

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗБУЖДЕННЫХ УРОВНЕЙ ^{162}Tm ПРИ РАСПАДЕ ^{162}Yb ($T_{1/2} = 18,9$ мин.)

LEVELS OF ^{162}Tm EXCITED IN THE DECAY OF ^{162}Yb ($T_{1/2} = 18.9$ min)

И. Адам**, А. Будзяк***, З. Гонс****, М. Гонусек**, К. Я. Громов,
Т. А. Исламов*****, В. В. Кузнецов, Н. А. Лебедев, А. А. Тангабаев*****

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна*

(Поступила в редакцию 19-го августа 1981 г.)

The decay of ^{162}Yb ($T_{1/2} = 18.9$ min) has been investigated with Ge(Li) and Si(Li) detectors, beta-spectrograph and beta-spectrometer with toroidal magnetic field. The single gamma-ray spectrum, the conversion electron spectrum, gamma-gamma and electron-gamma coincidences spectra have been measured. In all, 45 gamma-ray transitions have been observed. The decay scheme for ^{162}Yb is proposed involving 18 excited states in ^{162}Tm , 16 of which were previously unknown.

PACS numbers: 21.10.Ma, 23.20.Lv

1. Введение

Первые сведения о распаде $^{162}\text{Yb} \rightarrow ^{162}\text{Tm}$ были получены при исследовании спектра конверсионных электронов при помощи магнитного бета-спектрографа авторами работы [1]. Исследования спектров γ -лучей и ЭВК при распаде ^{162}Yb продолжены в работах [2-4]. Спин основного состояния ^{162}Tm измерен Экстремом и др. [5] и равен 1. Основное состояние ^{162}Tm интерпретируется как нильссоновская конфигурация $1^-, p1/2^+ (411) - n3/2^- (521)$. В работе [6] на основе исследований ЭВК, γ -лучей, $e\text{-}\gamma$ - и $\gamma\text{-}\gamma$ -совпадений предложена схема возбужденных уровней ^{162}Tm . Уровень с энергией 44,64 кэВ является первым уровнем ротационной полосы основного состояния ^{162}Tm [4]. Состоянию с энергией 163,3 кэВ, принимая во вни-

* Адрес: Объединенный институт ядерных исследований, Главпочтамт п/я 79, Москва, СССР.

** Адрес: Институт ядерной физики, Ржеж, ЧССР.

*** Постоянный адрес: Instytut Fizyki UJ, Reymonta 4, 30-059 Kraków, Poland.

**** Постоянный адрес: Институт ядерной физики, Ржеж, ЧССР.

***** Постоянный адрес: Ташкентский государственный университет, Ташкент, СССР.

вание разрешенный незадержанный бета-переход при распаде ^{162}Yb на этот уровень, приписывают нильссоновскую конфигурацию $1^+, p7/2^- (523) - n5/2^- (523)$. Авторами работ [7, 8] измерены времена жизни первых двух возбужденных состояний ^{162}Tm с энергией 44,64 кэВ — $T_{1/2} = 1,40(15) \cdot 10^{-9}$ с. и 163,3 кэВ — $T_{1/2} = 1,12(10) \cdot 10^{-9}$ с. В настоящей работе продолжены исследования излучений, возникающих при распаде ^{162}Yb .

2. Условия эксперимента и экспериментальные результаты

Нейтрондефицитные изотопы иттербия мы получали в реакциях глубокого отщепления при облучении мишеней из тантала и гафния протонами с энергией 660 МэВ на синхротронне Объединенного института ядерных исследований. Использовались источники трех типов:

1. Для изучения спектров γ -лучей, $e\text{-}\gamma$ - и $\gamma\text{-}\gamma$ -совпадений применялись источники, полученные при облучении на выведенном пучке протонов ($J_p \approx 0,1$ мкА)

