

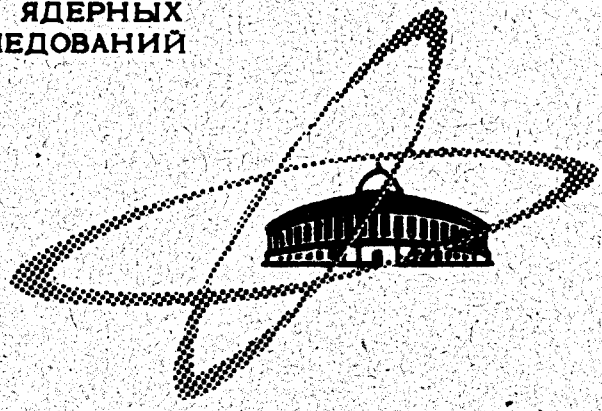
29/IV-70

B-17

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

6 - 4997



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

НОВЫЕ ИЗОТОПЫ  $^{190}\text{Tl}$  И  $^{188}\text{Tl}$

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1970

6 - 4997

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

НОВЫЕ ИЗОТОПЫ  $^{190}\text{Tl}$  И  $^{188}\text{Tl}$

Направлено в Изв. АН СССР

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

82.98/2 45.

Целью настоящей работы являлось получение и гамма-спектроскопическое исследование нейтронодефицитных изотопов таллия с массовым числом  $A < 191$ . По литературным данным самым легким известным изотопом таллия является  $^{191}\text{Tl}$  с периодом полураспада  $\approx 10$  мин. /1,2/. Разработанная нами быстрая методика выделения позволила провести исследование изотопов таллия с периодом полураспада  $\approx 1$  мин. Дочерние ядра исследуемых изотопов таллия ( $^{188-190}\text{Hg}$ ) известны, значит имеется возможность идентификации таллия по дочерним продуктам.

#### Экспериментальная методика

С целью получения нейтронодефицитных изотопов таллия облучалась мишень  $\text{PbF}_2$  (в форме порошка) протонами с энергией 660 Мэв на выведенном пучке синхроциклотрона ОИЯИ.

Интенсивность выведенного пучка была  $\approx 5 \cdot 10^{11}$  протон/сек. Количество вещества мишени  $\text{PbF}_2$  в каждом опыте равнялось  $\approx 0,8$  г, время облучения - 5 + 7 мин. Для транспортировки мишени в химическую лабораторию применялась пневматическая почта /3/.

Экспрессное выделение таллия из вещества мишени проводилось методом сублимации летучих фторидов таллия. Температура кипения  $PbF_2$   $1293^{\circ}C$ , а фторидов таллия - существенно ниже (у  $TlF$   $655^{\circ}C$ , у  $TlF_3$   $927^{\circ}C$ )<sup>/4/</sup>.

На рис. 1 схематически представлена установка, применяемая нами для возгонки фторидов.

Облученный в кварцевой трубочке фторид свинца сразу после облучения помещался в печь 2. Через установку непрерывно пропускался ток  $N_2$  со скоростью  $\approx 20$  мл/мин, очищенный от влаги и кислорода. Время возгонки фторидов колебалось от 3 до 4 минут в разных опытах.

Предварительными опытами было установлено, что радиоактивный таллий конденсируется на участке 1 кварцевой трубки, имеющем температуру в интервале  $210-140^{\circ}C$ . Участки 0 и 2 имели слабую активность. На участке 3 конденсировалась, главным образом,  $Hg$ . (Длина каждого из участков 0-3 составляла 3 см).

После фиксированного времени возгонки участок 1 отсоединялся от установки и использовался для дальнейших измерений активности. Время от конца облучения до начала измерения составляло  $\approx 5$  мин.

Заметного загрязнения фракции таллия другими элементами обнаружено не было.

