

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



13/III-74

B-17

P6 - 7581

967/2-74

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

СХЕМА РАСПАДА ^{193}Tl

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

P6 - 7581

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

СХЕМА РАСПАДА ^{193}Tl

Направлено в Изв. АН СССР (сер.физ.)

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

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

P6 - 7581

Схема распада ^{193}Tl

С помощью $\text{Ge}(\text{Li})$ и $\text{Si}(\text{Li})$ - детекторов измерялись спектры γ -лучей и конверсионных электронов, а также $\gamma\gamma$ -совпадения моноизотопных препаратов ^{193}Tl . Обнаружено 48 γ -переходов, из них 40 являются новыми. Определены мультипольности 19 переходов, период полураспада и отношение ϵ/β^+ ^{193}Tl . Предлагается схема распада ^{193}Tl со следующими новыми уровнями: 50,0 кэВ ($1/2^-$); 324,4 кэВ ($3/2^-$); 374,6 кэВ ($3/2, 5/2$); 752,5 кэВ ($3/2, 5/2, 1/2^-$); 1523,4 кэВ ($3/2, 5/2, 1/2^-$) и 1580,0 кэВ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований.
Дубна, 1973

Vandlik T.B., Vandlik J., Zaitseva N.G.,
Máté Z., Mahunka I., Mahunka M.,
Tyrroff H., Fényes T., Fominukh V.I.

P6 - 7581

The Decay Scheme of ^{193}Tl

γ -, conversion-electron and $\gamma\gamma$ -coincidence spectra from the decay of ^{193}Tl monoisotope preparations were measured with $\text{Ge}(\text{Li})$ and $\text{Si}(\text{Li})$ detectors. 48 γ -transitions were observed, from which 40 are new. The multipolarity of 19 transitions, the half-life and ϵ/β^+ branching rate of ^{193}Tl were also determined. The proposed ^{193}Tl decay scheme contains the following new levels: 50.0 keV ($1/2^-$); 324.4 keV ($3/2^-$); 374.6 keV ($3/2, 5/2$); 752.5 keV ($3/2, 5/2, 1/2^-$); 1523.4 keV ($3/2, 5/2, 1/2^-$) and 1580.0 keV.

Preprint. Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1973

ВВЕДЕНИЕ

В прежних работах был определен период полураспада основного $1/2^+$ / состояния ^{193}Tl , равный 23 ± 1 мин /1-4/. Было отмечено, что ^{193}Tl превращается в ^{193}Hg большей частью e^- -захватом /1/, и α -излучения не наблюдалось /1,5/. Андерссон и др. обнаружили восемь линий конверсионных электронов, принадлежащих распаду ^{193}Tl , но схема распада не предлагалась /2/.

В работе /6/ мы сообщили некоторые данные о спектре γ -лучей и конверсионных электронов ^{193}Tl . Настоящая работа посвящена детальному исследованию распада ^{193}Tl с целью построения схемы распада, предварительное сообщение о которой было дано в работе /7/.

Используя сильные источники ^{193}Tl /на порядок сильнее, чем в /6//, мы измеряли спектр γ -лучей, конверсионных электронов и $\gamma\gamma$ -совпадений.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

^{193}Tl был получен при облучении мишеней F_2 /130 ÷ 300 г/ выведенным пучком протонов с энергией 660 МэВ на синхротроне ОИЯИ в течение ~ 30 мин. Радиоактивный таллий выделялся из мишени методом газовой термохроматографии в режиме "он-лайн" с облучением /6,8/. Последующее изотопное разделение проводилось в масс-сепараторе /9,10/. Источники доставля-

Таблица 1
Характеристика спектрометров

Измерение	Детектор	Разрешение, кэВ	Калибровочные источники	
			по энергии	по эффективности
γ	Ge(Li) 38,5 см ³	~ 3,5 при E γ = 609 кэВ	⁵⁶ Co, ⁶⁰ Co ^{110m} Ag, ¹³⁷ Cs ¹⁵² Eu, ²²⁶ Ra/ ¹² /	¹⁶⁹ Yb /13/ ²²⁶ Ra /14/
$\gamma\gamma$ -совп.	Ge(Li) 22,5 см ³	~ 3,5 при		
γ	Ge(Li) 25 см ³	E γ = 609 кэВ		
e^-	Si(Li) \varnothing 9 мм	~ 4,5 при	¹⁵² Eu и	¹⁶¹ Ho
	d = 2,9 мм чувств.	E e^- = 241 кэВ	¹⁹³ Tl	(сильн. линии) ²⁰⁶ Pb, ²⁰⁶ Bi