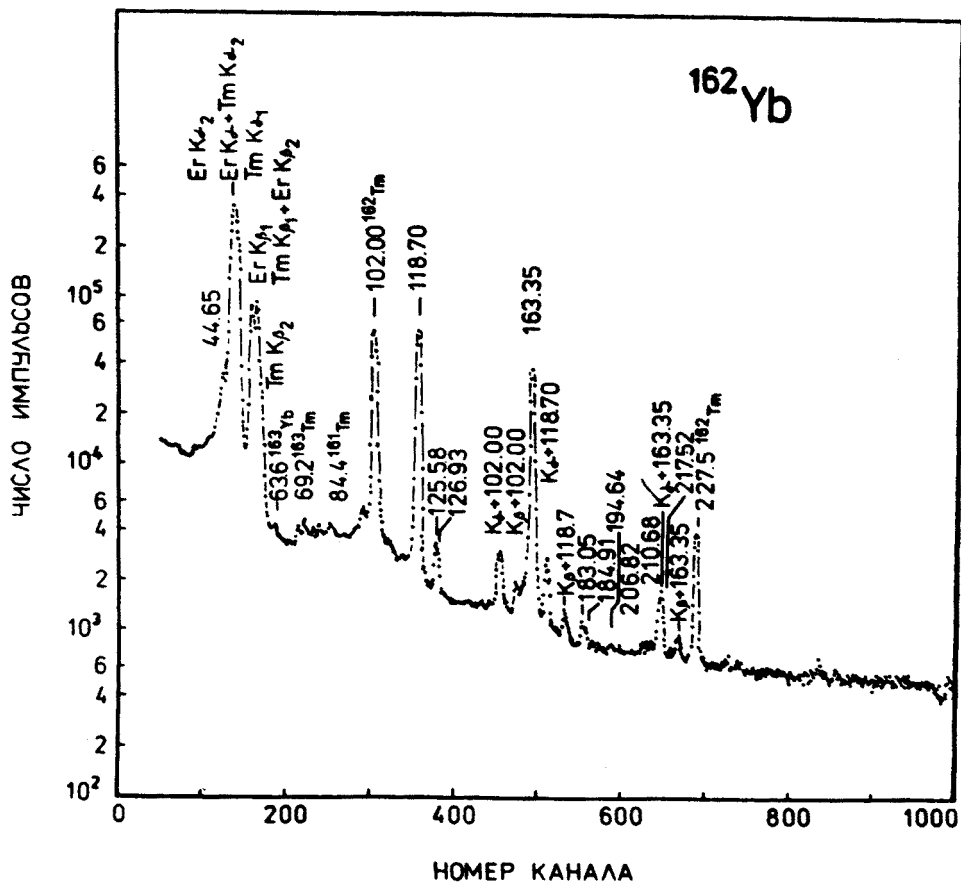


Рис. 1. Спектр γ -лучей изобары $A = 162$ в области малых энергий

мишеней из тантала и гафния, приготовленных из фольги толщиной 50 мкм. Вес мишеней 0,5 г. Длительность облучения 20 мин. Облученные мишени с помощью пневмопочты доставлялись к ионному источнику масс-сепаратора [9]. Радиоактивные изотопы, образовавшиеся в мишени, разделялись по изобарам. Мишени из

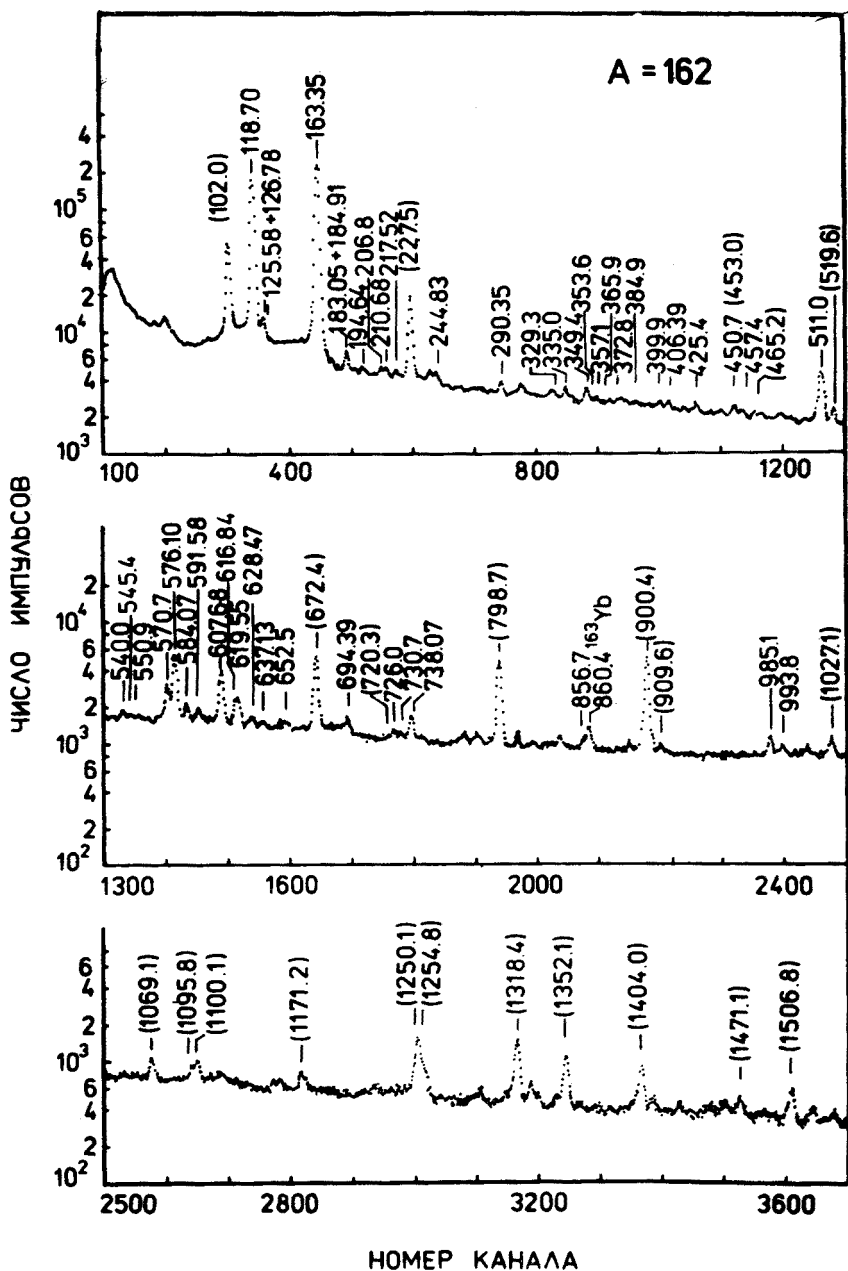


Рис. 2. Спектр γ -лучей изобары $A = 162$ в области больших энергий

Значения энергий и относительных интенсивностей γ -лучей и ЭВК при распаде ^{162}Yb

