

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



СЗУ1.1В  
В-17

74-52

41x-74

P6 - 8078

Т.Б.Вандлик, Я.Вандлик, Н.Г.Зайцева, З.Матэ,  
И.Махунка, М.Махунка, Х.Тыррофф, Т.Фенеш

3462/2-74

РАСПАД ИЗОТОПОВ  $^{192}\text{Tl}$  И  $^{190}\text{Tl}$

**1974**

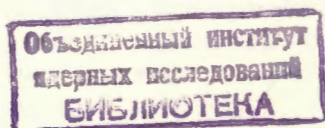
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

P6 - 8078

Т.Б.Вандлик, Я.Вандлик, Н.Г.Зайцева, З.Матэ,\*  
И.Махунка,\* М.Махунка, Х.Тыррофф, Т.Фенеш\*

РАСПАД ИЗОТОПОВ  $^{192}\text{Tl}$  И  $^{190}\text{Tl}$

*Направлено в ЯФ*



\* Институт ядерных исследований ВАН, Дебрецен,  
Венгрия.

## S U M M A R Y

Gamma and conversion electron spectra of mass separated  $^{192}\text{Tl}$  and  $^{190}\text{Tl}$  samples were measured with the aid of Ge/Li/ and Si/Li/ detectors.

In the case of  $^{192}\text{Tl}$  49 gamma-transitions were observed, from which 40 are new. Multipolarities of 22 transitions were determined. The  $2^-$  ground state  $T_{1/2} = 10.6 \pm 0.5$  min/ and  $7^+$  metastable state  $T_{1/2} = 10.8 \pm 0.2$  min/ of  $^{192}\text{Tl}$  decay with  $e^-$ -capture /98.2%/ and  $\beta^+$ -emission /1.8 $\pm$ 0.5 %/. A decay scheme of  $^{192}\text{Tl}$  is proposed with the following energy levels of  $^{192}\text{Hg}$ : 0 keV,  $1^\pi = 0^+$ ; 422.8  $2^+$ ; 1057.9  $4^+$ ; 1113.8  $2^+$ ; 1592.9  $3^+$ ; 1733.4  $3,2^+$ ; 1803.6  $6^+$ ; 1844.5  $5^-$ ; 1977.6  $7^-$ ; 2187.1  $6,5^-$ .

In the  $^{190}\text{Tl}$  decay 21 gamma-transitions were observed, from which 13 are new. Multipolarities of 9 transitions were determined. A decay scheme of  $^{190}\text{Tl}$  is proposed with the following energy levels of  $^{190}\text{Hg}$ : 0 keV,  $1^\pi = 0^+$ ; 416.5  $2^+$ ; 1041.9  $4^+$ ; 1099.9  $2^+$ ; 1557.6  $3^+$ ; 1772.9  $6^+$ ; 1881.5  $5^-$ ; 2078.2  $7^-$ . From energy level systematics of even Tl isotopes and from the decay scheme of  $^{190}\text{Tl}$  one can draw the conclusion that in the  $^{190}\text{Tl}$  nucleus there exist two isomeric states with similar half-lives:  $2^-$   $T_{1/2} = 3.4 \pm 0.3$  min and  $7^+$   $T_{1/2} = 3.4 \pm 0.2$  min. The isomeric states decay mainly with  $e^-$ -capture /97.4%/, the intensity of the  $\beta^+$ -branch is only 2.6 $\pm$ 0.9 %.

### 1. Введение

Спектр конверсионных электронов моноизотопного источника  $^{192}\text{Tl}$  изучался Андерсоном и др. <sup>1/</sup> на магнитном бета-спектрометре. Авторы пришли к выводу о том, что обнаруженный ими переход с энергией 424 кэВ возникает при распаде  $7^+$  метастабильного состояния  $^{192}\text{Tl}$  с  $T_{1/2} = 11,4 \pm 1,4$  мин и что период полураспада основного состояния  $^{192}\text{Tl}$ , вероятно, совпадает в пределах ошибок с этим значением. Даймонд и Стивенс <sup>2/</sup> нашли, что период полураспада  $^{192}\text{Tl}$  и /или/  $^{192m}\text{Tl}$  равен  $9,5 \pm 1,5$  мин. Петри и др. <sup>3,4/</sup> получали  $^{192}\text{Tl}$  при облучении мишеней из свинца и урана протонами с энергией 3 ГэВ. Они изучали спектры гамма-лучей, конверсионных электронов и гамма-гамма-совпадений и построили схему распада  $^{192}\text{Tl}$ , включающую в себя 8 из 9 обнаруженных ими гамма-переходов. Они отметили также, что в спектрах источников  $^{192}\text{Tl}$ , полученных при облучении свинца, интенсивность гамма-переходов с уровней с большими спинами увеличена по сравнению с источниками, полученными при облучении урана. Они это объясняют тем, что при облучении урана образуется большое число изобар с  $A = 192$  и их распад увеличивает выход основного, низкоспинового состояния  $^{192}\text{Tl}$ . Такой результат подтверждал вывод о существовании у  $^{192}\text{Tl}$  двух изомерных состояний с мало отличающимися периодами полураспада.

Об открытии нового изотопа  $^{190}\text{Tl}$  и о некоторых гамма-лучах, сопровождающих его распад, мы сообщали в работах <sup>5,6/</sup>. Возбужденные состояния  $^{190}\text{Hg}$  изу-

чались с помощью ядерных реакций Бурде и др. /7/, Ньютоном и др. /8/ и Инамурой и др. /9/.

В настоящей работе получены новые данные о спектрах гамма-лучей и конверсионных электронов  $^{192}\text{Tl}$  и  $^{190}\text{Tl}$ , предложены схемы распада этих изотопов, для  $^{190}\text{Tl}$  - впервые. Предварительные результаты исследований опубликованы в /10/ ( $^{192}\text{Tl}$ ) и /11/ ( $^{190}\text{Tl}$ ).

## 2. Экспериментальные методы. Результаты

Радиоактивные изотопы таллия мы получали при облучении мишени из  $\text{PbF}_2$  весом около 300 г на выведенном пучке протонов синхроциклотрона ОИЯИ. Интенсивность пучка составляла  $\sim 10^{12}$  протонов  $\text{сек}^{-1}$ , энергия протонов - 660 МэВ. Облучения длились 8-30 мин. Изотопы таллия - продукты ядерных реакций - выделялись /12/ из мишени газотермохроматографическим методом /13,14/ в режиме "он-лайн". Разделение изотопов таллия проводилось на электромагнитном сепараторе. Ионы собирались на алюминизированную полиэфирную ленту толщиной  $5,1 \text{ мг см}^{-2}$  и переносились к полупроводниковым детекторам излучения с помощью лентопротяжного механизма /15/ за несколько секунд.