лись к Ge(Li)- и Si(Li) - детекторам с помощью ленточной системы передачи /11/, а для измерения $\gamma\gamma$ -совпадений они извлекались через шлюз. Измерения γ -спектра и спектра конверсионных электронов начинались через 8 ÷ 18 мин, а измерения $\gamma\gamma$ -совпадений - через ~ 20 мин после окончания облучения.

Характеристики наших спектрометров приведены в табл. 1.

Для более точного определения энергии γ -квантов мы измеряли несколько раз γ -спектр ¹⁹³Tl вместе с γ -спектром калибровочных источников.

Анализ γ - и e^- -спектров проводился анализаторами типа АИ-4096, а обработка их - на ЭВМ МИНСК-2 и CDC -1604 А с использованием программы /15/.

Многомерный анализатор $\gamma\gamma$ -совпадений был создан на базе ЭВМ МИНСК-2 /16/. Временное разрешение аппаратуры - 175 нсек. Измерительная система позволяла выбрать из γ -спектра 12 окон с целью одновременного снятия 12 спектров совпадений длиной 2048 каналов каждый. Результаты измерения $\gamma\gamma$ -совпадений обрабатывались с помощью специальной программы /17/ на ЭВМ МИНСК-2.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

γ -спектр. Мы изучали γ -спектр трех различных источников ¹⁹³Tl в области энергии 35 ÷ 1700 кэВ. Характерный спектр показан на рис. 1.

Результаты измерений приведены в табл. 2. На основе спада интенсивности наиболее сильных γ -линий определялся период полураспада ¹⁹³Tl: T_{1/2} = 21,0 ± 0,8 мин. В γ -спектрах было обнаружено несколько линий, не принадлежащих к ¹⁹³Tl, которые можно приписать большей частью дочернему изотопу (¹⁹³Hg) и соседним изотомам таллия, присутствующим в небольших количествах.

При быстром изготовлении источников мы обнаружили γ -излучение с энергией 365 кэВ, принадлежащее изомерному γ -переходу ^{193m}Tl с периодом полураспада 2,1 мин /3/. Из интенсивности этого излучения можно