$E_\gamma(\Delta E_\gamma)$ кэВ	$I_\gamma(\Delta I_\gamma)$	$I_K(\Delta I_K)$	$I_K(\Delta I_K)$	$I_{L_1}(\Delta I_{L_1})$	$I_{L_{II}}(\Delta I_{L_{II}})$	$I_{L_{III}}(\Delta I_{L_{III}})$	$\phi_{\text{эсп.}}^{\text{к}}$	$I_{\text{полн.}}$	Мультипольность
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$K_X(\text{Tm})$	2500(180)								
44,65(2)*	75,7(30)						L_1 3,70(42)	1060(50)	$M1 + 7,8(17)\%E2$
118,70(2)*	840(40)		150(15)	280(30)	230(25)	245(30)	0,180(20)	1020(45)	$E1$
125,58(3)*	19,7(21)		10(3)	16,0(15)	3,6(4)	4,2(4)	0,51(15)	30(10)	$E2(+M1)$
126,78(10)*	12,2(28)		16(4)				1,3(4)	28(10)	$M1(+E2)$
163,35(3)*	1000(40)		77(10)	8,5(15)	1,6(2)	1,7(2)	0,077(10)	1090(50)	$E1$
183,05(22)*	11,3(13)		$\sim 0,6$				0,055(15)	12,0(15)	$E1$
184,91(38)	7,7(21)		$\sim 0,5$				0,065(25)	8,2(20)	$E1$
194,64(9)	4,8(5)		—				—	4,8(5)	—
206,82(12)*	7,2(7)		0,40(10)				0,055(15)	7,6(8)	$E1$
210,68(8)	10,4(10)		$\sim 0,5$				0,050(15)	11,0(20)	$E1$
217,52(7)	5,0(10)		сложн.				—	5,0(10)	—
244,83(10)*	5,6(10)		сложн.				—	5,6(10)	—
290,35(4)*	9,6(10)		$\sim 0,3$				0,03(10)	9,9(10)	$E1$
329,26(30)*	6,4(30)		—				—	6,4(30)	
335,02(8)	7,2(10)	0,40(10)	0,70(10)				0,10(3)	8,0(10)	$M1(+E2)$
349,44(7)*	10,4(10)	0,20(5)	сложн.				0,015(5)	10,6(10)	$E1$
353,57(17)	2,4(10)		—				—	2,4(10)	
357,14(13)	3,2(10)	0,095(15)	—				0,030(10)	3,3(10)	$E2$
365,93(23)	1,6(10)		—				—	1,6(10)	
372,77(12)	4,8(10)		—				—	4,8(10)	
384,85(24)*	2,4(10)		—				—	2,4(10)	
399,86(14)*	4,0(10)	0,30(5)	—				0,080(25)	4,3(10)	$M1$
406,39(6)*	8,0(10)		сложн.					8,0(10)	
425,40(10)	5,6(10)		—					5,6(10)	
450,69(18)*	5,6(10)		—					5,6(10)	
457,38(19)*	7,2(10)		—					7,2(10)	

540,04(9)	5,6(10)	—	—	—	—	5,6(10)
545,40(16)*	3,2(10)	—	—	—	—	3,2(10)
550,86(19)	3,2(10)	—	—	—	—	3,5(15)
576,10(4)*	80,7(50)	0,30(5)	—	—	—	83(6)
584,07(7)*	16,0(20)	0,95(20)	1,3(3)	—	—	16,2(20)
591,58(10)*	11,2(20)	0,16(5)	—	—	—	11,2(20)
607,68(5)*	56,8(60)	0,060(20)	—	—	—	57,5(60)
616,84(10)*	16,8(30)	0,55(7)	0,50(10)	—	—	17(3)
619,55(15)*	22,4(40)	0,40(15)	0,15(5)	—	—	22,6(40)
628,47(12)*	7,2(10)	—	—	—	—	7,2(10)
637,13(20)*	2,4(10)	—	—	—	—	2,4(10)
652,54(50)*	5,0(20)	—	—	—	—	5,0(20)
694,39(14)*	10,4(10)	0,2(15)	—	—	—	10,7(10)
725,96(18)*	6,4(10)	—	—	—	—	6,4(10)
730,71(20)	4,8(10)	—	—	—	—	4,8(10)
738,07(13)**	17,6(40)	—	—	—	—	17,6(40)
774,31(10)	8,8(10)	—	—	—	—	8,8(10)
782,47(10)*	7,6(10)	—	—	—	—	7,6(10)
856,71(18)*	3,2(10)	—	—	—	—	3,2(10)

M1(+E2)

E2

E1

E2

E2

L — 0,25(8)

Примечание:

1. Данные о I_K , приводимые в колонке 3, получены на спектрометре с Si (Li)-детектором.
2. Данные о I_K , I_L , $I_{L\beta}$, $I_{L\gamma}$, приводимые в колонках 4, 5, 6, 7, получены на бета-спектрографах с постоянным магнитом.
3. „Сложн.“ — на месте расположения линии наблюдается несколько неразрешенных линий. Интенсивность этих линий не определялась.
4. Переходы, отмеченные (*), размещены в схеме распада.
5. Переход, отмеченный (**), размещается в схеме распада в двух местах.

гафния давали большее отношение выходов изотопов иттербия и тулия [10]. Источники, полученные из гафниевой мишени, использовались для изучения спектров γ -лучей. Для изучения спектров $e\text{-}\gamma$ - и $\gamma\text{-}\gamma$ -совпадений применялись источники, полученные из танталовой мишени. Измерения во всех случаях начинались через 8-12 мин. после конца облучения.

