)	0,010(2)	E2
2I72,5(4)	< 0,3	0,I2(3)	EO
		L 0,020(5)	
2I86,52(4I)	0,5(I)	0,010(3)	MI+E2+EO
2278,2I(22)	I,2(2)	0,002	(E2) ^H
2352,80(23)	I,6(3)		
2383,3I(2I)	5,6(9)	0,008(2)	E2 ^H
2389,9I(5I) ^H	0,3(I)		
242I,28(34)	0,7(I)		
2449,24(32)	0,9(2)		
2483,48(29)	I,9(2)		
2489,45(33)	0,9(I)		
2518,23(I40) ^H	0,2(2)		
252I,7I(47)	0,9(2)		
2532,I9(100)	0,3(2)		
2570,54(46)	0,5(3)		
2882,32(86)	0,3(I)		
3002,8(10)	0,5(I)		
310I,30(I40) ^H	0,2(I)		
3109,64(I30)	0,3(I)		
3126,48(I60) ^H	0,I(I)		
3I35,97(I40)	0,3(I)		

Примечание: Относительные интенсивности γ -лучей и ЭНК нормированы через γ -переход 9I,43 кэВ: $I_{\gamma}(9I,43) = 100$ и $I_{\text{ЭНК}}(9I,43) = 134$; "а" - переход не наблюдался, дается оценка верхнего предела интенсивности γ -лучей для вычисления величин $X = B(\text{EO})/B(\text{E2})$; "н" - новые результаты; "сл." - на месте расположения линий ЭНК наблюдаются несколько линий.

Таблица 2. Результаты измерений γ - γ -совпадений при распаде ^{164}Tm . Экспериментальные значения интенсивности совпадений ($I_{\gamma\gamma} \pm I_{\gamma\gamma}$) в произвольных (одинаковых) единицах.

$E_{\gamma 1}, \text{кэВ}$	$E_{\gamma 2}, \text{кэВ}$			
	91,43	208,61	315,37	595,29 768,91 786,06 860,25 1057,73
208,01	26 \pm 6			
768,91	58 \pm 11			
786,06			17 \pm 7	
842,07	да		90 \pm 16 ^H	42 \pm 12 ^H
855,11	да			
860,25				
905,75	да		60 \pm 11 ^H	92 \pm 17 ^H
1015,02		32 \pm 7 ^H	23 \pm 9	
1134,55		15 \pm 6		
1154,69	49 \pm 8 ^H		28 \pm 9 ^H	
1165,46	25 \pm 9		95 \pm 20 ^H	110 \pm 22 ^H
1184,16		43 \pm 8 ^H		
1223,17	25 \pm 6 ^H			
1268,43		12 \pm 6		
1295,30	37 \pm 13	21 \pm 11		117 \pm 48
1312,28	25 \pm 11	12 \pm 4	79 \pm 13 ^H	72 \pm 11 ^H
1325,15	да			
1386,64		28 \pm 7		74 \pm 25
1417,77				40 \pm 20
1486,14	48 \pm 12	да		
1489,11		93 \pm 17		
1533,90		36 \pm 5 ^H		
1610,67	33 \pm 6			
1674,30	20 \pm 7			
1696,85	10 \pm 4			
1742,07	8 \pm 3			
1783,12	8 \pm 5			
1819,72	8 \pm 4			
1862,50	11 \pm 4			
1954,89		14 \pm 6		

Примечание: "H" - совпадения наблюдаемы впервые.