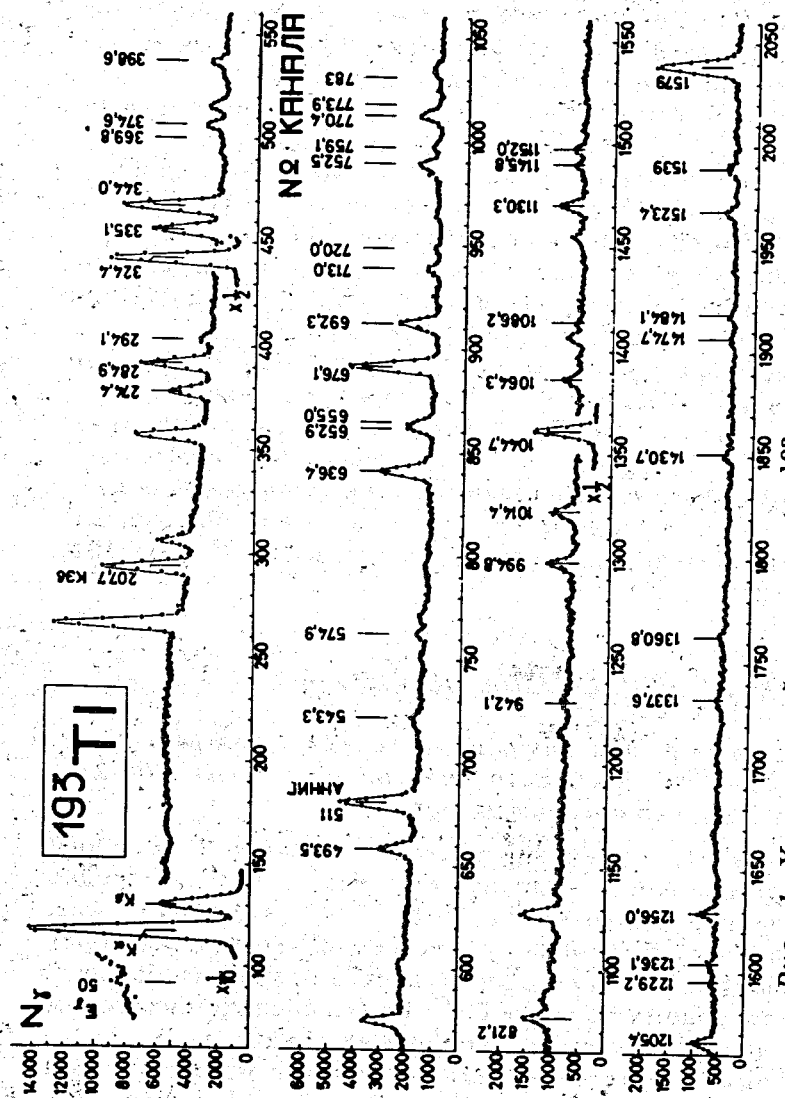


Рис. 1. Характерный γ -спектр ^{193}Tl . N_{γ} - число импульсов на канал за 45 мин. Энергия γ -квантов показана только у линий, принадлежащих распаду ^{193}Tl . Масс-сепарация началась через 5, а измерение - через 12 мин. после окончания 30-минутного облучения.

извлечь информацию об отношении сечений образования метастабильного и основного состояний в реакции $\text{Pb} / \text{естественная смесь изотопов} / +p \rightarrow ^{191}\text{Tl} / E_p - 660 \text{ мэВ} /$:

$$\frac{\sigma_{\text{мет.}}}{\sigma_{\text{осн.}}} = (0,31 \pm 0,18) \frac{T_{\text{ип.}}}{T_m}$$

где $T_{\text{ип.}}$ - парциальный период полураспада изомерного γ -перехода, $T_m = 2,1 \text{ мин}$, т.е. полный период полураспада метастабильного состояния.

Спектр конверсионных электронов. Измерялся спектр конверсионных электронов четырех различных источников ^{193}Tl в области $25 \div 950 \text{ кэВ}$. Характерный спектр показан на рис. 2, а результаты измерений приведены в табл. 2.

Шкала относительной интенсивности I_e^- определялась таким образом, чтобы экспериментальные коэффициенты внутренней конверсии I_{e^-K}/I_{γ} и I_{e^-L}/I_{γ} для переходов 284,89; 324,37; 335,11; 343,99; и 676,10 кэВ дали такую же мультипольность, которую можно извлечь из отношений I_{e^-K}/I_{e^-L} . Теоретические коэффициенты внутренней конверсии взяты из таблицы Хагера и Зелтцера [18]. Мультипольности переходов определялись из величин a_K/a_L , a_K и a_L .

Спектры $\gamma\gamma$ -совпадений. Измерение $\gamma\gamma$ -совпадений проводилось в течение 6 часов с периодическим обновлением источников через $\sim 30 \text{ мин}$.

В γ -спектре, измеренном одним детектором, выделялось 8 окон для регистрации совпадений между γ -квантами, соответствующими по энергии этим окнам, и γ -квантами, регистрируемыми другим детектором в области энергий от 140 до 1500 кэВ/по 2048 каналов каждый/. Рядом с выбранными 8 окнами 4 других служили для измерения спектров совпадений с комптоновским фоном /тоже по 2048 каналов/.

Полученные результаты приведены в табл. 3. При определении интенсивностей совпадений учитывались эф-

Таблица 2

Экспериментальные данные γ - и e^- -излучений при распаде ^{193}Tl . E_γ - энергия γ -квантов; I_γ - относительная интенсивность γ -излучения; I_e - относительная интенсивность электронного излучения

$$\left(\frac{I_{e-K}}{I_\gamma} = a_K ; \frac{I_{e-L}}{I_\gamma} = a_L \right);$$

$I_{\text{пер.}}$ - интенсивность переходов.