Измерение гамма-спектров проводилось на  $Ge(Li)$ - детекторе с чувствительным объемом  $6,3 \text{ см}^3$ . Полуширина гамма-линий при энергии 600 кэв была 4 кэв. Анализ спектров проводился с помощью быстрого амплитудно-цифрового преобразователя типа БАП-6 (частота адресного генератора 50 Мгц) и двух 4096-канальных анализаторов типа АИ-4096. Второй (буферный) анализатор служил для промежуточного хранения информации до записи на магнитную ленту. Для обработки спектров использовались электронные вычислительные машины Минск-2, Минск-22, а также осциллограф со световым карандашом<sup>/5/</sup>.

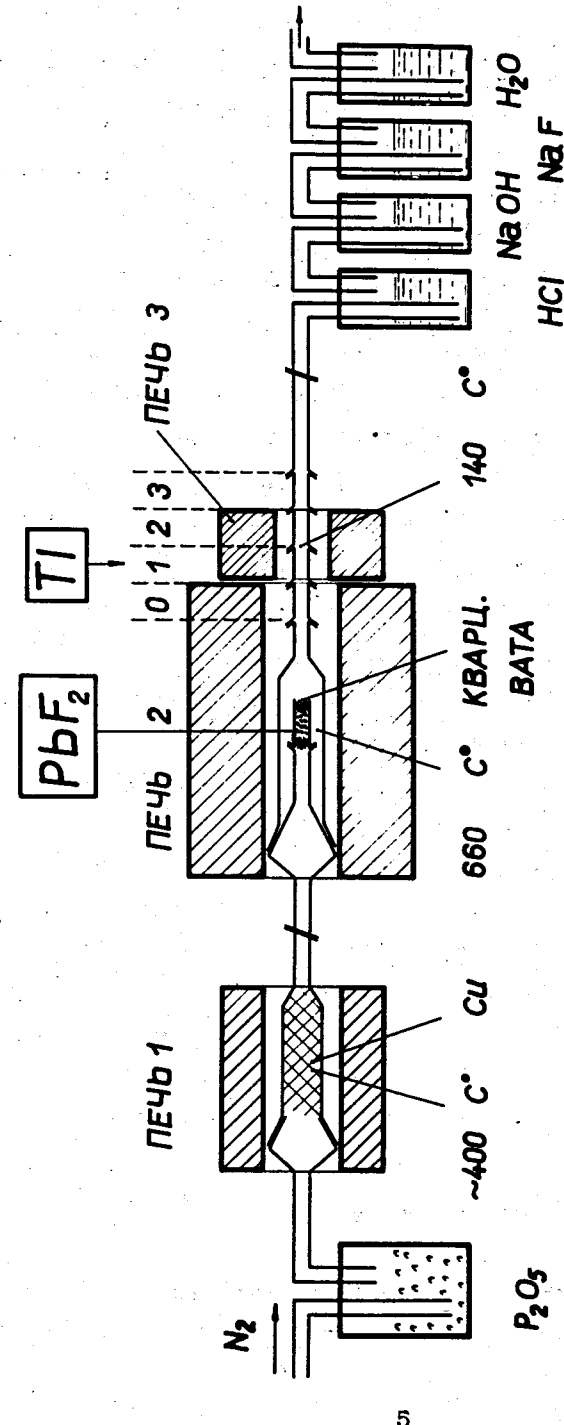


Рис. 1. Установка для термохроматографического выделения таллия из облученного  $PbF_2$ .

Калибровка спектрометра по энергии и эффективности детектирования проводилась по гамма-линиям  $^{226}\text{Ra}$  /6/. Для определения мертвого времени измерительной аппаратуры и для проверки стабильности спектров использовался импульсный генератор с ртутным реле.

### Экспериментальные результаты

Исследовался гамма-спектр девяти различных источников таллия, полученных в различных опытах. Гамма-спектр изучался в области энергии от 100 до 1080 кэв. Участок характерного гамма-спектра показан на рис. 2.

Идентификация изотопов  $^{190}\text{Tl}$  и  $^{188}\text{Tl}$  проводилась на основе нескольких гамма-переходов между уровнями дочерних ядер ( $\text{Hg}$ ). Энергия гамма-линий была известна из измерений Бурде, Даймонда, Стивенса /7/, проведенных в пучке тяжелых ионов.

Несколько кривых распада, характерных для периодов полураспада  $^{190}\text{Tl}$  и  $^{188}\text{Tl}$ , представлены на рис. 3.