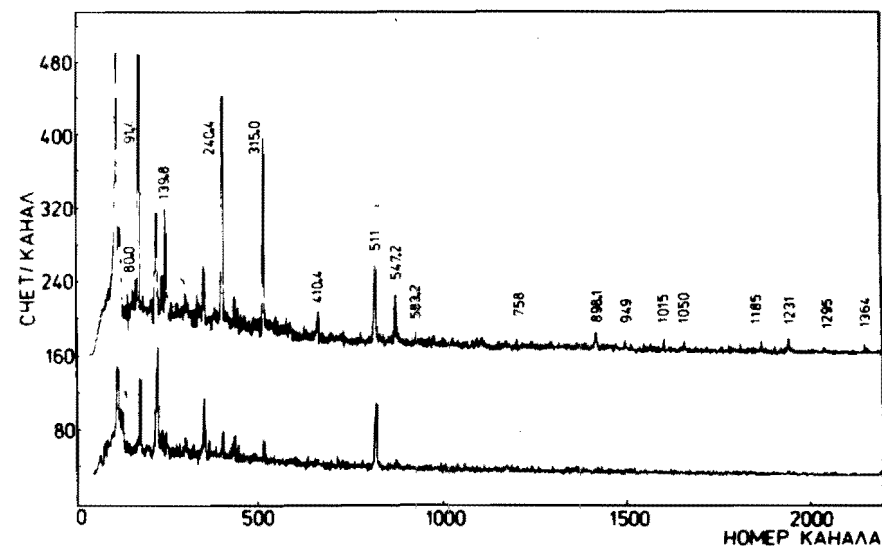


Рис.3 Участок спектра γ - γ -совпадений при распаде ^{164}Tm .

3. Обсуждение результатов

Схема распада $^{164}\text{Tm} \rightarrow ^{164}\text{Er}$, построенная на основе данных таблиц 1 и 2, включает в себя 37 возбужденных состояний (см. рис.4а,б). Построение схемы распада проводилось поэтапно. На первом этапе введены уровни, уверенно подтверждаемые γ - γ -совпадениями. Среди них новые уровни 1568,3; 2032,2; 2254,3 и 2444,4 кэВ. Суммарная интенсивность 30 переходов, размещенных на первом этапе, - 735 единиц табл.1. Энергии уровней были подсчитаны методом наименьших квадратов. Затем была сделана попытка разместить между принятыми уровнями все остальные переходы по энергетическому балансу в пределах ошибки 1σ . Удалось разместить еще 34 перехода с суммарной интенсивностью 53 единицы. После этого были вновь уточнены энергии уровней и сделана вторая попытка раз-

местить оставшиеся переходы в пределах ошибки 2σ . Таким образом, было введено еще 5 новых уровней: 2168,14; 2541,1; 2823,4; 3028,8 и 3629,3 кэВ. На каждом этапе построения схемы распада проверялись правила отбора по мультипольности, угловому моменту и четности и баланс интенсивностей переходов.

В итоге из 145 гамма-переходов, приписанных нами распаду ^{164}Tm , 102 размещены в предлагаемой схеме уровней ^{164}Er . Сумма интенсивностей неразмещенных переходов не превышает 25 единиц табл. I. Ряд уровней: 2022,5; 2569,9; 2846,7; 3162,3; 3213,3 и 3588,1 кэВ, введенных в /7/, не удовлетворяет предъявленным критериям: не подтверждены γ - γ -совпадения или не имеются γ -переходы, которые позволяют ввести уровень по энергетическому балансу.

Для определения вероятностей β -распада ^{164}Tm на уровни ^{164}Er мы использовали энергии β -распада - (3960 ± 20) кэВ /1/ и величину $T_{1/2} = (2,01 \pm 0,01)$ мин. /4/. При вычислениях интенсивности β^+ -распада и электронного захвата на уровни ^{164}Er вместе с данными табл. I использованы следующие экспериментально измеренные величины: отношение интенсивностей β^+ -спектра к линии K-9I,4 кэВ - $3,57$ /37/, отношение интенсивностей β^+ -распада в основное и первое возбужденное состояния - $(2,0 \pm 0,2)$ /38/, отношение интенсивностей K γ -лучей и γ -лучей 9I,4 кэВ - $(8,8 \pm 0,7)$ /7/. Интенсивности распада на уровни ^{164}Er (в %) и соответствующие значения $\log ft$ приведены на рис. 4а, б.

Выводы о квантовых характеристиках уровней ^{164}Er состоят в следующем. При распаде ^{164}Tm (I^+) возбуждаются уровни вращательной полосы основного состояния: 0 кэВ (0^+), 9I,4 кэВ (2^+) и 299,4 кэВ (4^+), полосы γ -вибрационного состояния: 860,2 кэВ (2^+), 946,5 кэВ (3^+) и 1058,6 кэВ (4^+) и полосы β -вибрационного состояния: 1246,08 кэВ (0^+) и 1314,56 кэВ (2^+).

Полосы октупольных-вибрационных состояний в ^{164}Er наблюдаются с $K^\pi = 0^-$ и 2^- . При бета-распаде ^{164}Tm возбуждаются

а) Схема распада ^{164}Tm . Часть первая.



б) Схема распада ^{164}Tm . Часть вторая.