$E_\gamma \pm \Delta E_\gamma$ кэВ	$I_\gamma \pm \Delta I_\gamma$	$I_e \pm \Delta I_e$	Мультипольность	$I_{\text{пер.}}$	Лит./ E_γ ,кэВ
49,5 ± 1,1	10,5 ± 0,0	L 230 ± 50	M1+(13±12)% E2	290 ± 70	
207,74 ± 0,20	19,5 ± 1,0	K 3,2 ± 0,3 L 2,1 ± 1,4	E2+(4 3%) M1	26,2 ± 1,1	
274,39 ± 0,14	13,5 ± 1,3	K 2,1 ± 1,4	E2+(4 62%) M1	16,4 ± 1,9	
284,89 ± 0,13	21,6 ± 1,0	K 6,7 ± 1,5 L 1,3 ± 0,3	M1+(4 44%) E2	29,9 ± 1,8	284
294,08 ± 0,25	4,3 ± 0,5	K 1,4 ± 0,5	M1+(4 48%) E2	6,0 ± 0,7	
324,37 ± 0,10	≈ 100	K 23,0 ± 3,3 L 4,0 ± 0,8	M1+(4 22%) E2	128 ± 4	324
335,11 ± 0,10	26,1 ± 1,1	K 5,8 ± 1,1 L 1,2 ± 0,3	M1+(4 34%) E2	33,2 ± 1,6	335
343,99 ± 0,10	41,7 ± 1,8	K 3,9 ± 1,3 L 0,9 ± 0,2	E2+(30±13)% M1	46,9 ± 2,2	344
369,8 ± 0,5	1,6 ± 0,8			≈ 1,8	
374,38 ± 0,22	7,6 ± 0,9	K 0,20 ± 0,10	E2+(4 1%) M1	7,9 ± 0,9	374
398,6 ± 0,4	6,9 ± 1,0	K 0,8 ± 0,7	M1+(4 100%) E2	7,9 ± 1,2	
493,52 ± 0,13	12,1 ± 0,7	K 0,23 ± 0,12	E2+(4 19%) M1	12,4 ± 0,7	
543,3 ± 0,7	3,8 ± 0,9	K 0,21 ± 0,08	M1+(4 60%) E2	4,1 ± 0,9	
574,9 ± 0,5	3,8 ± 0,6			≈ 4,0	
636,4 ± 0,3	18 ± 7	K 0,76 ± 0,14 L 0,23 ± 0,08		≈ 19	
652,9 ± 0,3	10 ± 4			≈ 10	
655,0 ± 0,5	7 ± 4			≈ 7	
676,10 ± 0,19	48 ± 4	K 1,56 ± 0,26 L 0,32 ± 0,08	M1+(4 35%) E2	50 ± 4	
692,3 ± 0,4	20,9 ± 1,6	K 0,60 ± 0,15	M1+(4 52%) E2	21,6 ± 1,6	