Спектры гамма-лучей изучались с помощью спектрометра с  $\text{Ge}(\text{Li})$  -детектором коаксиального типа /объем  $38,5 \text{ см}^3$ , разрешение  $3,7 \text{ кэВ}$  при  $E_\gamma = 422 \text{ кэВ}$ . Спектры электронов внутренней конверсии изучались с помощью спектрометра с  $\text{Si}(\text{Li})$  -детектором. Толщина чувствительного слоя детектора - 2,9 мм, его диаметр - 9 мм, разрешение спектрометра -  $4,4 \text{ кэВ}$  при  $E_e = 339 \text{ кэВ}$ . Для градуировки гамма-спектрометра по энергии и интенсивности использованы спектры изотопов  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{169}\text{Yb}$  /16-18/. Энергетическая калибровка бета-спектрометра проводилась по измеренным при исследовании гамма-спектров энергиям сильных линий изучаемых изотопов таллия. Кривая спектральной чувствительности определялась по спектрам конверсионных электронов изотопов  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{161}\text{Ho}$ ,  $^{206}\text{Bi}$  и  $^{206}\text{Po}$ . Сортировка и накопление информации проводились на ЭВМ

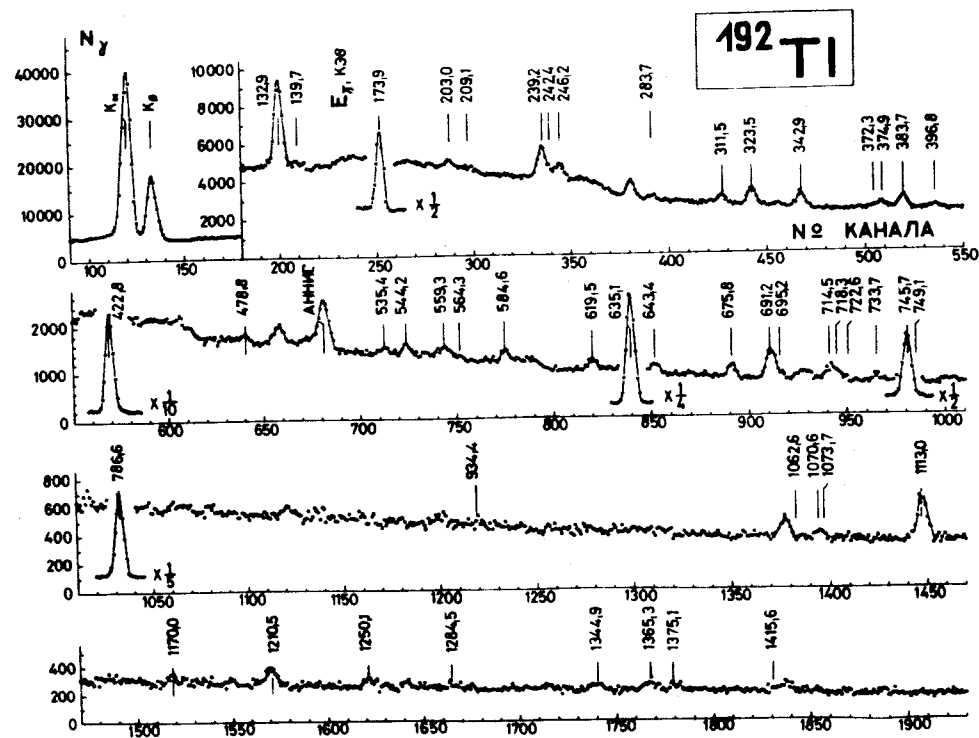


Рис. 1. Характерный гамма-спектр  $^{192}\text{Tl}$ .  $N_\gamma$  - число импульсов на канал за 8 мин. Энергии гамма-квантов показаны только у тех линий, которые принадлежат распаду  $^{192}\text{Tl}$ . Масс-сепарация началась через  $\sim 5$ , измерение - через 11 мин после окончания 25-минутного облучения.

"Минск-2", "Минск-22" и по программе /19/ на CDC-1604A. При анализе спектров учитывался вклад малых примесей соседних изотопов таллия и дочерних изотопов ртути.

Гамма-спектры изучены: для  $^{192}\text{Tl}$  в области 46-2860 кэВ, для  $^{190}\text{Tl}$  - в области 35-1840 кэВ. Спектры электронов внутренней конверсии исследованы: для  $^{192}\text{Tl}$  - в интервале 30-1230 кэВ и для  $^{190}\text{Tl}$  - в интервале 10-990 кэВ. Результаты исследований представлены в табл. 1 и 2. Примеры полученных спектров даны на рис. 1-4.

Результаты измерений  $\gamma$ -спектра и спектра конверсионных электронов  $^{192m}\text{g}_{\text{Tl}}$  Таблица 1

$E_{\gamma}$ , кэВ	$T_{1/2}$ , мин	$I_{\gamma}$	$I_{e^{-}}$	Мультипольность перехода	$I_{\text{перех}}$	Литература		
						$E_{\gamma}$ , кэВ	Вероятная мультип.	Ссылка
						109		/1/
132,9 $\pm$ 0,4	11,3 $\pm$ 0,6	7,0 $\pm$ 0,7	K 3,14 $\pm$ 0,75 L 6,41 $\pm$ 0,29	E2+ (1,5 $\pm$ 1,5)%M1	19,3 $\pm$ 1,4	133,1 $\pm$ 0,5	E2	/4/
139,7 $\pm$ 1,2		<0,7						
173,9 $\pm$ 0,4	10,7 $\pm$ 0,4	14,9 $\pm$ 1,1	K 1,14 $\pm$ 0,15 L 0,26 $\pm$ 0,09	E1+ (0,1 $\pm$ 0,1)%M2	16,4 $\pm$ 1,5	174,3 $\pm$ 0,5	E1	/4/
203,0 $\pm$ 0,5		0,7 $\pm$ 0,2			$\approx$ 1,2			
209,1 $\pm$ 0,5		0,3 $\pm$ 0,2			$\approx$ 0,5			
239,2 $\pm$ 0,4	10,9 $\pm$ 0,5	4,4 $\pm$ 0,3	K 1,48 $\pm$ 0,15 L 0,40 $\pm$ 0,07	M1+ (50 $\pm$ 8) %E2	6,5 $\pm$ 0,4			
242,4 $\pm$ 0,7		$\approx$ 1			$\approx$ 1,4			
246,2 $\pm$ 0,5	11,9 $\pm$ 0,8	2,5 $\pm$ 0,3	K 0,26 $\pm$ 0,09 L 0,16 $\pm$ 0,06	E2+ ( $\leq$ 10%) M1	3,0 $\pm$ 0,3			
283,7 $\pm$ 0,5		0,8 $\pm$ 0,2	K 0,12 $\pm$ 0,05 L 0,07 $\pm$ 0,04	E2+ ( $\leq$ 35%) M1	1,0 $\pm$ 0,2			
311,5 $\pm$ 0,5	10,7 $\pm$ 1,5	1,6 $\pm$ 0,3	K 0,43 $\pm$ 0,08 L 0,11 $\pm$ 0,03	M1+ (25 $\pm$ 20) %E2	2,2 $\pm$ 0,3			
323,5 $\pm$ 0,4	11,3 $\pm$ 0,6	3,0 $\pm$ 0,5	K 0,96 $\pm$ 0,15 L 0,17 $\pm$ 0,05	M1+ ( $\leq$ 40%) E2	4,2 $\pm$ 0,5			
342,9 $\pm$ 0,5	11,8 $\pm$ 0,6	2,8 $\pm$ 0,1	K 0,41 $\pm$ 0,09 L 0,09 $\pm$ 0,04	M1+ (39 $\pm$ 6) %E2	3,3 $\pm$ 0,2			
372,3 $\pm$ 2,0		0,8 $\pm$ 0,2			$\approx$ 0,9			
374,9 $\pm$ 0,6	10,0 $\pm$ 1,5	1,5 $\pm$ 0,1	K 0,15 $\pm$ 0,03 L 0,09 $\pm$ 0,03	E3+ ( $\leq$ 5%) M2	1,8 $\pm$ 0,1			

