

Г-874

9/IX-68

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P6 - 3945



К.Я.Гро́мов, Ж.Т.Желев, В.Г.Калинников,
З.Малек, Н.Ненов, Г.Пфреппер, Х.Штрусный

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

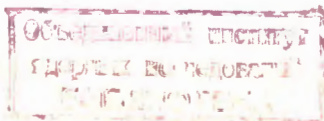
НОВЫЕ КОРОТКОЖИВУЩИЕ АКТИВНОСТИ
 ^{163}Yb , $^{165\text{m}}\text{Tu}$, $^{163\text{m}}\text{Tu}$, $^{161\text{m}}\text{Tu}$, ^{159}Tu

1968

Р6 - 3945

К.Я.Громов, Ж.Т.Желев, В.Г.Калинников,
З.Малек, Н.Ненов, Г.Пфреппер, Х.Штрусный

НОВЫЕ КОРОТКОЖИВУЩИЕ АКТИВНОСТИ
163 Yb , 165m Tu , 163m Tu , 161m Tu , 159 Tu



7427/2 нр.

В в е д е н и е

К настоящему времени известны короткоживущие ($T_{1/2} \leq 30$ мин)

изотопы Yb и Tu :

^{167}Yb (17,3 мин)^{/1/} (18 мин)^{/2,3/},

^{165}Yb (9 мин)^{/4/} (10,5 мин)^{/3,5/}

^{162}Yb (26 мин)^{/6/},

^{164}Tu (2,05 мин)^{/7/}

^{162}Tu (21,5 мин)^{/8/},

^{161}Tu (39 мин)^{/7,8/}.

Целью работы явились поиски новых изотопов и изомеров Yb и Tu с периодами полураспада больше пяти минут.

1. Условия опыта. Аппаратура

Исследованные активности получались при облучении танталовой мишени на внутреннем пучке протонов синхроциклотрона ($E_p \approx 660$ Мэв) в течение 5–10 минут. Иттербиевая и, соответственно, тулиевая фракции выделялись хроматографически из облученной мишени через 50–70 минут после конца облучения. Для исследования генетических связей образующихся изотопов Yb и Tu с дочерними изотопами проводилось выделение

дочерних активностей ^{/9/} и разделение изомерных состояний ядер ^{/10/} с помощью реакции типа Сцилларда-Чалмерса во фталоцианиновых комплексах. Через 2-3 минуты после хроматографического разделения активности иттербиевой и, соответственно, тулиевой фракций включались в комплекс и начиналось накопление дочерних продуктов. Продолжительность накопления составляла обычно 10 мин; выделялось 4+5 препаратов.

Применялся также более быстрый метод выделения иттербия и тулия. При этом порошок оксида вольфрама облучался протонами на выведенном пучке синхроциклотрона; облученный образец доставлялся в химическую лабораторию с помощью пневмопочты; измерения спектров выделенных изотопов иттербия и тулия начинались через 15-20 минут после конца облучения.

Гамма-спектры изучались с помощью гамма-спектрометров с Ge(Li) - детекторами:

а) Ge(Li) - детектор с толщиной чувствительного слоя 2,5 мм; разрешающая способность 4 кэВ на гамма-линии 279 кэВ ²⁰³Hg; 256-канальный анализатор;

б) Ge(Li) - детекторы с чувствительным объемом 5 см³ и 10 см³; разрешающая способность ~ 6 кэВ на линии 1333 кэВ ⁶⁰Co; 4096-канальная анализирующая система, связанная с ЭВМ "Минск-2" ^{/11/}.

2. Экспериментальные результаты

¹⁶³Yb

Гамма-спектры препаратов, последовательно, через равные промежутки времени выделенные из Yb-фракции, измерялись в течение 35 часов.