Продолжение табл. 2

$E_\gamma \pm \Delta E_\gamma$ кэВ	$I_\gamma \pm \Delta I_\gamma$	$I_e \pm \Delta I_e$	Мультипольность	$I_{\text{пер.}}$	Лит./ E_γ ,кэВ
713,0 ± 0,4	6,0 ± 0,7	K 0,07 ± 0,06	E2+(4 54%) M1	6,1 ± 0,7	
720,0 ± 0,5	1,7 ± 0,8	K 0,09 ± 0,07		≈ 1,7	
752,3 ± 0,4	11,6 ± 1,7	K 0,34 ± 0,15	M1+(4 63%) E2	12,0 ± 1,7	
759,1 ± 0,7	6,3 ± 1,5	K 0,15 ± 0,12	M1+(4 100%) E2	6,7 ± 1,5	
770,4 ± 0,4	12,9 ± 0,8	K 0,25 ± 0,08	M1+(39±34)% E2	13,2 ± 0,8	
773,9 ± 0,6	1,6 ± 0,7			≈ 1,6	
783,0 ± 1,3	4,0 ± 1,6			≈ 4,1	
821,20 ± 0,20	9,4 ± 0,5	K 0,13 ± 0,04	E2+(46±27)% M1	9,6 ± 0,5	
942,1 ± 0,5	1,8 ± 0,8			1,8 ± 0,8	
994,75 ± 0,25	11,0 ± 1,1			11,1 ± 1,1	
1014,4 ± 0,3	8,9 ± 1,0			9,0 ± 1,0	
1044,7 ± 0,3	59 ± 6			59 ± 6	
1064,3 ± 0,4	7,1 ± 0,5			7,2 ± 0,5	
1086,2 ± 0,6	1,6 ± 0,8			1,6 ± 0,8	
1130,3 ± 0,3	12,3 ± 1,3			12,4 ± 1,3	
1145,8 ± 0,4	4,2 ± 0,8			4,2 ± 0,8	
1152,0 ± 0,4	4,9 ± 0,9			5,0 ± 0,9	
1203,4 ± 0,3	10,2 ± 1,2			10,3 ± 1,2	
1229,2 ± 0,6	2,5 ± 1,0			2,5 ± 1,0	
1236,1 ± 0,4	4,6 ± 1,2			4,7 ± 1,2	
1256,0 ± 0,3	10,3 ± 1,9			10,4 ± 1,9	
1337,6 ± 0,4	5,6 ± 1,0			5,6 ± 1,0	
1360,8 ± 0,4	4,8 ± 0,9			4,8 ± 0,9	
1430,7 ± 0,4	4,5 ± 0,9			4,5 ± 0,9	
1474,7 ± 0,7	2,6 ± 1,0			2,6 ± 1,0	
1484,1 ± 0,7	3,4 ± 1,0			3,4 ± 1,0	
1523,4 ± 0,4	8,0 ± 1,9			8,0 ± 1,9	
1539,4 ± 1,0	8,8 ± 2,0			8,8 ± 2,0	
1579,3 ± 1,0	45 ± 10			45 ± 10	

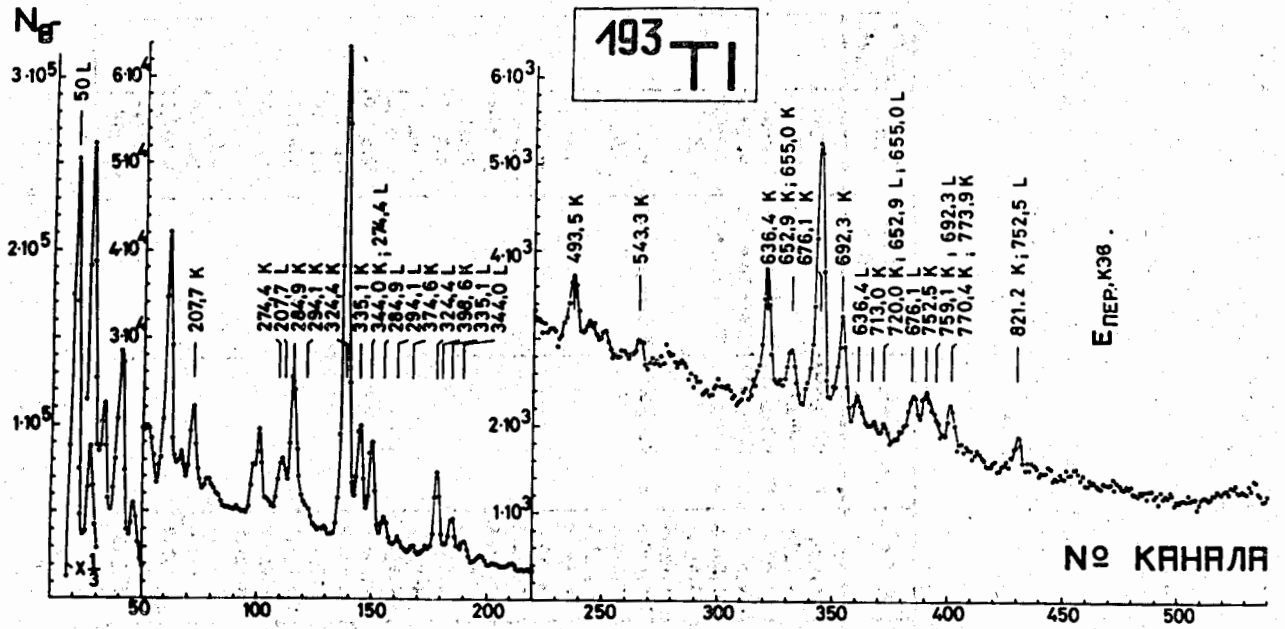


Рис. 2. Спектр конверсионных электронов ^{193}Tl . N_e - число импульсов на канал за 40 мин. Идентификация показана только для К-и L-линий ^{193}Tl . Масс-сепарация началась через 4 мин, а измерение - через 8 мин после окончания 13-минутного облучения.