2. Для изучения спектров электронов внутренней конверсии (ЭВК) с помощью Si (Li)-детектора использованы источники, полученные при облучении тантала (вес равен 4 г) на внутреннем пучке протонов ($J_p \approx 2\text{-}3$ мкА). Длительность облучения 15 мин. Проводилось быстрое радиохимическое выделение (в течение 40 мин.) фракции изотопов иттербия и разделение их на электромагнитном масс-сепараторе. Измерения начинались через 50-60 мин. после конца облучения.

3. Для изучения ЭВК на бета-спектрографах с постоянным магнитным полем [11] использовалась фракция изотопов иттербия, радиохимически выделенная [12] из танталовой мишени, облученной на внутреннем пучке протонов (см. 2). Источник готовился с применением быстрой (~ 3 мин.) методики электроосаждения [13] на платиновую проволоку диаметром 100 мкм. Экспозиции на бета-спектрографах начинались через 45-50 мин. после конца облучения.

При разделениях изотопов на масс-сепараторах источники наносились на алюминиевую фольгу толщиной 18 мкм.

Спектры γ -лучей измерялись с помощью спектрометров с Ge(Li)-полупроводниковыми детекторами с чувствительными объемами:

- 1) $0,5 \text{ см}^3$ (разрешение $\Delta E_\gamma = 0,8 \text{ кэВ}$ при $E_\gamma = 122 \text{ кэВ}$);
- 2) 41 см^3 ($\Delta E_\gamma = 2,4 \text{ кэВ}$ при $E_\gamma = 1332 \text{ кэВ}$);
- 3) 47 см^3 ($\Delta E_\gamma = 2,5 \text{ кэВ}$ при $E_\gamma = 1332 \text{ кэВ}$) и
- 4) 1 см^3 ($\Delta E_\gamma = 0,55 \text{ кэВ}$ при $E_\gamma = 122 \text{ кэВ}$).

Для регистрации спектров γ -лучей использован многоканальный амплитудный анализатор АИ-4096. Обработка спектров проводилась на ЭВМ НР-2116С. На рис. 1 и 2 представлены спектры γ -лучей изобары с $A = 162$. Наряду с γ -переходами, возникающими при распаде ^{162}Yb , наблюдаются γ -переходы дочернего ^{162}Tm . Идентификация γ -лучей ^{162}Yb проводилась по спаду их интенсивности в нескольких последовательных сериях измерений спектра. γ -лучи ^{162}Tm идентифицировались на основе данных работ [4, 14].

Энергетическая калибровка спектров проводилась с помощью источников $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{133}Ba , ^{152}Eu , ^{182}Ta , ^{56}Co и ^{241}Am . Кривые эффективности регистрации γ -лучей использованными детекторами определены при помощи калибровочных источников с точностью (3-8)%. Результаты анализа спектров γ -лучей приведены в табл. I. Наблюдено 45 γ -переходов ^{162}Yb , из них 39 — впервые.

Для исследования спектров ЭВК использовались бета-спектрометры двух типов:

1. Бета-спектрометр с Si(Li)-детектором с размерами $80 \text{ мм}^2 \times 4 \text{ мм}$ и разрешением $\Delta E = 880 \text{ эВ}$ при $E_e = 100 \text{ кэВ}$. Детектор и источник помещены в однородное магнитное поле для селекции частиц по зарядам [15]. Регистрация ЭВК

проводилась с помощью многоканального анализатора INTERTECHNIQUE. Обработка спектров осуществлялась на ЭВМ „Минск-2“.

2. Бета-спектрографы с постоянным однородным магнитным полем с разрешающей способностью $\Delta H_0/H_0 = 0,03 \text{ } 0,07\%$. Электроны регистрировались на фотопластинках типа Р-50 производства НИИХимФото. Обработка спектров —