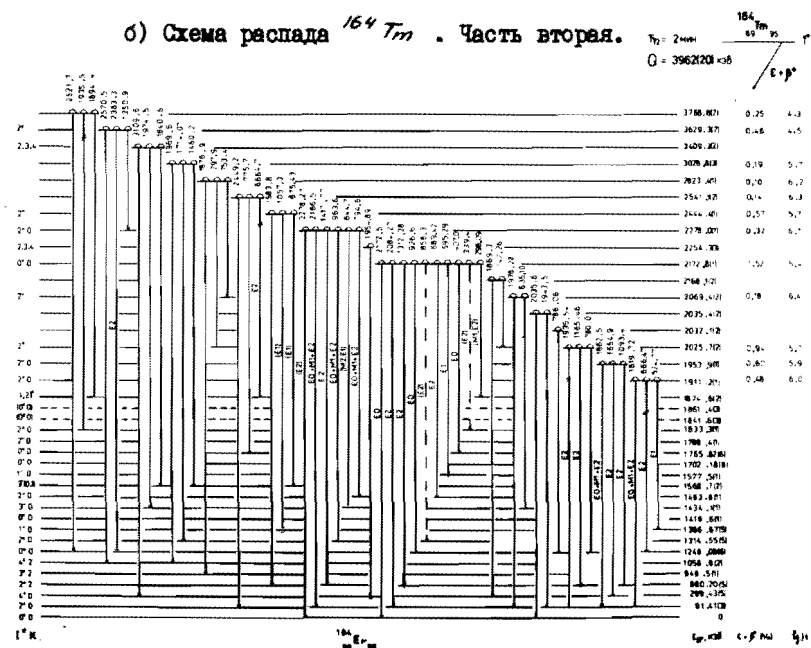


Рис. 4

уровни $E(I^{\pi}K)$: 1386,64 кэВ ($1^{-}0$) и 1434,08 кэВ ($3^{-}0$). Впервые мы установили состояние с энергией 1568,66 кэВ с $I^{\pi} = 3^{-}$ и определили однозначно спин I^{π} для уровня 1577,54 кэВ. Состояние 1568,66 кэВ с $I^{\pi} = 3^{-}$ разряжается переходами на уровни полосы основного состояния, если эти переходы разрешенные по К, тогда рассматриваемому состоянию нужно приписать $K = 0$ или 1. Экспериментальное отношение $B(E1)$ согласуется с правилами Алаги для обоих значений К. Для уровня 1577,54 кэВ, $I^{\pi} = 1^{-}$, экспериментальное отношение ближе к вычисленному для $K = 0$.

Особый интерес представляют состояния с $I^{\pi}K = 0^{+}0$. Уровни 0^{+} с энергией 1246,1 кэВ, 1702,2 кэВ, 1765,8 кэВ и 2172,8 кэВ уверенно подтверждаются γ - γ -совпадениями. $I^{\pi}K$ этих уровней устанавливаются ЕО-переходами с них в основное состояние, новыми ЕО-переходами между ними и мультипольностями других переходов с этих уровней. Обнаруженный новый ЕО-переход с энергией 1416,6 кэВ позволяет приписать уровню с такой энергией, введенному в /7/, $I^{\pi}K = 0^{+}0$ (а не 1^{+} как было в /7/). Уровни 1416,6 и 1483,6 кэВ образуют вращательную полосу ($I^{\pi} = 0^{+}$ и 2^{+}) состояния с $K^{\pi} = 0^{+}$.

Уровни 1911,1 и 1953,9 кэВ с $I^{\pi} = 2^{+}$ отличаются заметной ЕО-примесью в γ -переходах 1819,7 и 1862,5 кэВ, следующих на уровень 91,4 кэВ ($2^{+}0$). Предполагая, что рассматриваемые уровни принадлежат вращательным полосам над неизвестными 0^{+} -состояниями, мы предприняли поиски этих состояний. Оказалось возможным предположительно ввести новые 0^{+} -состояния с энергиями 1841,6 и 1861,3 кэВ.

Некоторые характеристики 0^{+} состояний ^{164}Er , проявившиеся в β -распаде ^{164}Tm , представлены в таблице 3. Видно, что отношения приведенных вероятностей β -переходов на уровни 0^{+} и 2^{+} одной полосы (колонка 4) отличается от правила Алаги ($\cong 2$) не сильно для всех 0^{+} состояний, кроме 1841,6 кэВ и 1861,3 кэВ.