Таблица 3
 $\gamma\gamma$ -совпадения при распаде ^{193}Tl

Окно $E_{\gamma}, \text{кэВ}$	Энергия совпадающего γ -излучения и интенсивность совпадений (в скобках) $E_{\gamma}, \text{кэВ}$ ($I_{\gamma\gamma}$, в относительных единицах)			
274,4				
284,9				
324,4	511 (анниг.)	(170 \pm 80)		
335,1	511 (анниг.)	(130 \pm 70),	1205,4	(136 \pm 80)
344,0	636,4	(100 \pm 60)		
374,6				
493,5	207,7	(\approx 100),	284,9	(34 \pm 34)
636,4	344,0	(80 \pm 50),	398,6	(52 \pm 52)

фекты случайных совпадений и эффективность детектора. В таблице приведены данные только тех переходов, для которых $I_{\gamma\gamma} \geq \Delta I_{\gamma\gamma}$.

Измерение отношения β^+ / ϵ . Отношение числа β^+ распадов к числу e^- -захватов определялось из отношения интенсивностей аннигиляционного и рентгеновского излучений, измеренных в γ -спектре. Измерительная аппаратура градуировалась по источнику $^{140}\text{Nd} \rightarrow ^{140}\text{Pr} \rightarrow ^{140}\text{Ce}$, имеющему хорошо известный коэффициент разветвления /19/. При определении интенсивности e^- -захвата по интенсивности рентгеновского излучения источника ^{193}Tl вычиталась часть, связанная с распадом дочернего изотопа (^{193}Hg), а также интенсивность рентгеновского излучения, сопровождающего внутреннюю конверсию. В расчетах использовалось значение флуоресцентного выхода "К" оболочки 0,954 /20/. Доля β^+ распадов ^{193}Tl по нашим измерениям: $\beta^+ < 4\%$.

СХЕМА РАСПАДА ^{193}Tl

Положение возбужденных состояний определялось на основе анализа сумм и разностей энергий переходов и измерений $\gamma\gamma$ -совпадений. При определении значений спина и четности возбужденных состояний мы опирались, главным образом, на известные квантовые характеристики основного и 39,5 кэВ возбужденного состояний, и на мультипольности переходов, учитывая при этом и значения I пер.

Предлагаемая схема распада показана на рис. 3. Основной уровень. Спин основного состояния ^{193}Hg по оптикоспектроскопическим измерениям $3/2^-/21^-$, а магнитный момент $\mu = -0,62$ /21/, из которых следует, что четность должна быть отрицательной.

Спин и четность уровня $39,48 \pm 0,13$ кэВ были определены надежно из исследования внутреннего перехода ^{193m}Hg / $E_{\text{ур.}} = 141,0 \pm 0,5$ кэВ, $T_{1/2} = 11,1 \pm 0,5$ час/, их значения $5/2^-/4^-$.

Новый уровень $50,0 \pm 0,2$ кэВ. По систематике энергетических уровней нечетных атомных ядер $\text{Hg} /^{22}/$