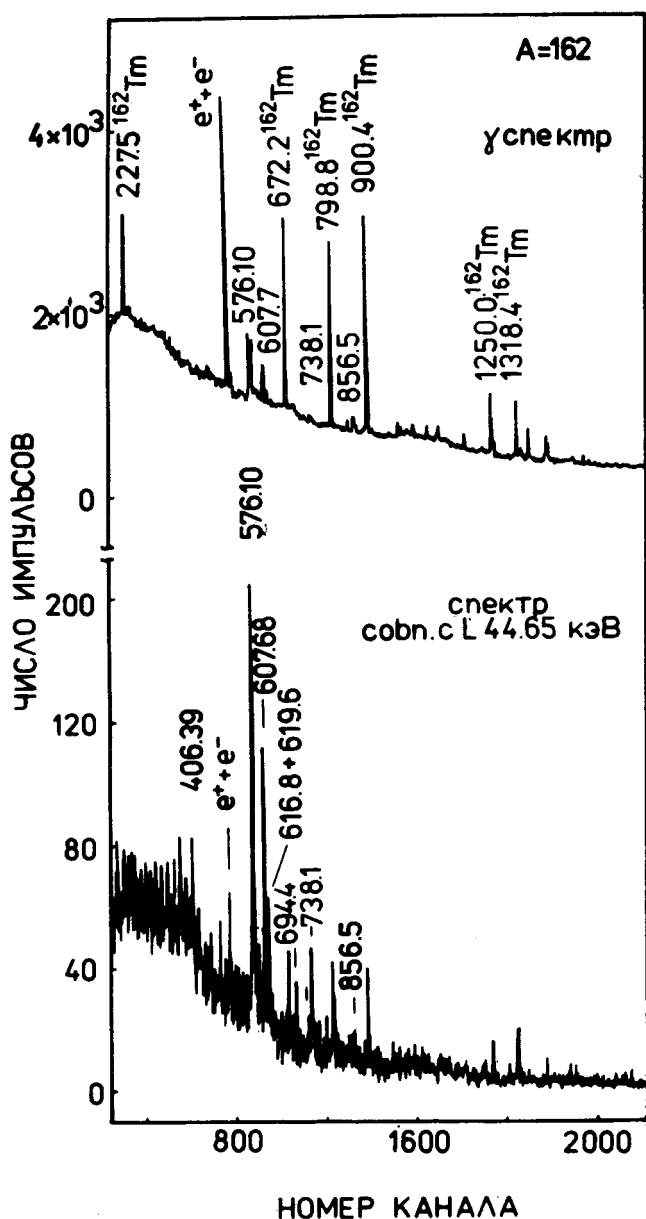


Рис. 3. Спектры γ -лучей и (K 44,65, γ)-совпадений

определение энергий и интенсивностей ЭВК — проводилась при помощи автоматизированного микрофотометра [16] и ЭВМ БЭСМ-6 и СДС-6500.

Результаты анализа спектров ЭВК приведены в табл. I. Бета-спектрографы высокого разрешения позволили получить детальную информацию о мягкой части спектра ЭВК, с помощью полупроводникового бета-спектрометра получены данные об интенсивностях К-линий более жестких γ -переходов. Сравнение экспериментальных и расчетных [17] отношений интенсивностей $K-L_I$, $K-L_{II}$, $K-L_{III}$ линий ЭВК позволило установить мультипольности переходов с энергиями 44,64; 118,7 и 163,35 кэВ как $M1 + (7,8 \pm 1,7)\%$ $E2$, $E1$ и $E1$, соответственно. Для связи шкал относительных интенсивностей γ -лучей и ЭВК мы использовали значение коэффициента внутренней конверсии перехода 163,35 кэВ ($E1$): $\alpha_K = 0,077$. При сравнении экспериментальных и расчетных [17] значений α_K определены мультипольности ряда γ -переходов (см. табл. I).