Полученные экспериментальные результаты приведены в табл. 1.

### Обсуждение результатов

Известно, что для всех соседних изотопов таллия с чётным массовым числом (192, 194, 196, 198) были обнаружены не только  $J^\pi = 2^-$  основные состояния, но и  $7^+$  метастабильные состояния /8,9/. Период полураспада метастабильных состояний оказался близким к периоду соответствующих основных состояний.

Парциальная схема распада ядер  $^{194}\text{Tl}$  и  $^{192}\text{Tl}$  видна на рис. 4. На том же рисунке показаны уровни ядер  $^{190}\text{Hg}$  и  $^{188}\text{Hg}$ , полученных в реакциях с тяжелыми ионами, и обнаруженные переходы между ними. Видно, что схема возбужденных уровней очень похожа в разных чётно-чётных ядрах ртути.

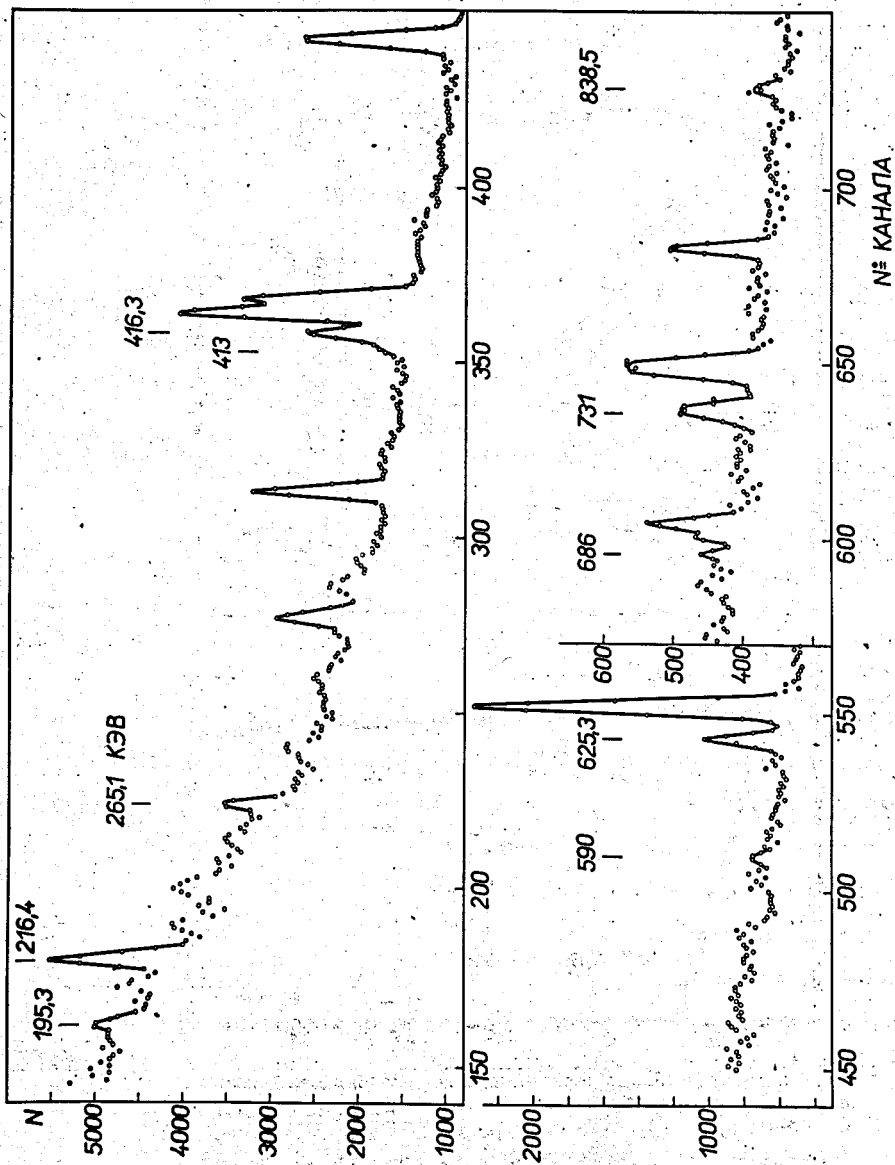


Рис. 2. Гамма-спектр нейтронодефицитных изотопов галлия в области энергии фотонов от 177 до 882 кэв. Измерения начаты через 5,5 минут, после окончания 7-минутного облучения мишени. (Фильтр: 10 мм оргстекла + 2 мм  $\text{Cu}$ ). N  $\gamma$  в единицах имп./2,73 мин.