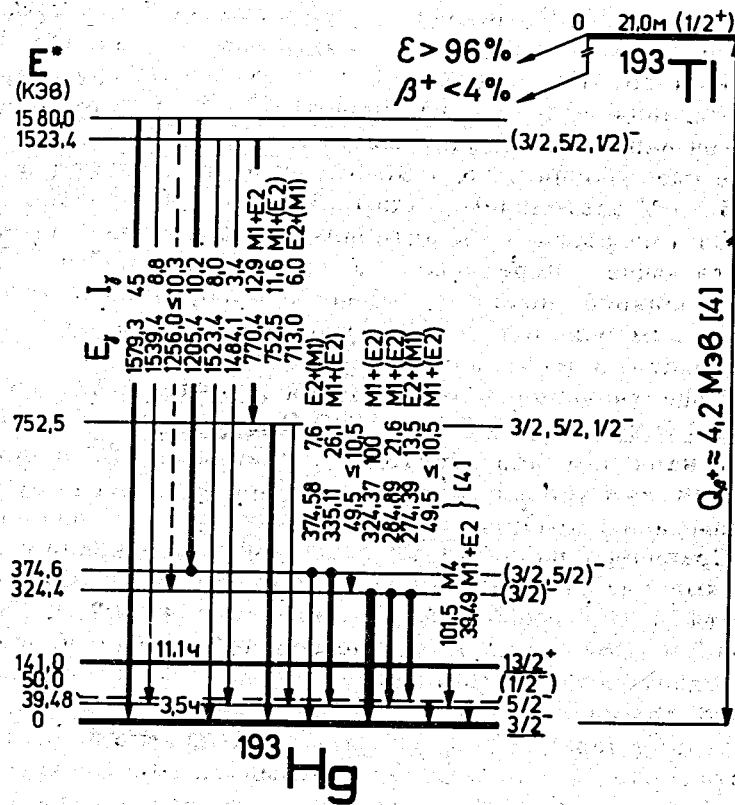


Рис. 3. Предлагаемая схема распада ^{193}Tl .

в ядре ^{193}Hg можно ожидать низколежащий уровень с характеристиками $1/2^-$.

Появляющиеся в γ -спектре интенсивные $49,5 \pm 1,1$ кэВ М1 и $274,39$ кэВ переходы указывают на то, что уровень $1/2^-$ находится при энергии $50,0$ кэВ. На основе разности энергий γ -переходов в принципе возможно и то, что уровень $1/2^-$ находится при энергии возбуждения $19,6$ или $30,5$ или $81,5$ кэВ. Однако последние три варианта мы считаем менее вероятными. Предполагаемые уровни $19,6$ и $30,5$ кэВ находятся под $5/2^-/39,5$ кэВ состоянием, таким образом они могли возбуждаться и из распада метастабильного состояния, но соответствующие переходы не обнаружилась $^{23-26}$. Нет определенного доказательства и того, что некоторые линии измеренного γ -спектра могли происходить из предполагаемого уровня $81,5$ кэВ.

Существование новых уровней $324,4 \pm 0,1$; $374,6 \pm 0,1$; $752,5 \pm 0,2$; $1523,4 \pm 0,3$ и $1580,0 \pm 0,7$ кэВ подтверждается наличием пар переходов, приводящих на основной и $39,48$ кэВ уровни; а также другими переходами, помещенными в схему; и анализом спектров $\gamma\gamma$ -совпадений.

Сравнивая разности энергий гамма-переходов с разностями энергий уровней $0 - 39,48$ и $0 - 50,0$ кэВ, можно ввести новые уровни $344,0$; $543,4$; $676,0$; $692,0$; $759,1$; $1044,7$ и $1064,3$ кэВ. Введение уровней с этими энергиями позволяет разместить в схеме распада ^{193}Tl достаточно много гамма-переходов. Однако следует заметить, что некоторые переходы могут быть размещены в нескольких местах схемы распада, а в гамма-гамма-совпадениях статистическая ошибка достаточно велика, чтобы однозначно разместить такие переходы. Поэтому введение перечисленных выше уровней в схему распада ^{193}Tl в настоящее время нецелесообразно.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность К.Я.Громову и А.Салаи за поддержку в работе, М.Яхиму за помощь при масс-сепарации, Л.Чечза за помощь при обработке результатов и Б.П.Осипенко за предоставление полупроводниковых детекторов.