Спектры e - γ -совпадений при распаде ^{162}Yb изучались на установке [18], созданной на базе безжелезного бета-спектрометра с тороидальным магнитным полем [19] и гамма-спектрометра с Ge (Li)-детектором с чувствительным объемом 35 см^3 ($\Delta E = 3,5 \text{ кэВ}$ при $E_\gamma = 1332 \text{ кэВ}$). Временное разрешение установки составляло $50 \cdot 10^{-9} \text{ с}$. Изучались совпадения γ -лучей с ЭВК L — 44,65. Полученный спектр совпадений показан на рис. 3. Анализ результатов изучения e - γ -совпадений проводился по методике, описанной в [20]. Вычислялись отношения a интенсивностей

ТАБЛИЦА II

Анализ результатов e - γ -совпадений с L — 44,65 кэВ при распаде $^{162}\text{Yb} \rightarrow ^{162}\text{Tm}$

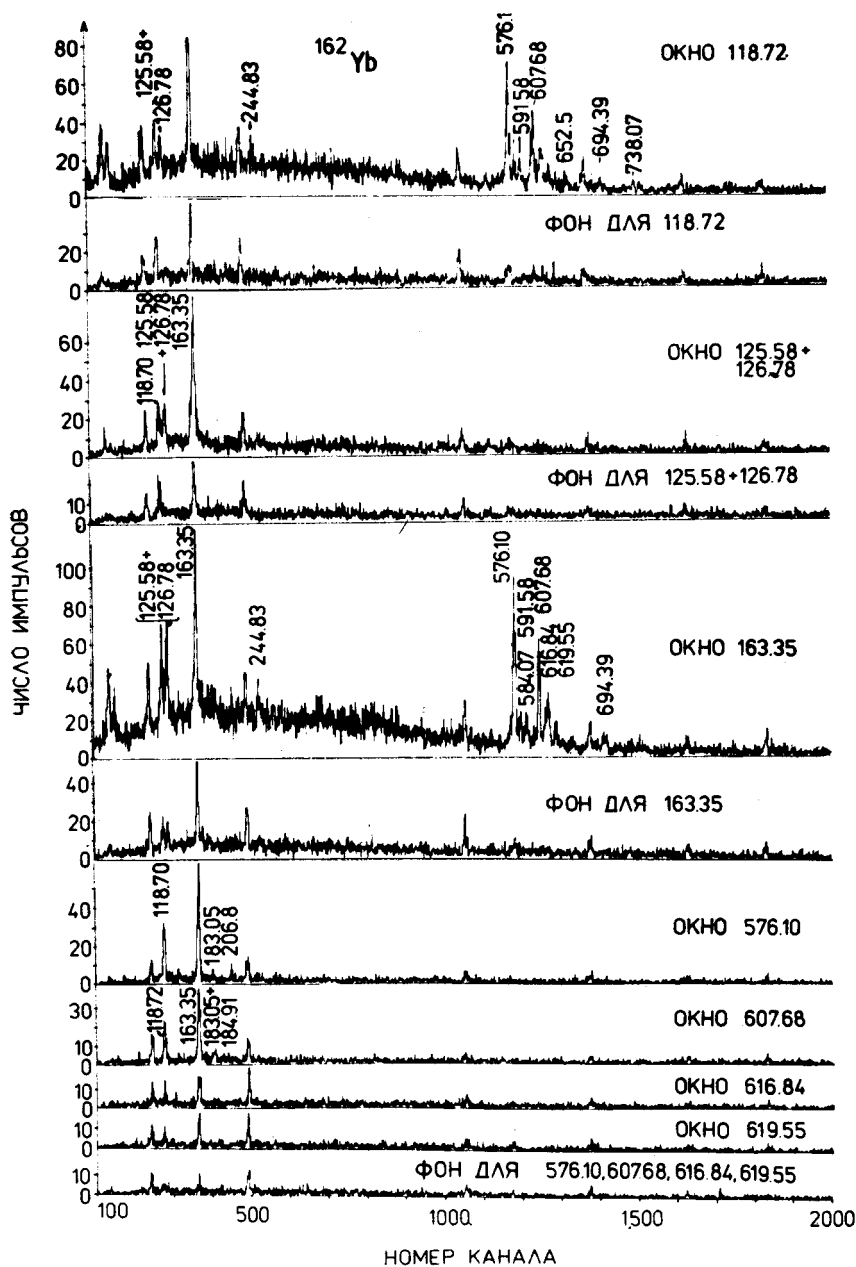
E_γ (кэВ)	$a_{\text{эсп.}}$	$a_{\text{расч.}}$
406,39	1,1(5)	1,0
576,10	0,45(9)	0,50(3)
584,07	0,2(1)	0,50(3)
591,58	0,40(13)	0,50(3)
607,68	0,40(10)	0,50(3)
616,84 + 619,55	0,46(13)	0,50(3)
628,47	0,30(13)	0,50(3)
694,39	0,6(3)	0,50(3)
725,96	0,7(4)	1,0
738,07	1,0(4)	1,0
856,5	0,7(4)	1,0