Таблица 3. Некоторые характеристики 0^{+} состояний в ^{164}Er .

I^{π}	Е.ур. (кэВ)	$I_{\beta^{+}} + I_{\beta^{-}}$ (% на расп.)	$\left[\frac{ft(1^{+}1 \rightarrow 2^{+}0)}{ft(1^{+}1 \rightarrow 0^{+}0)} \right]_{\text{эксп.}}$	Параметр смешивания "а" /39/	$\left[\frac{ft(1^{+} \rightarrow 0^{+})}{ft(1^{+} \rightarrow 0^{+})} \right]$
0^{+}	0	62(7)	2,5(6)	-0,018(20)	$\cong 1$
2^{+}	91,43	23(6)			
0^{+}	1246,05	1,5(2)	1,4(3)	0,031(20)	0,054(9)
2^{+}	1314,60	1,0(1)			
0^{+}	1416,58	0,79(7)	2,3(3)	-0,012(12)	0,030(6)
2^{+}	1483,16	0,32(3)			
0^{+}	1702,17	1,4(1)	1,7(3)	0,014(15)	0,070(12)
2^{+}	1788,41	0,74(7)			
0^{+}	1765,83	1,4(1)	2,8(4)	-0,027(12)	0,071(12)
2^{+}	1833,42	0,49(5)			
0^{+}	1841,6 ^а	0,048(12)	0,09(3)	0,28(3)	0,0025(8)
2^{+}	1911,10	0,49(6)			
0^{+}	1861,3 ^а	0,082(15)	0,12(3)	0,25(3)	0,0043(11)
2^{+}	1953,91	0,59(7)			
0^{+}	2172,76	1,4(2)	4(1)	-0,054(19)	0,10(3)
2^{+}	2278,21	0,27(4)			

Замечание: По правилам Алаги $\left[\frac{ft(1^{+}1 \rightarrow 2^{+}0)}{ft(1^{+}1 \rightarrow 0^{+}0)} \right]_{\text{теор.}} = 2,0$;

а - введение данного уровня является предварительным.

В колонке 5 представлены вычисленные по формуле В.М.Михайлова /39/ параметры "а" - смешивания волновой функции рассматриваемого состояния $K_i^{\pi} = 0^{+}$ с волновой функцией основного состояния. Видно, что для всех состояний, кроме 1841,6 и 1861,3 кэВ, параметры "а" по абсолютной величине близки к среднему значению для разрешенных незадержанных β -переходов - $|a_{cp}| = 0,042(37)$ /39/.

В последнем столбце таблицы 3 приведены отношения приведенных вероятностей β -переходов на уровень типа 0^+ и в основное состояние ^{164}Er . Все отношения существенно меньше единицы, что указывает на значительную коллективизацию соответствующих конечных состояний.

В нашем сообщении /40/ выполнен анализ отношений $E0$ - и $E2$ -приведенных вероятностей для ротационных полос состояний типа 0^+ в ^{164}Er . Величины $X_{ij} = B(E0, 0_i^+ \rightarrow 0_j^+) / B(E2, 0_i^+ \rightarrow 2_j^+)$ обнаруживают значительный разброс, от $X_{4II} = 0,07(2)$ до $X_{8II} = 4,5(1,5)$, что говорит об изменении природы рассматриваемых состояний. β -вибрационный уровень, согласно теории Бора-Моттельсона, должен иметь $X = 4\beta_0^2 = 0,3-0,4$, т.е. β -колебательное состояние имеет в ^{164}Er энергию 1246 кэВ ($X_{2II} = 0,26(7)$). Появление в спектре возбуждений ядра состояний с аномально большим значением X объясняется моделью с самосогласованным спариванием Митропольского /41/.

Литература

- I. Абдуразаков А.А. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., т.24, № 3, 1960, с.278.
2. Abdurazakov A.A. et al. Nucl.Phys., 21 (1960), p.164.
3. Alaga G. Kgl.danske Vid.Selskab.Mat.-fys.medd., 29, No.9, 1955.
4. Wilson R.G., Pool M.L. Phys.Rev., 120 (1960), p.1827.
5. Басина А.С. и др. - ЯФ, т.2, вып.2, 1965, с.204.
6. Врзал Я. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., т.31, № 4, 1967, с.604.
7. De Boer F.W.N. et al. Nucl.Phys., A169 (1971), p.577.
8. Graetzer R. et al. Nucl.Phys., 76, 1, 1966.
9. Felt T.H. and Lind D.A. Nucl.Phys., A155, No.1 (1970), p.182.
10. Tjorn P.O. and Elbek B. Nucl.Phys., A107, 385 (1968).