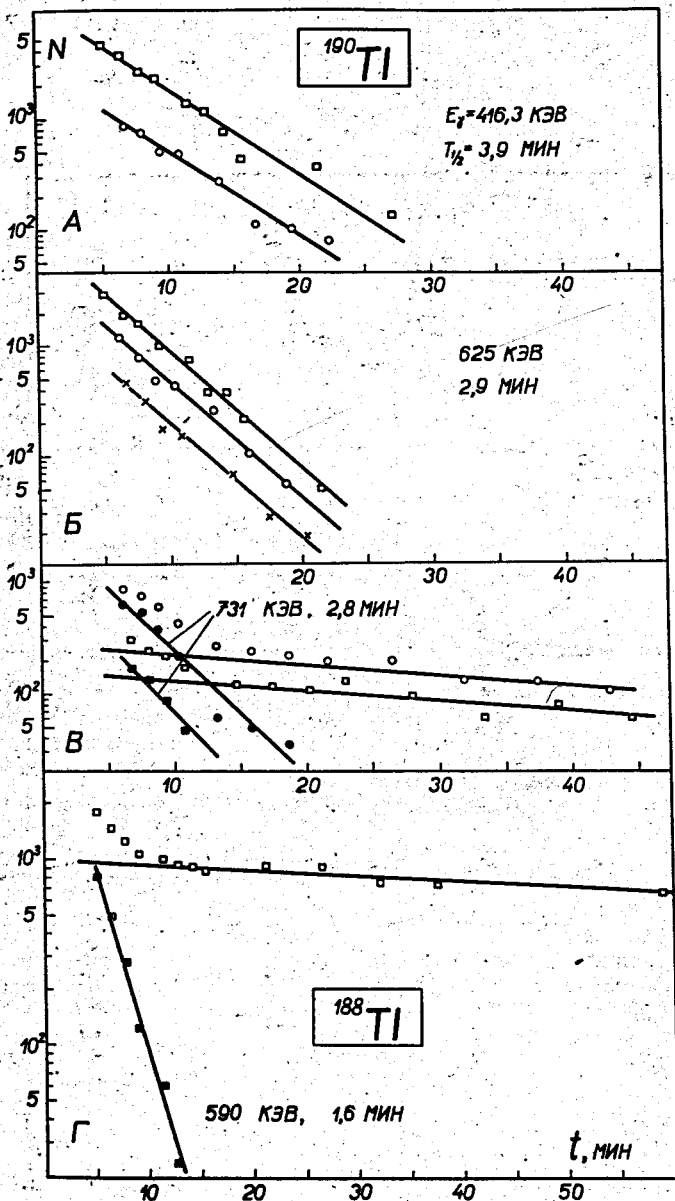


Рис. 3. Кривые спада интенсивности нескольких гамма-переходов, сопровождающих распад  $^{190}\text{Tl}$  (рис. А, Б, В) и  $^{188}\text{Tl}$  (рис. Г) в единицах имп./1,37 мин.  $t$  - время с момента окончания облучения. На рис. А, Б и В разные кривые относятся к разным источникам.