Продолжение таблицы 1

$E_{\gamma}$ , кэВ	$T_{1/2}$ , мин	$I_{\gamma}$	$I_{e^{-}}$	Мультипольность перехода	$I_{\text{перех}}$	Литература		
						$E_{\gamma}$ , кэВ	Вероятная мультип.	Ссылка
383,7 $\pm$ 0,5	10,0 $\pm$ 0,6	3,0 $\pm$ 0,3			$\approx$ 3,3			
396,8 $\pm$ 0,6	10,0 $\pm$ 3,0	1,2 $\pm$ 0,2	K 0,08 $\pm$ 0,02 L 0,02 $\pm$ 0,02	E2+ (30 $\pm$ 18)%M1	1,3 $\pm$ 0,2			
422,8 $\pm$ 0,4	10,2 $\pm$ 0,3	$\approx$ 100	K 2,85 $\pm$ 0,12 L 0,97 $\pm$ 0,09	E2+ ( $\leq$ 4%) M1	104,2 $\pm$ 0,2	424,423,0 $\pm$ 0,5	K/L=2,5 E2	/1/ /4/
478,6 $\pm$ 0,5	11,4 $\pm$ 1,5	1,0 $\pm$ 0,1	K 0,08 $\pm$ 0,02	M1+ ( $\leq$ 4%) E2	1,1 $\pm$ 0,1			
535,4 $\pm$ 0,7	9,4 $\pm$ 3,0	1,1 $\pm$ 0,3			$\approx$ 1,2			
544,2 $\pm$ 0,6	10,4 $\pm$ 0,9	1,6 $\pm$ 0,3			$\approx$ 1,7			
559,3 $\pm$ 0,5	10,3 $\pm$ 2,0	1,8 $\pm$ 0,2	K 0,06 $\pm$ 0,03	E2+ (40 $\pm$ 40)%M1	1,9 $\pm$ 0,2			
564,3 $\pm$ 0,8		0,9 $\pm$ 0,2	K 0,03 $\pm$ 0,02	E2+ ( $\leq$ 98%) M1	0,9 $\pm$ 0,2			
584,6 $\pm$ 0,5	9,7 $\pm$ 1,5	1,5 $\pm$ 0,1	K 0,06 $\pm$ 0,02 L 0,03 $\pm$ 0,03	M1+ ( $\leq$ 6%) E2	1,6 $\pm$ 0,1			
619,5 $\pm$ 0,6	10,2 $\pm$ 2,0	1,3 $\pm$ 0,2	L 0,03 $\pm$ 0,02	M1+ ( $\leq$ 5%) E2	1,4 $\pm$ 0,2			
635,1 $\pm$ 0,4	10,6 $\pm$ 0,4	68,4 $\pm$ 3,0	K 0,77 $\pm$ 0,12 L 0,20 $\pm$ 0,05	E2+ ( $\leq$ 7%) M1	69,0 $\pm$ 3,0	634,7 $\pm$ 0,5	E2	/4/
643,4 $\pm$ 0,7	11,0 $\pm$ 1,5	1,9 $\pm$ 0,1			$\approx$ 2,0			
675,8 $\pm$ 0,5	12,4 $\pm$ 1,5	1,8 $\pm$ 0,2	K 0,04 $\pm$ 0,02	E2+ (43 $\pm$ 43)%M1	1,9 $\pm$ 0,2	674,2 $\pm$ 1,0		/4/
691,2 $\pm$ 0,5	9,9 $\pm$ 1,5	4,8 $\pm$ 0,3	K 0,07 $\pm$ 0,02 L 0,03 $\pm$ 0,02	E2+ (19 $\pm$ 17)%M1	4,9 $\pm$ 0,3	691,0 $\pm$ 0,7	E2,3,4+M1	/4/
695,2 $\pm$ 0,5	10,8 $\pm$ 2,0	1,5 $\pm$ 0,2			$\approx$ 1,5			
714,5 $\pm$ 0,5	12,0 $\pm$ 1,8	2,2 $\pm$ 0,4			$\approx$ 2,2			
718,3 $\pm$ 0,6	11,7 $\pm$ 2,0	1,7 $\pm$ 0,3			$\approx$ 1,7			
722,6 $\pm$ 1,1		0,5 $\pm$ 0,3			$\approx$ 0,5			
733,7 $\pm$ 0,6	10,9 $\pm$ 1,5	1,4 $\pm$ 0,2			$\approx$ 1,4			

E <sub>γ</sub> , кэВ	T <sub>1/2</sub> , мин	I <sub>γ</sub>	I <sub>e-</sub>	Мультипольность перехода	I <sub>перех</sub>	Литература		
						E <sub>γ</sub> , кэВ	Вероятная мультип.	Ссылка
745,7±0,4	10,6±0,5	23,8±1,2	K 0,21±0,05 L 0,03±0,02	E2+ (≤ 11%) M1 <sup>#</sup>	24,1±1,8	745,3±0,6	E2	/4/
749,1±0,7	11,0±2,5	2,2±0,5			≈ 2,2			
786,6±0,4	10,4±0,5	28,2±1,5	K 0,07±0,02 L 0,02±0,01	E1+ (≤ 1%) M2	28,3±2,3	786,1±0,6	E1	/4/
934,4±0,8		0,8±0,3			0,8±0,3			
1062,6±1,2		0,3±0,2			0,3±0,2			
1070,6±1,1		0,5±0,2			0,5±0,2			
1073,7±1,2		0,5±0,2			0,5±0,2			
1113,0±0,8	10,6±0,5	4,8±0,4	K 0,02±0,01	E2+ (≤ 38%) M1 <sup>#</sup>	4,8±0,7	1113,0±1,0		/4/
1170,0±1,0		< 0,9						
1210,5±1,0	11,2±1,3	2,1±0,3			2,1±0,3			
1250,1±1,0	11,3±1,5	1,0±0,2			1,0±0,2			
1284,5±1,2		0,7±0,3			0,7±0,3			
1344,9±0,9	8,7±2,0	1,1±0,2			1,1±0,2			
1365,3±1,2	10,7±2,0	1,2±0,4			1,2±0,4			
1375,1±1,3		0,9±0,4			0,9±0,4			
1415,6±1,3		0,7±0,3			0,7±0,3			