11. Riedinger L.L. et al. Phys.Rev., G4, 1352 (1971).
12. Saethre O. et al. Nucl.Phys., A207, 486 (1973).
13. Bergaw R.W. and Tha S. Bull. Am.Phys.Soc., 11, 391 (1966).
14. Chapman R. et al. Phys.Lett., 31B, 292 (1970).
15. Fleming D.G. et al. Phys.Rev.Lett., 27, 1235 (1971).
16. Maher J.V. et al. Phys.Rev., G6, 358 (1972).
17. Else T.W. et al. Nucl.Phys. A, 187, 473 (1972).
18. Бондаренко В.А. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., т.45, № II, 1981, с.2141.
19. Бондаренко В.А. и др. Изв. АН СССР, сер. физ., т.46, № II, 1982, с.2080.
20. Keating F. et al. Nucl.Phys., A278, No.1, 1977, p.109.
21. Kistner O.C. et al. Phys.Rev., G17, No.4, 1978, p.1417.
22. Yates S.W. et al. Phys.Rev., G21, No.6, 1980, p.2366.
23. Humanic T.T. et al. Phys.Rev., G23, 1981, p.240.
24. Абдуразаков А.А. и др. Препринт ОИЯИ, Р6-4363, Дубна, 1969.
25. Абдуразаков А.А. и др. Бета-спектрографы с постоянными магнитами. - Ташкент, ФАН, 1970.
26. Молнар Ф. и др. ЭЧАЯ, 1973, т.4, с.1077.
27. Нонгородов А.Ф. и др. Радиохимия, 1964, № 6, с.73.
28. Афанасьев В.П. и др. ОИЯИ, 73-4763, Дубна, 1969.
29. Beuer G. et al. Nucl.Instr. and Meth., 96 (1971), p.437.
30. Абдуразаков А.А. и др. ОИЯИ, 6-84-597, Дубна, 1984.
31. Исламов Т.А. и др. ОИЯИ, Р10-12794, Дубна, 1979.
32. Громова И.И. и др. ОИЯИ, Р6-82-487, Дубна, 1982.
33. Вылов Ц. и др. ЭЧАЯ, т.9, 1978, с.1350.
34. Paradellis T. and Hontreas S. Nucl.Instr. and Meth., 73 (1969) p.210.
35. Гонусек М. и др. ОИЯИ, I3-12422, Дубна, 1979.
36. Hager R.S., Seltzer E.C. Nucl.Data, 1968, A4, p.1.

37. Громов К.Я. и др. Программа и тезисы докладов XII ежегодного совещания по ядерной спектроскопии, Ленинград, 1962, с.42. М.-Л., Изд.АН СССР.
38. Басяна А.С. и др. ОИЯИ, Р-1361, Дубна, 1963.
39. Михайлов В.М. и Михайлова М.А. Изв. АН СССР, сер.физ., т.43, 1979, с.2268.
40. Адам И. и др. Краткие сообщения ОИЯИ, № 10-85, Дубна, 1985, с.69.
41. Mitropolsky I.A. J.Phys. G: Nucl.Phys., v.7, 1981, p.921.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 марта 1987 года.

Адам И. и др. P6-87-141
О распаде $^{164}\text{Tm} \rightarrow ^{164}\text{Er}$

Проведены измерения спектров электронов внутренней конверсии /ЭВК/, γ -лучей и γ - γ -совпадений при распаде ^{164}Tm ($T_{1/2} = 2$ мин). Получены новые экспериментальные результаты. Построена схема распада $^{164}\text{Tm} \rightarrow ^{164}\text{Er}$. Проведен анализ полосы основного, бета-, гамма- и октупольно-вибрационных состояний ^{164}Er .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Adam I. et al. P6-87-141
About $^{164}\text{Tm} \rightarrow ^{164}\text{Er}$ Decay

Spectra of internal conversion electrons, γ -rays and p-p-coincidences at the ^{164}Tm decay ($T_{1/2} = 2$ min) have been measured. New experimental results have been obtained. The decay scheme for $^{164}\text{Tm} \rightarrow ^{164}\text{Er}$ has been constructed. The ground, beta-, gamma- and octupole vibrational states of ^{164}Er have been analysed.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987