Таблица 1

Результаты, полученные для новых изотопов  $^{190}\text{Tl}$  и  $^{188}\text{Tl}$ 

Е (кэв) Энергия $\gamma$ -кван- тов	$I^*_\gamma$ Относительная интенсивность гамма-линий	$T_{1/2}$ (мин) Период полу- распада	Происхождение гамма-излучения
$416,3 \pm 0,6$	100	$3,9 \pm 0,3$	Из возбужденных состояний $^{190}\text{Hg}/7/$ (см. Бурде и др. после распада $^{190}\text{Tl}$ )
$625,3 \pm 0,6$	$78 \pm 9$	$2,9 \pm 0,2$	
$730,9 \pm 1,1$	$49 \pm 9$	$2,8 \pm 0,5$	
$216,4 \pm 1,0$	$48 \pm 7$	$4,1 \pm 0,7$	Линии спектра, которые по перио- ду полураспада могут принадле- жать $^{190}\text{Tl}$
$265,1 \pm 1,3$	$20 \pm 4$	$3,7 \pm 1,1$	
$686,1 \pm 1,2$	$25 \pm 5$	$4,7 \pm 1,6$	
$838,5 \pm 0,8$	$31 \pm 6$	$3,7 \pm 0,8$	
$412 < E_\gamma < 415$		$< 3,5$	Из возбужденных состояний $^{188}\text{Hg}/7/$ после распада $^{188}\text{Tl}$
$590 \pm 2$		$1,6 \pm 0,5$	
$195,3 \pm 1,1$		$1,1 \pm 0,5$	По периоду полу- распада линия может принадле- жать $^{188}\text{Tl}$

x/ Измерена через 8 мин после окончания  $\approx 7$ -мин облучения ми-  
шени.



По нашим экспериментальным данным периоды полураспада, характеризующие спад интенсивности гамма-переходов 730,9 и 625,3 кэВ при распаде  $^{190}\text{Tl}$  (соответственно  $2,8 \pm 0,5$  и  $2,9 \pm 0,2$  мин), отличаются от периода спада интенсивности гамма-линии 416,3 кэВ ( $3,9 \pm 0,3$  мин).

По аналогии со схемами распада соседних чётных изотопов таллия (см. рис. 4) можно ожидать, что обнаруженный  $(6^+)_{1,1} \rightarrow (4^+)_{1,1}$  <sup>x/</sup> переход с энергией 730,9 кэВ появится после распада предположенного  $7^+$  метастабильного состояния  $^{190}\text{Tl}$ . Как следует из анализа экспериментальных результатов Петри, Науманна и Ивенса <sup>/12/</sup>, большая часть интенсивности гамма-переходов между уровнями  $(4^+)_{1,1} \rightarrow (2^+)_{1,1}$  чётно-чётных изотопов Tl происходит из распада соответствующего  $7^+$  метастабильного состояния материнских ядер таллия, а большая часть интенсивности переходов  $(2^+)_{1,1} \rightarrow (0^+)_{1,1}$  - из распада  $2^-$  основного состояния материнских изотопов таллия, если ядра таллия получались из свинца глубоким расщеплением, вызванным высокоэнергетическими протонами. Исходя из этого, можно ожидать также, что убывание интенсивности перехода  $(4^+)_{1,1} \rightarrow (2^+)_{1,1}$  с энергией 625,3 кэВ, обнаруженного нами, определяется, в основном, периодом полураспада, предположенного  $7^+$  метастабильного состояния  $^{190}\text{Tl}$ , а на убывание интенсивности перехода  $(2^+)_{1,1} \rightarrow (0^+)_{1,1}$  с энергией 416,3 кэВ заметно влияет период полураспада основного (вероятно,  $2^-$ ) состояния.

На основе экспериментальных данных и аналогии со схемой распада соседних ядер, таким образом, можно сделать вывод, что в ядре  $^{190}\text{Tl}$  кроме основного существует и метастабильное состояние. Период полураспада метастабильного состояния -  $2,9 \pm 0,4$  мин, а основного  $\approx 3,6$  мин. Период полураспада  $^{188}\text{Tl} (^*)$  -  $1,6 \pm 0,5$  мин.

<sup>x/</sup> Индекс при скобках обозначает № уровня с данным спином и чётностью. Счёт ведется снизу вверх.