# Мультипольность может быть и E1+M2.

Результаты измерений γ-спектра и спектра конверсионных электронов <sup>190m</sup>Tl Таблица 2

E <sub>γ</sub> , кэВ	T <sub>1/2</sub> , мин	I <sub>γ</sub>	I <sub>e-</sub>	Мультипольность перехода	I <sub>перех</sub>	γ-излучения из реакций		
						E <sub>γ</sub> , кэВ	Мультип.	Ссылка
196,8±0,3	3,6±1,2	7,1±1,0	K 1,39±0,15 L 1,07±0,18	E2+ (4± 4)% M1	9,9±1,0			
240,5±0,4	4,0±0,4	4,6±0,8	K 1,54±0,18 L 0,67±0,27	E2+ (40±20)% M1	7,4±0,9	241,2±0,6	E1+M2	/9/
305,1±0,3	3,4±0,4	15,8±1,1	K 0,55±0,18 L < 0,18	E1+ (≤ 3%) M2	16,9±1,1			
345,3±0,8	4,0±1,0	2,0±1,0			≈ 2,3			
370,4±0,4	3,5±0,5	5,9±1,0	K 0,41±0,15	E2+ (23±20)% M1 <sup>#</sup>	6,5±1,0	417,8±0,7	E2	/9/
416,5±0,3	3,4±0,2	≈ 100	K 2,90±0,12 L 1,05±0,12	E2+ (≤ 3%) M1	104,5±0,2	416,4±1,0	E2	/7/
						416	E2	/8/
442,7±1,1	3,1±0,7	2,2±1,0			≈ 2,4			
458,2±1,5	1,9±1,6	1,0±0,6			≈ 1,1			
466,1±1,1	2,6±1,0	2,0±1,0			≈ 2,2			
515,4±1,2	3,0±1,8	1,5±0,6			≈ 1,6			
544,3±0,6	3,3±0,5	5,3±1,0			≈ 5,6			
557,1±0,6	2,5±1,0	7,7±1,1	K 0,11±0,05	E2+ (≤ 13%) M1 <sup>#</sup>	9,7±1,9			
615,2±0,6	2,5±1,0	3,9±0,9	L < 0,15		≈ 4,2			
625,4±0,3	3,4±0,2	71,4±3,3	K 1,02±0,09 L 0,26±0,09	E2+ (≤ 7%) M1	72,7±3,3	625,9±0,8	E2	/9/
						625,1±1,6	E2	/7/
						625	E2	/8/
683,5±0,4	3,5±0,5	7,7±0,8	K < 0,15	E2+ (≤ 4%) M1 <sup>#</sup>	7,9±0,8			
692,6±0,4	3,3±0,7	5,6±1,0			≈ 5,7	692,5±0,8	E2	/9/
731,0±0,3	3,4±0,3	30,5±2,0	K 0,20±0,06	E2+ (≤ 13%) M1 <sup>#</sup>	30,8±2,0	731,5±0,9	E2	/9/
						730,2±1,8	E2	/7/
						730	E2	/8/
750,1±0,8	5,0±2,0	5,0±2,5			≈ 5,1	784,5±0,9	E1+M2	/9/
839,6±0,3	3,0±0,6	22,0±1,8			≈ 22,4			
1099,0±1,2	3,6±0,7	4,5±1,1			4,5±1,1			
1141,1±1,3	3,6±0,8	4,8±1,2			4,8±1,2			

# Мультипольность может быть и E1+M2

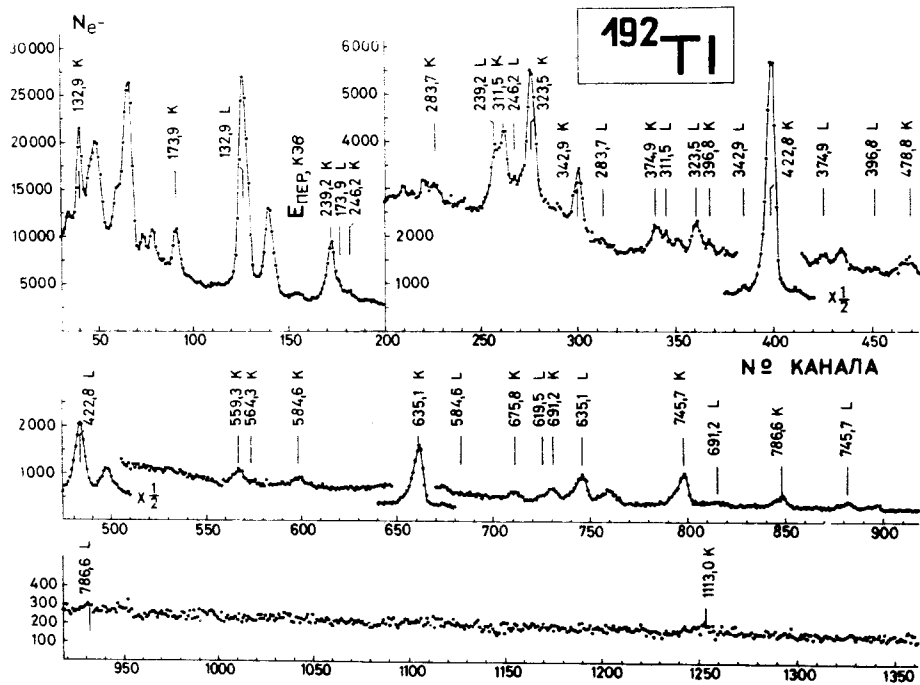


Рис. 2. Спектр конверсионных электронов  $^{192}\text{Tl}$ .  $N_e$  - число импульсов на канал за 8 мин. Идентификация показана только у К- и L-линий, принадлежащих распаду  $^{192}\text{Tl}$ . Масс-сепарация началась через -4, измерение - через -10 мин после окончания 30-минутного облучения.

По измеренным отношениям К- и L-конверсионных линий переходов 422,8 и 635,1 кэВ изотопа  $^{192}\text{Tl}$  и 416,5 и 625,4 кэВ изотопа  $^{190}\text{Tl}$  показано, что эти переходы имеют E2-мультипольность. Поэтому для связи шкал относительных интенсивностей в гамма-спектрах и в спектрах конверсионных электронов коэффициенты  $a_K$  и  $a_L$  приняты равными теоретическим  $^{20/}$  для чистых E2-переходов. Мультипольности других гамма-переходов определялись из величин  $a_K$ ,  $a_L$  и  $a_K/a_L$ .