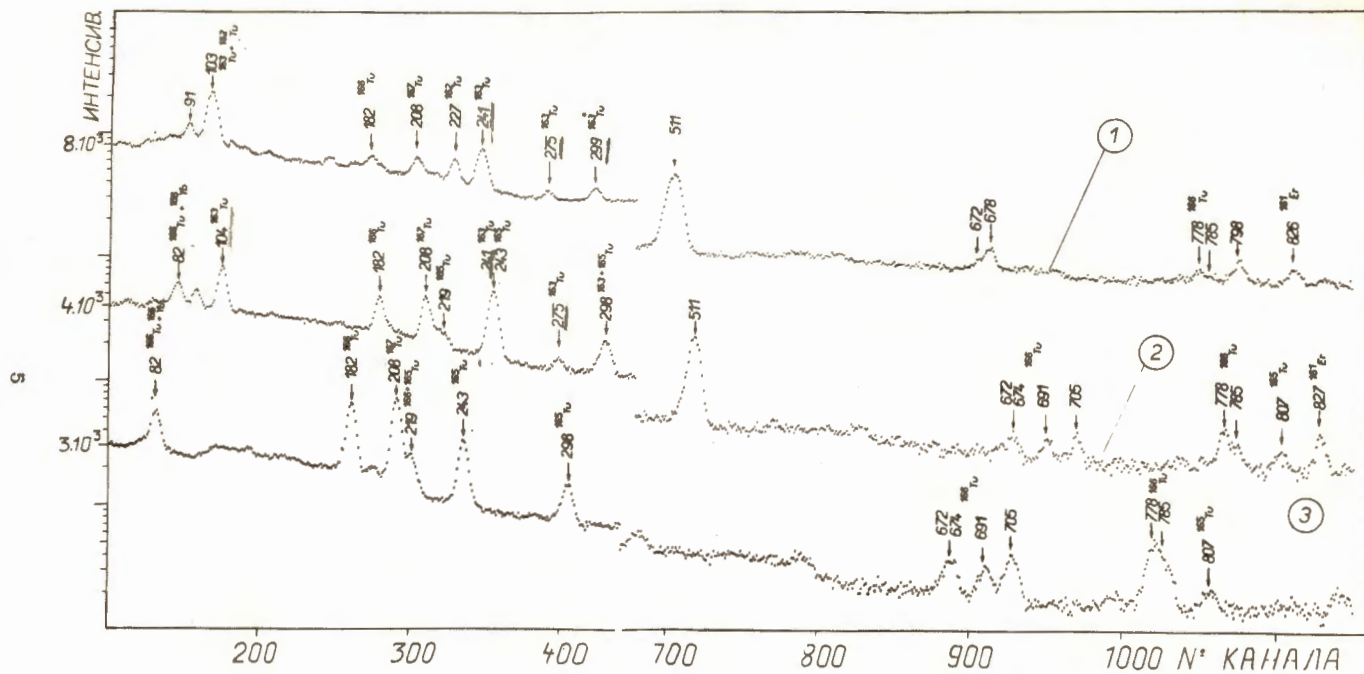


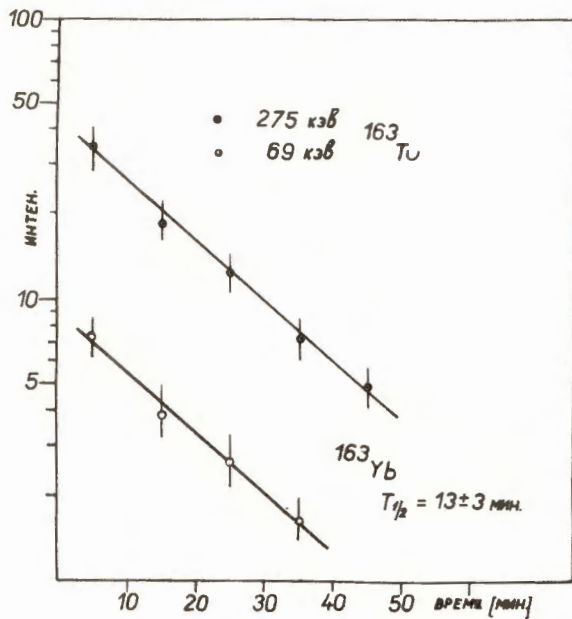
Рис. 1. Гамма-спектры одного из дочерних препаратов, выделенных из Yb-фракции и измеренные после выделения: 1) через 1 час; 2) через 6 часов; 3) через 27 часов.