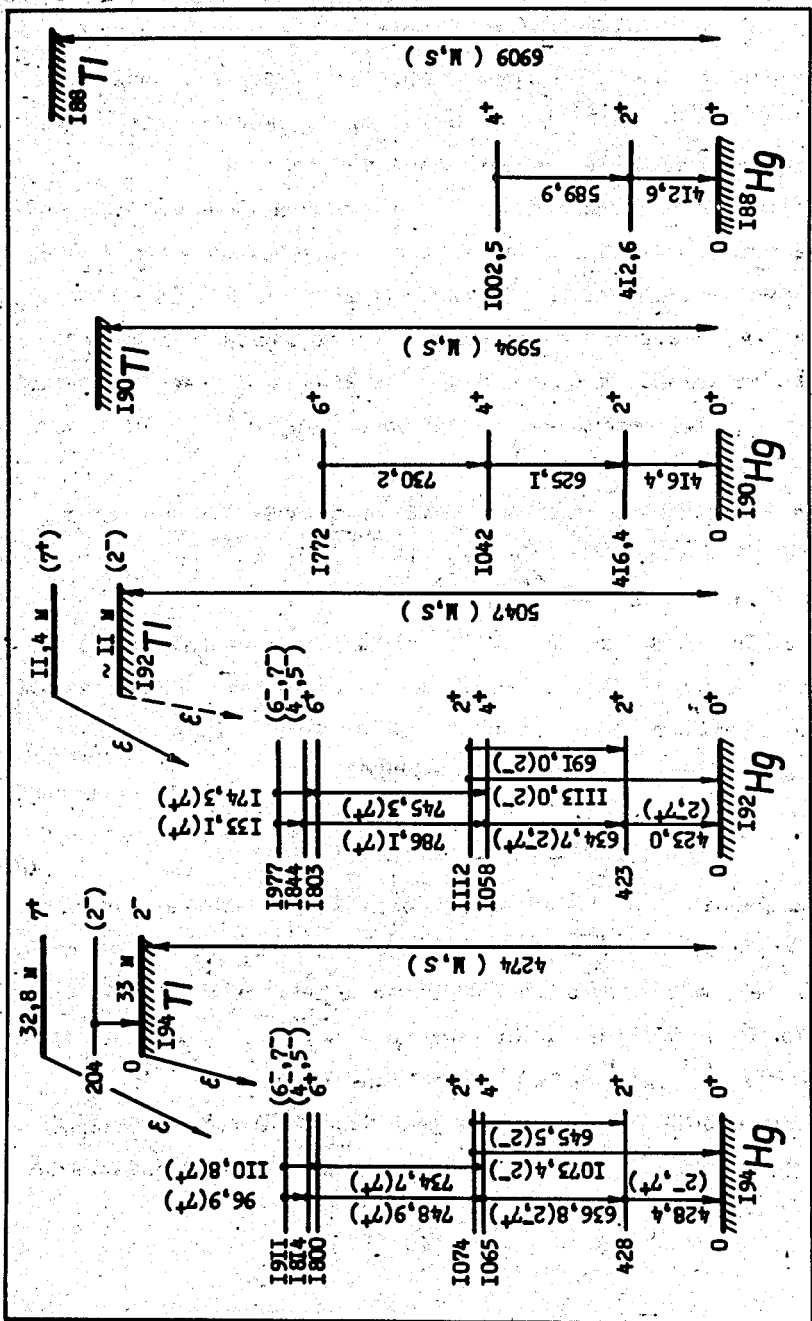


Рис. 4. Парциальная схема распада  $^{194}\text{Tl}$ ,  $^{190}\text{Tl}$ ,  $^{188}\text{Tl}$ . Данные для изотопов  $^{194}\text{Hg}$  и  $^{192}\text{Hg}$  взяты из работы Петри и др./9/ и для изотопов  $^{190}\text{Hg}$  и  $^{188}\text{Hg}$  — из работы Бурде и др./7/. Энергии уровней и гамма-переходов приведены в кэВ. Цифры в скобках после энергии переходов указывают на то, что переход наблюдается после распада  $^{194}\text{Tl}$  метастабильного или  $^{192}\text{Tl}$  основного состояния материнского ядра. Символ (M.S) означает, что энергия  $\epsilon$  — захвата рассчитана по полуэмпирической формуле Майерс, Святецки/10/. Данные для изотопов  $^{194}\text{Tl}$  и  $^{192}\text{Tl}$  взяты из работы Желепова и др./11/.