Используя полученные нами данные об интенсивности рентгеновского и аннигиляционного излучений, мы рас-

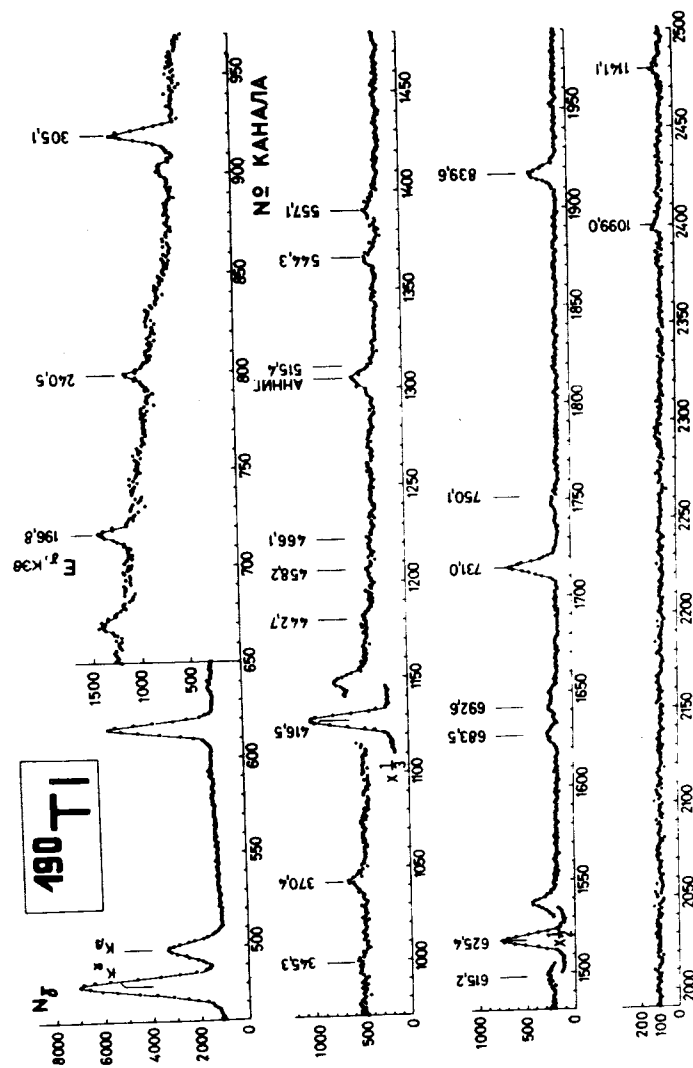


Рис. 3. Характерный гамма-спектр  $^{190}\text{Tl}$ .  $N$  - число импульсов на канал за 2 мин. Энергии гамма-квантов показаны только у тех линий, которые принадлежат к распаду  $^{190}\text{Tl}$ . Масс-сепарация началась через -4, измерение - через -8 мин после окончания 21-минутного облучения.

считали по методу /21/ полную интенсивность электронного захвата ( $I_{\epsilon}$ ), отношение интенсивностей электронного захвата и позитронного распада ( $I_{\epsilon} / I_{\beta^+}$ ) и интенсивность позитронного распада ( $I_{\beta^+}$ ). Результаты приведены в табл. 3,

Таблица 3

	$^{192}\text{Tl}$	$^{190}\text{Tl}$
$I_{\text{КХ}}$	$175 \pm 37$	$151 \pm 45$
$I_{\epsilon}$	$209 \pm 49$	$192 \pm 61$
$I_{\epsilon} / I_{\beta^+}$	$55 \pm 23$	$37 \pm 19$
$I_{\beta^+}$ (в %)	$1,8^{+1,2}_{-0,5}$	$2,6^{+2,6}_{-0,9}$

где интенсивности КХ-лучей и электронного захвата даны в единицах табл. 1 и 2, соответственно для  $^{192}\text{Tl}$  и  $^{190}\text{Tl}$ .

### 3. Схемы распада $^{192\text{m}+g}\text{Tl}$ и $^{190\text{m}+g}\text{Tl}$

Полученные экспериментальные данные: энергии, интенсивности ( $I_{\text{перех.}}$ ) и мультипольности гамма-переходов, значения  $lg ft$  использованы для построения схем распада  $^{192}\text{Tl}$  /рис. 5/ и  $^{190}\text{Tl}$  /рис. 6/. В некоторых случаях мы использовали результаты систематики данных об уровнях изотопов таллия и ртути с четными массовыми числами.

В предлагаемых схемах распада наблюдается интенсивный распад как на состояния с низким /  $\leq 3$  / значением спина, так и с высоким спином /  $\geq 5$  /. Этот факт указывает на то, что изученные изотопы таллия имеют два изомерных состояния с высоким и низким спином.

На рис. 7 представлены сведения о возбужденных состояниях изотопов таллия с четным  $A$ . Из этой систематики кажется весьма вероятным, что изомерные со-

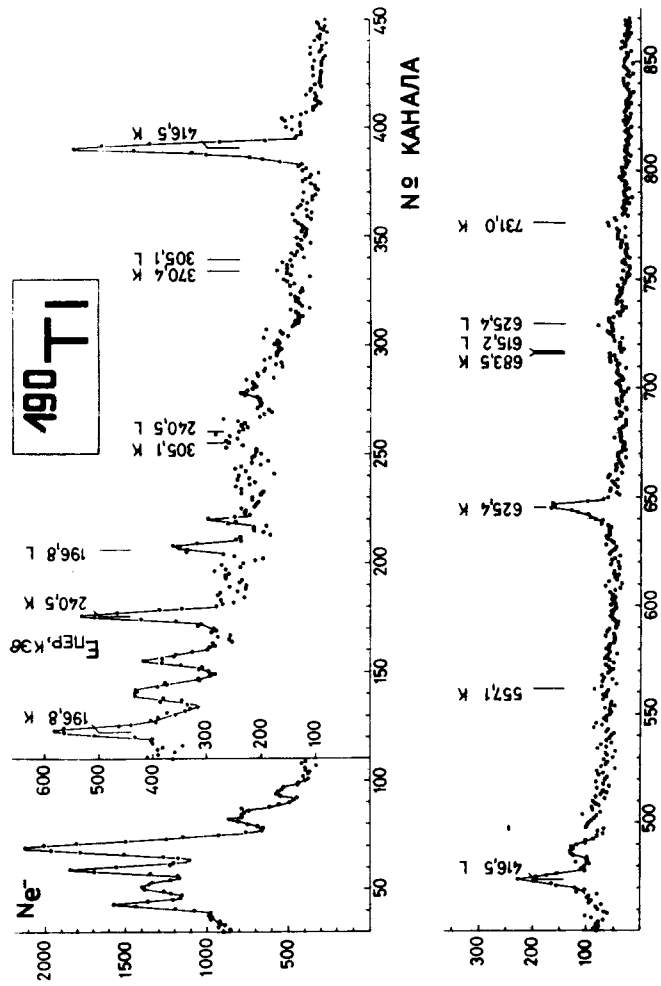


Рис. 4. Спектр конверсионных электронов  $^{190}\text{Tl}$ .  $N_{e^-}$  - число импульсов на канал за 3 мин. Идентификация показана только у К- и L-линий, принадлежащих к распаду  $^{190}\text{Tl}$ . Измерение спектра началось одновременно с измерением гамма-спектра, приведенного на рис. 3.