Примечание:

1. $a_{\text{эсп.}} = S_{e\gamma}/S_\gamma$, где $S_{e\gamma}$ — площадь фотопика в спектре e - γ -совпадений, S_γ — площадь соответствующего фотопика в одиночном спектре γ -лучей.

$a_{\text{расч.}} = 1$ для прямых каскадов. Для совпадений через промежуточные γ -переходы $a < 1$ и зависят от разветвлений на промежуточных уровнях, но для всех переходов, идущих на определенный уровень, значения a равны между собой.

2. Малое значение $a_{\text{эсп.}}$ для γ -лучей с энергией 584,07 кэВ указывает на то, что этот переход сложный.

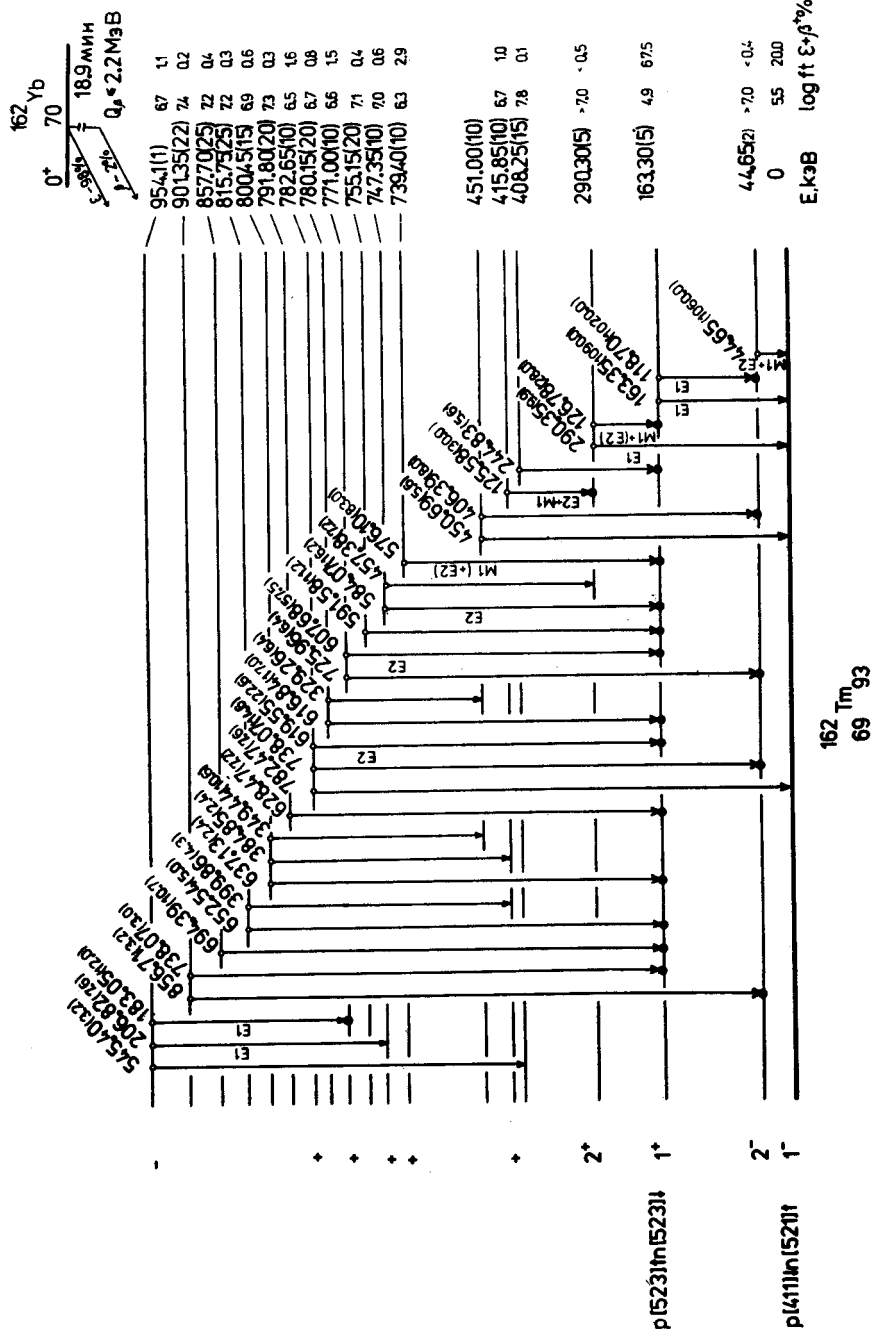
Рис. 4. Спектры γ - γ -совпадений

γ -линий в одиночном γ -спектре и спектре ϵ - γ -совпадений. Полученные значения отношений a нормируются так, чтобы максимальные их значения были равны 1. Эти значения соответствуют прямым совпадениям. Меньшие величины отношений соответствуют совпадениям через промежуточные γ -переходы, но всем переходам,

ТАБЛИЦА III

Анализ результатов γ - γ -совпадений при распаде $^{162}\text{Yb} \rightarrow ^{162}\text{Tm}$

E_γ (кэВ)	118,7		125,6	126,8	163,4		183,1+184,9	183,1
	$I_{\gamma\gamma}(\Delta I_{\gamma\gamma})_{\text{экс.}}$		$I_{\gamma\gamma}(\Delta I_{\gamma\gamma})_{\text{расч.}}$		$I_{\gamma\gamma}(\Delta I_{\gamma\gamma})_{\text{э.}}$		$I_{\gamma\gamma}(\Delta I_{\gamma\gamma})_{\text{э.}}$	$I_{\gamma\gamma}(\Delta I_{\gamma\gamma})_{\text{э.}}$
	$I_{\gamma\gamma}(\Delta I_{\gamma\gamma})_{\text{экс.}}$		$I_{\gamma\gamma}(\Delta I_{\gamma\gamma})_{\text{расч.}}$		$I_{\gamma\gamma}(\Delta I_{\gamma\gamma})_{\text{э.}}$		$I_{\gamma\gamma}(\Delta I_{\gamma\gamma})_{\text{э.}}$	$I_{\gamma\gamma}(\Delta I_{\gamma\gamma})_{\text{э.}}$
118,7								
163,4								
125,6								
126,8								
244,8								
384,9								
399,9								
457,4								
576,1								
584,1								
591,6								
607,7								
616,8								
619,6								
628,5								
637,1								
652,5								
694,4								
738,1								

Рис. 5. Схема распада $^{162}\text{Yb} \rightarrow ^{162}\text{Tm}$

идущим на один и тот же уровень, соответствует одно и то же значение отношения α . В таблице II представлены результаты такого анализа.

Спектры γ - γ -совпадений при распаде ^{162}Yb изучались на установке [21] с использованием двух Ge (Li)-детекторов с чувствительными объемами 41 см³ и 47 см³ и разрешением $\Delta E = 2,5$ кэВ при $E_\gamma = 1332$ кэВ. Разрешающее время схемы совпадений составляло $30 \cdot 10^{-9}$ с. Трехмерные спектры совпадений записывались на магнитную ленту и обрабатывались на ЭВМ HP-2116C. Ряд полученных спектров γ - γ -совпадений показан на рис. 4.

Результаты обработки спектров γ - γ -совпадений приведены в табл. III. Сравниваются экспериментальные и рассчитанные по предлагаемой нами схеме распада ^{162}Yb интенсивности γ - γ -совпадений.

3. Схема распада $^{162}\text{Yb} \rightarrow ^{162}\text{Tm}$

На основе анализа спектров γ -лучей, ЭВК, γ - γ - и ϵ - γ -совпадений предлагается схема распада $^{162}\text{Yb} \rightarrow ^{162}\text{Tm}$ (рис. 5). Схема распада рассчитывалась по программе "HADAM" [22].

Экспериментальные данные об уровнях ^{162}Tm с энергией 0; 44,65 и 163,30 кэВ и их интерпретация, полученные в работах [2-4], полностью подтверждаются результатами настоящей работы. Кроме этих уровней мы вводим 16 новых более высоко возбужденных состояний ^{162}Tm (см. рис. 5). Интенсивность γ -переходов, неразмещенных в схеме распада, составляет менее 5% всех распадов ^{162}Yb и менее 2% суммарной интенсивности γ -переходов при распаде ^{162}Yb . На основе экспериментальных данных рассчитаны интенсивности заселения уровней ^{162}Tm при распаде ^{162}Yb . Используя значение разности масс $^{162}\text{Yb} \rightarrow ^{162}\text{Tm}$, $Q_\beta \leq 2,2$ МэВ из [23], определены значения $\lg ft$ для β -распада на уровни ^{162}Tm .