1. K.F.Chackett, G.A.Chackett. *J.Inorg.Nucl.Chem.*, 13, 1 (1960).
2. G.Andersson, I.B.Haller, R.Ringh. *J.Inorg.Nucl.Chem.*, 17, 15 (1961).
3. R.M.Diamond, F.S.Stephens. *Nucl.Phys.*, 45, 632 (1963).
4. M.V.Lewis. *Nucl.Data Sheets*, B8, 389 (1972).
5. M.Karras, G.Andersson, M.Nurmi. *Arkiv Fysik*, 23, 57 (1962).
6. T.Fenyesh, I.Mahunka, M.Mahunka, Z.Mate, A.Piotrowski, L.Tron, H.Tyrroff, J.Vandlik, N.G.Zaitseva. *Int.Conf on the Prop. of Nuclei far from the Region of Beta-Stability, Leysin, Switzerland, August 31 - Sept. 4, 1970. CERN 70-30, Vol. 2, p. 1081 (1970).*
7. Я.Вандлик, Т.Б.Вандлик, Н.Г.Зайцева, И.Махунка, М.Махунка, З.Матэ, Х.Тыррофф, Т.Фенеш. Тезисы докладов XII совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра, Дубна, 22-25 июня, 1971 г., ОИЯИ, Дб-5783, 164, Дубна /1971/.
8. Я.Вандлик, Т.Б.Вандлик, Н.Г.Зайцева, З.Матэ, И.Махунка. Препринт ОИЯИ, P12-6234, Дубна, 1972; *Радиохимия*, 15, 831 /1973/.
9. А.Пиотровски, В.И.Райко, Х.Тыррофф. ПТЭ, №2, 23 /1972/.
10. А.Пиотровски, В.И.Райко, Х.Тыррофф. Тезисы докладов XXI ежегодного совещания по ядерной спектроскопии и теории ядра. Москва, 1971. "Наука", Ленинград, 1971. Часть II, стр. 294.
11. А.Т.Василенко, И.Махунка, З.Матэ, И.Надь, В.М.Сороко, Н.С.Станчева, С.М.Станчев, В.А.Уткин, Т.Фенеш. ПТЭ, №2, 34 /1972/.
12. E.W.A.Lingeman, J.Konijn, P.Polak, A.H.Wapstra. *Nucl.Phys.*, A133, 630 (1969).
13. P.Alexander, F.Boehm. *Nucl.Phys.*, 46, 108 (1963).
14. G.Wallace, G.E.Coote. *Nucl.Instr.Meth.*, 74, 353 (1969).
15. Р.Арльт, Г.Винтер, С.В.Медведь, Г.Музиоль, А.Н.Синаев, З.А.Усманова, Д.Фромм, Н.А.Чистов, Х.Штрусный. Препринт ОИЯИ, Рб-6227, Дубна, 1972.
16. В.С.Александров, Ф.Дуда, О.И.Елизаров, Г.П.Жуков, Г.И.Забякин, З.Зайдлер, И.Звольски, Е.Т.Кондрат, З.В.Лысенко, В.И.Приходько, В.Г.Тишин, В.И.Фоминых, М.И.Фоминых, В.М.Цупко-Ситников. Изв. АН СССР, сер.физ., 34, 69 /1970/.
17. В.И.Фоминых. Автореферат диссертации ОИЯИ, 13-6354, Дубна, 1972.
18. R.S.Hager, E.C.Seltzer. *Nucl.Data*, A4, 1 (1968).
19. C.M.Lederer, J.M.Hollander, I.Perlman. *Table of Isotopes*, 6th Ed., J.Wiley Publ., New York (1968).
20. A.H.Wapstra, G.J.Nijgh, Van Lieshout R., *Nucl.Spectr.Tables*, North-Holl.Publ., Amsterdam (1959).

21. G.H.Fuller, V.W.Cohen. *Nucl.Data Tables*, A5, 433 (1969).
22. B.Jung, J.Svedberg. *Arkiv Fysik*, 19, 447 (1961).
23. L.P.Gillon, K.Gopalakrishnan, A. de Shalit, J.W.Mihelich. *Phys.Rev.*, 93, 124 (1954).
24. J.Brunner, J.Halter, P.Sherrer. *Helv.Phys.Acta*, 31, 335 (1958).
25. J.St.A.Dionisio. *Compt.rend.*, 254, 3851 (1962).
26. A.Bäcklin, F.Fogelberg, V.Berg, S.G.Malmskog. *Nucl.Phys.*, A138, 429 (1969).

Рукопись поступила в издательский отдел
3 декабря 1973 года.