Если в основном состоянии  $^{190}\text{Tl}$  и  $^{188}\text{Tl}$  последний протон находится в состоянии  $s_{1/2}^+$ , а последний нейтрон - в состоянии  $f_{5/2}^-$  (это естественное предположение на основе оболочечной модели), спин основного состояния  $^{190}\text{Tl}$  и  $^{188}\text{Tl}$  по правилам Нордгейма будет  $2\hbar$ , точно таким же, как у соседних чётных изотопов таллия.

Юнг и Андерссон в своей работе <sup>/8/</sup> представили разность энергии между  $7^+$  метастабильными и  $2^-$  основными состояниями чётных ядер таллия в зависимости от числа нейтронов, а также разность энергии между состояниями подобной конфигурации в ядрах соседних элементов (Pb и Hg). На основе экстраполяции этих кривых нельзя исключить, что существует  $7^+$  метастабильное состояние в ядре  $^{190}\text{Tl}$  и, может быть, также в  $^{188}\text{Tl}$ .

На основе систематики периодов полураспада нечётно-нечётных ядер периоды полураспада основного состояния  $^{190}\text{Tl}$  и  $^{188}\text{Tl}$  соответственно равны  $\approx 3$  и  $\approx 1,5$  мин <sup>/13/</sup>.

Мы благодарны сотрудникам ОИЯИ, проводившим эксплуатацию синхроциклотрона, измерительного центра и электронных вычислительных машин, а также Институту ядерных исследований ВАН (Дебрецен) за приборы, предоставленные в наше распоряжение.

#### Замечание

Настоящая работа была представлена на XX ежегодном совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра в Ленинграде в январе 1970 г. В материалах того же совещания появилась работа Т. Морека, Х. Дростэ, В. Нойберта, С. Хойнацкого и З. Вильгельми, которые с помощью реакции  $^{181}\text{Ta} (^{16}\text{O}, 7\text{n})$  тоже синтезировали  $^{190}\text{Tl}$ .

По частному сообщению д-ра Т. Морека (2.3.1970 г.) найденный ими период полураспада  $^{190*}\text{Tl}$  близок к нашему экспериментальному результату.

Л и т е р а т у р а

1. K.F.Chackett, G.A.Chackett. J.Inorg.Nucl.Chem., 13, 1 (1960).
2. G.Andersson, I.B. Häller, R.Ringh. J.Inorg.Nucl.Chem., 17, 15 (1961).
3. Р. Арльт, В.А. Быстров, Г. Музиоль, П. Паатеро, Х. Штрусный. Препринт ОИЯИ 13-3922, Дубна 1968.
4. У.Д. Верятин, В.П. Маширев, Н.Г. Рябцев, В.И. Тарасов, Б.Д. Рогозкин, И.В. Коробов. Термодинамические свойства неорганических веществ, Атомиздат, Москва, 1965.
5. Г.И. Забиякин, И. Звольски, В.И. Приходько, Й. Томик, В.Р. Трубников, В.И. Фоминых, В.М. Цупко-Ситников. Изв. АН СССР, сер. физ., 31, № 10, 1601 (1967).
6. G.Wallace, G.E. Coote, Nucl.Instr. and Meth., 74, 353 (1969).
7. Дж. Бурде, Р.М. Даймонд, Ф.С. Стивенс. Изв. АН СССР, сер. физ., XXXI; № 1, 21 (1967).
8. В.Jung, G.Andersson. Nucl. Phys., 15, 108 (1960).
9. R.F. Petry, R.A. Naumann, J.S. Evans. Phys. Rev., 174, 1441 (1968).
10. W.D. Myers, W.J. Swiatecki. UCRL - 11980, 1965.
11. Б.С. Джелепов, Л.К. Пекер, В.О. Сергеев. Схемы распада радиоактивных ядер. Изд. АН СССР, Ленинград, 1963.
12. См. табл. 1. в работе /9/.
13. Р. Арльт, З. Малек, Г. Музиоль, Х. Штрусный. Препринт ОИЯИ Р6-4234, Дубна 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел

20 марта 1970 года.