Мультипольности γ -переходов и малая интенсивность β -распада на уровень 290,3 кэВ позволяют приписать этому уровню спин и четность — 2^+ . Имеющиеся данные о более высоких уровнях ^{162}Tm не позволяют пока высказать определенное суждение о их спинах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] A. A. Abdumalikov, A. A. Abdurazakov, K. Ya. Gromov, Zh. Zhelev, N. A. Lebedev, B. S. Dzheleпов, A. V. Kudryavtseva, *Phys. Lett.* **5**, 359 (1963).
- [2] К. Я. Громов, Т. А. Исламов, Г. Исхаков, М. Ен, В. И. Райко, Х. Тыррофф, З. А. Усманова, В. И. Фоминых, Э. Херрманн, Х. Штрусный, Программы и тезисы доклад. XXII совещания по ядерной спектроскопии и структуре ядра, „Наука“, Ленинград 1972, стр. 132.
- [3] P. F. A. Goudsmit, F. W. N. De Boer, B. J. Meijer, M. Bogdanov, *Nucl. Phys.* **A196**, 362 (1972)
- [4] A. A. Abdurazakov, G. Beyer, K. Ya. Gromov, E. Herrmann, T. A. Islamov, M. Jachim, F. Molnar, G. Musiol, H.-U. Siebert, H. Strusny, H. Tyrroff, S. A. Usmanova, Preprint JINR, E6-8008, Dubna 1974; *Czech. J. Phys.* **B25**, 626 (1975).
- [5] C. Ekstrom, M. Olsmats, B. Wannberg, *Nucl. Phys.* **A170**, 649 (1971).
- [6] И. Адам, А. Будзак, З. Гонс, М. Гонусек, К. Я. Громов, В. В. Кузнецов, Н. А. Ле-

бедев, М. Яхим, Тезисы докладов XXX совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, „Наука“, Ленинград 1980, стр. 118.

- [7] Б. А. Аликов, М. Будзыньски, Я. Ваврыщук, Р. Ион-Михай, Н. З. Марупов, Т. М. Муминов, Р. Р. Усманов, М. Яхим, Программы и тезисы докладов XXV совещания по ядерной спектроскопии и структуре ядра. „Наука“, Ленинград 1975, стр. 123.
- [8] В. Андрейчев, В. Зайдель, В. Г. Калинин, Л. Койблер, Ф. Р. Май, Н. З. Марупов, Т. М. Муминов, К. Д. Шилинг, Препринт ОИЯИ, Р6-10577, Дубна 1977.
- [9] Г. Музиоль, В. И. Райко, Х. Тыррофф, ОИЯИ, Р6-4487, Дубна 1969.
- [10] G.-J. Beyer, A. F. Novgorodov, V. A. Khalkin, *Radiokhimiya* **20**, 589 (1978).
- [11] А. А. Абдуразаков, А. И. Ахмаджанов, К. Я. Громов, Т. А. Исламов, Ш. М. Камалходжаев, М. К. Прокофьев, Препринт ОИЯИ, Р6-4363, Дубна 1969.
- [12] Хан Хе Мо, Н. С. Авдеева, Н. А. Лебедев, А. Ф. Новгородов, В. А. Халкин, *Радио-химия* **6**, 851 (1980).
- [13] G.-J. Beyer, E. Herrmann, *Radiochem. Radioanal. Lett.* **20**, 41 (1974).
- [14] F. W. N. De Boer, P. F. A. Goudsmit, P. Koldemijn, B. J. Meijer, J. Konijn, R. Beetz, *Nucl. Phys.* **A236**, 349 (1974).
- [15] Ц. Вылов, Б. П. Осипенко, В. Г. Чумин, *ЭЧАЯ* **9**, 1350 (1978).
- [16] Т. А. Исламов, Г. А. Кононенко, А. В. Ревенко, А. А. Тангабаев, М. И. Фоминых, В. М. Цупко-Ситников, Препринт ОИЯИ, Р10-12794, Дубна 1979.
- [17] F. Rosel, H. M. Fries, K. Alder, H. C. Pauli, *At. Data Nucl. Data Tables* **21** (1978).
- [18] В. В. Кузнецов, Г. И. Лизурей, Т. М. Муминов, Р. Р. Усманов, В. И. Фоминых, М. И. Фоминых, В. М. Цупко-Ситников, Препринт ОИЯИ, Р13-12810, Дубна 1979; В кн. *Прикладная ядерная спектроскопия*, Атомиздат, Москва **10**, 269 (1980).
- [19] К. Я. Громов, Т. Крецу, В. В. Кузнецов, Г. И. Лизурей, В. М. Горожанкин, Г. Макарие, ОИЯИ, Р13-10611, Дубна 1977; В кн. *Прикладная ядерная спектроскопия*, Атомиздат, Москва **8**, 59 (1978).
- [20] А. В. Будзьяк, К. Я. Громов, В. В. Кузнецов, А. А. Марчук, Р. Р. Усманов, ОИЯИ, Р6-80-668, Дубна 1980.
- [21] М. Гонусек, Я. Липтак, К. М. Муминов, Ф. Пражак, Р. Р. Усманов, В. М. Цупко-Ситников, Препринт ОИЯИ, Р13-12422, Дубна 1979.
- [22] З. Гонс, Сообщение ОИЯИ, 10-11973, Дубна 1978.
- [23] C. M. Lederer et al., *Table of Isotopes*, New York 1978.