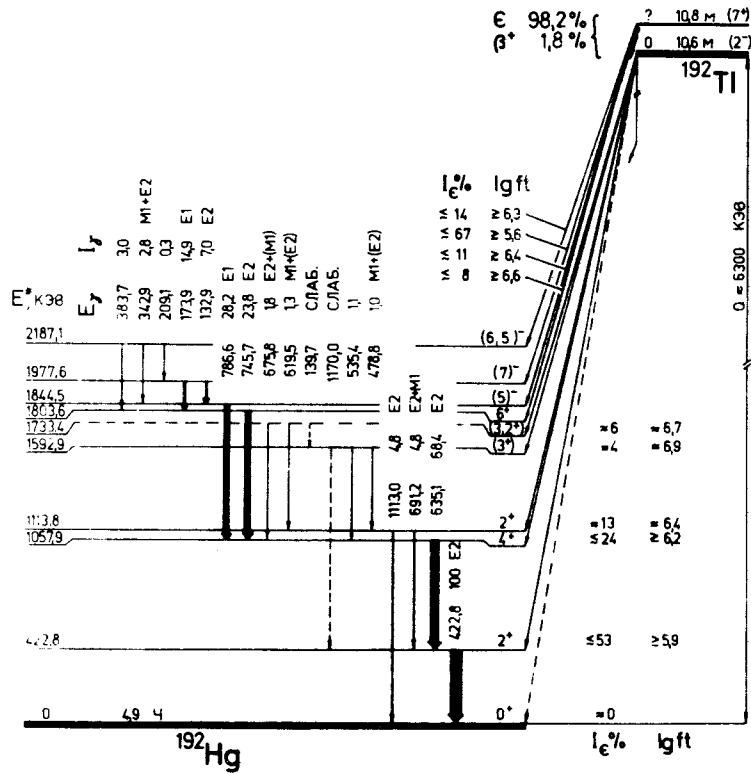


Рис. 5. Схема распада  $^{192m+g}\text{Tl}$ . Значение  $T_{1/2}^{192}\text{Hg}$  взято из /22/, значение  $Q$  - из /23/.

стояния  $^{192}\text{Tl}$  и  $^{190}\text{Tl}$  имеют квантовые характеристики  $2^-$  и  $7^+$ .

Что касается периодов полураспада изомерных состояний, то нами приняты средневзвешенные значения периодов полураспада, с которыми убывали интенсивности гамма-переходов; для состояний типа  $7^+$  отбирались гамма-переходы, сопровождающие распад высокоспиновых  $/\geq 5/$  уровней ртути, а для состояний типа  $2^-$  были выбраны гамма-переходы с уровней типа  $2_2^+$ ,  $3_1^+$ .

Получены следующие значения:  $^{192}\text{Tl} /7^+/, T_{1/2} = 10,8 \pm 0,2 \text{ мин}$ ;  $^{192}\text{Tl} /2^-/, T_{1/2} = 10,6 \pm 0,5 \text{ мин}$ ;

$$^{190}\text{Tl} /7^+/, T_{1/2} = 3,4 \pm 0,2 \text{ мин и } ^{190}\text{Tl} /2^-/, T_{1/2} = 3,4 \pm 0,3 \text{ мин.}$$

Мы полагаем, что все обнаруженные нами гамма-переходы /табл. 1 и 2/ возникают после  $(\epsilon + \beta^+)$ -распада, т.е. что мы не наблюдаем изомерного и других переходов в ядрах  $^{190}\text{Tl}$  и  $^{192}\text{Tl}$ . Такое заключение наиболее вероятно из рис. 7. Видно, что интенсивность  $(\epsilon + \beta^+)$ -ветви из  $7^+$ -состояний  $^{198}\text{Tl}$  и  $^{196}\text{Tl}$  составляет 54% и 96,2%, соответственно. Так как энергия метастабильного состояния уменьшается с уменьшением

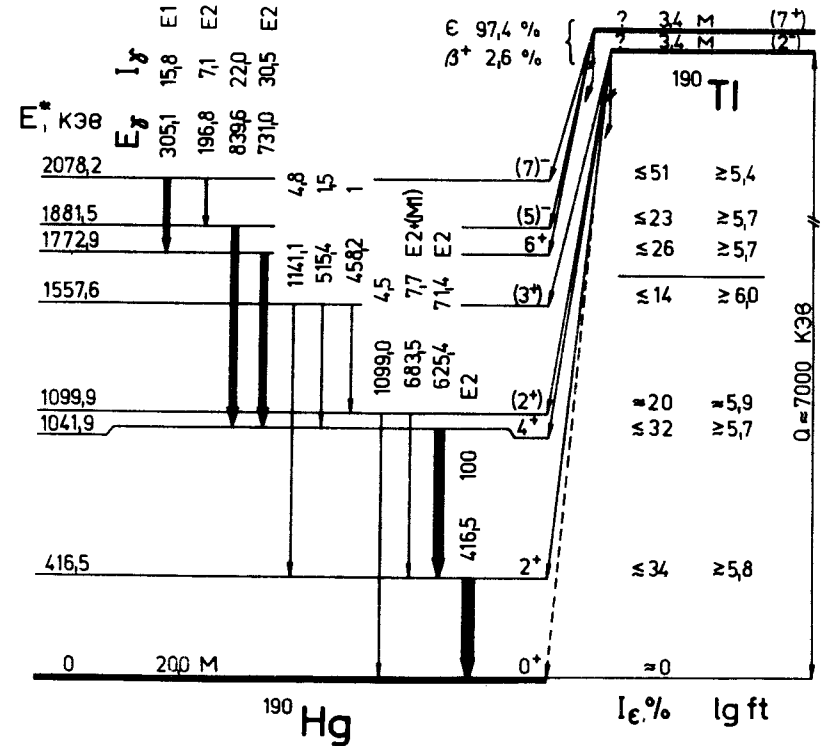


Рис. 6. Схема распада  $^{190m+g}\text{Tl}$ . Значение  $T_{1/2}^{190}\text{Hg}$  взято из /24/, значение  $Q$  - из /23/.

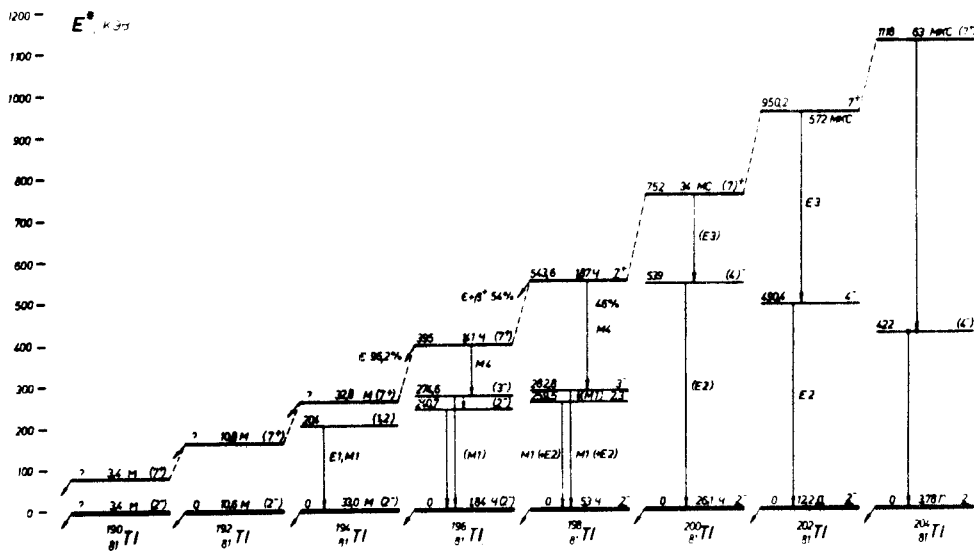


Рис. 7. Характеристики метастабильного и основного состояний ядер  $^{190}\text{Tl}$ ,  $^{192}\text{Tl}$ ,  $^{194}\text{Tl}/25/$ ,  $^{196}\text{Tl}/26/$ ,  $^{198}\text{Tl}/27/$ ,  $^{200}\text{Tl}/28/$ ,  $^{202}\text{Tl}/29/$  и  $^{204}\text{Tl}/30/$ .

Полученные результаты для уровней  $^{192}\text{Hg}$  и  $^{190}\text{Hg}$  а)

Таблица 4

$A_{\text{Hg}}$	$E^*$ , кэВ	$I^\pi$	Определение $I^\pi$	Литературные данные		
				$E^*$ , кэВ	$I^\pi$	Ссылка
192	0	$0^+$	четно-четное ядро	0	$0^+$	/22/
	$422,8 \pm 0,4$	$2^+$	$I^\pi \xrightarrow{E2} 0^+_1$	$423,0$	$(2^+)$	/22/
	$1057,9 \pm 0,6$	$4^+$	$I^\pi \xrightarrow{E2+(M1)} 2^+_1$	$1057,7$	$(4^+)$	/22/
	$1113,8 \pm 0,5$	$2^+$	$I^\pi \xrightarrow{E2} 0^+_1$	$1113,5$	$(2^+)$	/22/
	$1592,9 \pm 0,5$	$(3^+)$	$I^\pi \xrightarrow{M1+(E2)^*} 2^+_2$			
	$1733,4 \pm 0,5?$	$(3, 2^+)$	$I^\pi \xrightarrow{E2+(M1)^*} 4^+_1$			
	$1803,6 \pm 0,7$	$6^+$	$I^\pi \xrightarrow{E2+(M1)^*} 4^+_1$	$1803,0$	$(6^+)$	/22/
	$1844,5 \pm 0,6$	$(5)^-$	$I^\pi \xrightarrow{E1+(M2)} 4^+_1$	$1843,8$	$(4, 5^-)$	/22/
	$1977,6 \pm 0,5$	$(7)^-$	$I^\pi \xrightarrow{E1+(M2)} 6^+_1$	$1977,1$	$(6, 7^-)$	/22/
$2187,1 \pm 0,5$	$(6, 5)^-$	$I^\pi \xrightarrow{M1+E2} (5^+)_1$				
190	0	$0^+$	четно-четное ядро	0	$0^+$	/24/
	$416,5 \pm 0,3$	$2^+$	$I^\pi \xrightarrow{E2} 0^+_1$	$417,8$	$2^+$	/24/
	$1041,9 \pm 0,4$	$4^+$	$I^\pi \xrightarrow{E2+(M1)} 2^+_1$	$1043,7$	$4^+$	/24/
	$1099,9 \pm 0,4$	$(2^+)$	$I^\pi \xrightarrow{E2+(M1)^*} 2^+_1$			
	$1557,6 \pm 0,6$	$(3^+)$				
	$1772,9 \pm 0,5$	$6^+$	$I^\pi \xrightarrow{E2+(M1)^*} 4^+_1$	$1775,2$	$6^+$	/24/
	$1881,5 \pm 0,4$	$(5)^-$	$(7^+)_1 \xrightarrow{E2+(M1)} I^\pi$			
$2078,2 \pm 0,4$	$(7)^-$	$I^\pi \xrightarrow{E1+(M2)} 6^+_1$				

\* Мультипольность может быть и  $E1+M2$ .

а) Во время подготовки данной работы к печати появилась статья /36/, результаты которой совпадают с нашими.

А, а энергия ( $\epsilon + \beta^+$ ) -распада увеличивается, то у  $^{190,192,194}\text{Tl}$  можно ожидать уже стопроцентное ( $\epsilon + \beta^+$ ) -разветвление из  $7^+$ -состояния. Это предположение подтверждается и тем экспериментальным фактом, что в распаде  $7^+$ -состояния  $^{194}\text{Tl}$  не наблюдалось характерного рентгеновского излучения таллия  $^{31/}$ , хотя оно должно было бы появиться после М4-изомерного перехода, имеющего большой коэффициент внутренней конверсии.

Характерные данные ( $E^*, I^\pi$ ), полученные для уровней  $^{192}\text{Hg}$  и  $^{190}\text{Hg}$ , и способ определения  $I^\pi$  представлены в табл. 4.

Существование уровня 1733,4 кэВ в ядре  $^{192}\text{Hg}$  нельзя считать полностью доказанным, потому что при исследовании гамма-спектра не найден переход с энергией 1310,6 кэВ, ожидаемый между этим уровнем и  $2_1^+$ -состоянием.

Инамура и др.  $^{9/}$  ввели в ядре  $^{190}\text{Hg}$  уровень с энергией 2016,4 кэВ и приписали ему спин и четность  $-7^-$ , предполагая, что гамма-переход  $/241,2 \pm 0,6/$  кэВ, идущий с этого уровня на  $6^+$ -состояние, имеет мультипольность  $E1 + M2$ . Мы установили  $/$ табл. 2 $/$ , что переход 240,5  $\pm$  0,4 кэВ типа  $E2 + M1$  и, таким образом, уровень 2016,4 кэВ, если он существует, не может иметь отрицательную четность. В  $^{9/}$  вводится также уровень 1828,2 кэВ  $5^-$ , с которого идет единственный гамма-переход с энергией 784,5 кэВ. При распаде  $^{190m+g}\text{Tl}$  мы такого гамма-перехода не обнаружили.

Интересно отметить, что имеющиеся данные об уровнях четно-четных нейтродефицитных изотопов ртути, в том числе и полученные здесь результаты, неплохо согласуются с феноменологической моделью Давыдова-Чабана  $/$ неадиабатическая теория вращательно-вибрационных возбуждений $^{32/}$ , а именно:

1. Отношения энергий  $E(6_1^+)/E(2_1^+)$ , вычисленные при параметрах  $\gamma$  и  $\mu$ , выбранных по экспериментальным отношениям  $E(2_2^+)/E(2_1^+)$  и  $E(4_1^+)/E(2_1^+)$ , согласуются с экспериментальными  $/$ см. табл. 5 $/$ .

2. Энергия первого уровня с  $I^\pi = 3^+$  близка к сумме энергий нижних уровней с  $I^\pi = 2^+$ , т.е.  $E(3_1^+) = E(2_1^+) + E(2_2^+)$   $^{33/}$ .

Таблица 5

A Hg	Экспериментальные данные			Теория - ДЧ/32/			
	$E(2_2^+)/E(2_1^+)$	$E(4_1^+)/E(2_1^+)$	$E(6_1^+)/E(2_1^+)$	Лит-ра	$\gamma$	$\mu$	$E(6_1^+)/E(2_1^+)$
196	2,43	2,49	(4,19)	/29/	22,5	0,46	4,19
194	2,51	2,49	4,20	/31/	22,4	0,47	4,19
192	2,64	2,50	4,27		22,1	0,48	4,22
190	2,64	2,51	4,26	наст. работа	22,0	0,46	4,24

3. Экспериментальные значения отношений приведенных вероятностей переходов  $2\frac{1}{2}^+ \rightarrow 0_1^+$  и  $2\frac{1}{2}^+ \rightarrow 2_1^+$  согласуются с расчетными по  $^{33}/$  при параметрах  $\gamma = = /22,7 - 26,3/$ , которые близки к приведенным в табл. 5.

4. Переход  $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$  по  $^{33}/$  должен быть преимущественно E2-типа. Это не противоречит эксперименту. Ковелло и Сарторис  $^{34}/$  и Алага и Иалонго  $^{35}/$  провели полумикроскопические расчеты возбужденных состояний  $^{198}\text{Hg}$  и  $^{200}\text{Hg}$  и получили неплохое согласие с экспериментом. По модели Алаги ведутся расчеты для ядер  $^{192}\text{Hg}$  и  $^{190}\text{Hg}$ , результаты которых будут опубликованы позже.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность К.Я.Грому и А.Салаи за внимание к работе, а также М. Яхиму и Л. Чеч за помощь в выполнении настоящей работы.

#### Литература

1. G.Andersson, I.B.Haller, R.Ringh. *J.Inorg.Nucl.Chem.*, 17, 15, 1961.
2. R.M.Diamond, F.S.Stephens. *Nucl.Phys.*, 45, 632, 1963.
3. R.A.Naumann, R.F.Petry, J.S.Evans. *ArkivFysik*, 36, 177, 1967.
4. R.F.Petry, R.A.Naumann, J.S.Evans. *Phys.Rev.*, 174, 1441, 1968.
5. Я.Вандлик, Н.Г.Зайцева, З.Матэ, И.Махунка, М.Махунка, Т.Фенеш. *Изв. АН СССР, сер.физ.*, 34, 1656 1970.
6. T.Fenyes, I.Mahunka, M.Mahunka, Z.Mate, A.Piotrowski, L.Tron, H.Tyrroff, J.Vandlik, N.G.Zaitseva. *Int.Conf. on the Properties of Nuclei far from the Region of Beta-Stability, Leysin, Switzerland, 1970, Proceedings, Vol. 2, p. 1081, CERN 70-30, 1970.*
7. J.Burde, R.M.Diamond, F.S.Stephens. *Nucl.Phys.*, A92, 306, 1967.
8. J.O.Newton, F.S.Stephens, R.M.Diamond, K.Kotajima, E.Matthias. *Nucl. Phys.*, A95, 357, 1967.
9. T.Inamura, Y.Tendow, S.Nagamiya, A.Hashizume. *J.Phys.Soc.Japan*, 32, 1163, 1972.
10. Я.Вандлик, Т.Б.Вандлик, Н.Г.Зайцева, И.Махунка, М.Махунка, З.Матэ, Х.Тыррофф, Т.Фенеш. Тезисы докл. XXII Совещ. по ядерной спектроскопии и теории ядра, Киев, 1972, ч. 1, стр. 158, Изд. "Наука", Ленинград, 1972 г.

11. Я.Вандлик, Т.Б.Вандлик, Н.Г.Зайцева, И.Махунка, М.Махунка, З.Матэ, Х.Тыррофф, Т.Фенеш. Тезисы докладов XXII Совещ. по ядерной спектроскопии и теории ядра, Киев, 1972, ч. 1, стр. 156, Изд. "Наука", Ленинград, 1972.
12. Я.Вандлик, Т.Б.Вандлик, Н.Г.Зайцева, З.Матэ, И.Махунка. *Радиохимия*, 15, 831, 1973.
13. А.Пиотровски, В.И.Райко, Х.Тыррофф. ПТЭ, N 2, 23, 1972.
14. А.Пиотровски, В.И.Райко, Х.Тыррофф. Тезисы докл. XXI Ежегодн. сов. по ядерн. спектроскопии и теории ядра, Москва, 1971, ч. II, стр. 294, Изд. "Наука", Ленинград, 1971.
15. А.Т.Василенко, И.Махунка, З.Матэ, Й.Надь, В.М.Сороко, Н.С.Станчева, С.М.Станчев, В.А.Уткин, Т.Фенеш. ПТЭ, N 2, 34, 1972.
16. E.W.A.Lingeman, J.Konijn, P.Polak, A.H.Wapstra. *Nucl.Phys.*, A133, 63С, 1969
17. P.Alexander, F.Boehm. *Nucl.Phys.*, 46, 108, 1963.
18. G.Wallace, G.E.Coote. *Nucl.Instr.Meth.*, 74, 353, 1969.
19. Р.Арльт, Г.Винтер, С.В.Медведь, Г.Музиоль, А.Н.Синаев, З.А.Усманова, Д.Фромм, Н.А.Чистов, Х.Штрусный. Препринт ОИЯИ, Р6-6227, Дубна, 1972.
20. R.S.Hager, E.C.Seltzer. *Nucl.Data*, A4, 1, 1968.
21. I.Mahunka, Z.Mate, F.Tarkanyi. *ATOMKI Kozl.* 16, 133, 1974.
22. M.R.Schmorak. *Nucl.Data Sheets*, 9, 195, 1973.
23. A.H.Wapstra, N.B.Gove. *Nucl.Data Tables*, A9, 267, 1971.
24. M.R.Schmorak. *Nucl.Data Sheets*, 9, 401, 1973.
25. R.L.Auble. *Nucl.Data Sheets*, B7, 95, 1972.
26. M.R.Schmorak. *Nucl.Data Sheets*, B7, 395, 1972.
27. R.L.Auble. *Nucl.Data Sheets*, B6, 319, 1971.
28. M.J.Martin. *Nucl.Data Sheets*, B6, 387, 1971.
29. R.L.Auble. *Nucl.Data Sheets*, B5, 581, 1971.
30. M.J.Martin. *Nucl.Data Sheets*, B5, 601, 1971.
31. Б.Амов, Т.Б.Вандлик, Я.Вандлик, Ц.Вылов, Ж.Желев, Н.Г.Зайцева, И.Пенев, Х.Тыррофф. ЯФ, 16, 881, 1972.
32. A.S.Davydov, A.A.Chaban. *Nucl.Phys.*, 20, 499, 1960.
33. A.S.Davydov, G.F.Filippov. *Nucl.Phys.*, 8, 237, 1958.
34. A.Covello, G.Sartoris. *Nucl.Phys.*, A104, 189, 1967.
35. G.Aлага, G.Iалонго. *Phys.Letters*, 22, 619, 1966.
36. H.Beuscher, W.F.Davidson, R.M.Lieder, and A.Neskakis. *Phys.Rev. Lett.*, 32, 843, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел  
8 июля 1974 года.