На рис. 1 показаны спектры гамма-лучей одного из этих препаратов, измеренные через различные интервалы времени после выделения. В этих спектрах (рис. 1) идентифицированы гамма-переходы ^{163}Tu ($T_{1/2} = 110$ мин) с энергией 69,2; 104,4; 241,5; 275 и 299,9 кэВ. По убыванию интенсивности гамма-лучей 69 кэВ и 275 кэВ, приведенной к моменту выделения соответствующего препарата, был определен период полураспада нового изотопа ^{163}Yb ^{x/} $T_{1/2} = (13 \pm 3)$ мин (рис. 2а). В гамма-спектрах препаратов, выделенных из иттербиевой фракции, наблюдались также гамма-лучи ^{167}Tu (9,6 дн), ^{165}Tu (29,5 час) и ^{162}Tu (21,5 мин) (рис. 1). Тем же способом были определены периоды полураспада изотопов Yb , при распаде которых образуются эти изотопы тулия: ^{167}Yb (18 мин), ^{165}Yb (11 мин) (рис. 2б) и ^{162}Yb (≈ 25 мин). Они хорошо совпадают со значениями, известными из более ранних работ. В гамма-спектрах были обнаружены также гамма-лучи, принадлежащие распаду $^{166}\text{Yb} + ^{166}\text{Tu}$. Их появление связано с существованием изомерного состояния $^{166\text{m}}\text{Yb}$ (18 мин), которому посвящена наша работа ^{/12/}.

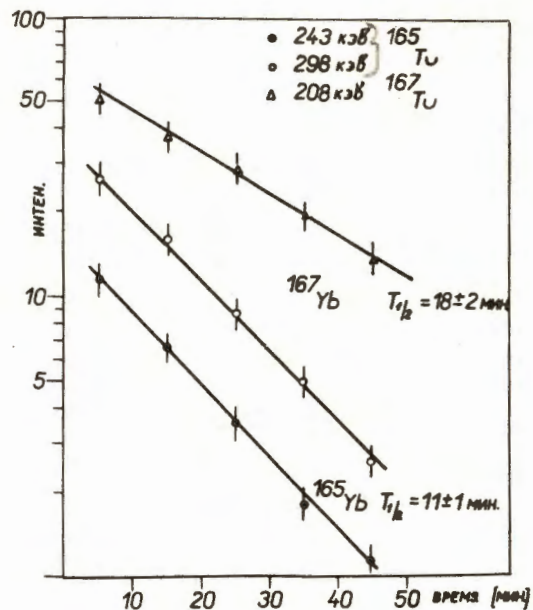
$^{165\text{m}}\text{Tu}$, $^{163\text{m}}\text{Tu}$, $^{161\text{m}}\text{Tu}$, ^{159}Tu

Гамма-спектры препаратов, последовательно, через равные промежутки времени выделенных из Tu -фракции, измерялись в течение примерно 40 часов (рис. 3). В результате анализа полученных спектров установлены следующие факты:

^{x/} В августе 1967 г. вышла работа Париса ^{/15/}, в которой сообщается также об идентификации ^{163}Yb с $T_{1/2} = 10,9 \pm 0,5$ мин, который в пределах погрешностей хорошо согласуется с полученным нами значением.



а)



б)

Рис. 2. а) Определение периода полураспада ^{163}Yb по убыванию интенсивности гамма-линий 69 и 275 кэВ ^{163}Tl (110 мин) в последовательно выделенных препаратах. б) Определение периода полураспада ^{167}Yb и ^{165}Yb по убыванию интенсивности гамма-линий ^{167}Tl (208 кэВ) и ^{165}Tl (243 и 298 кэВ), соответственно, в последовательно выделенных препаратах.

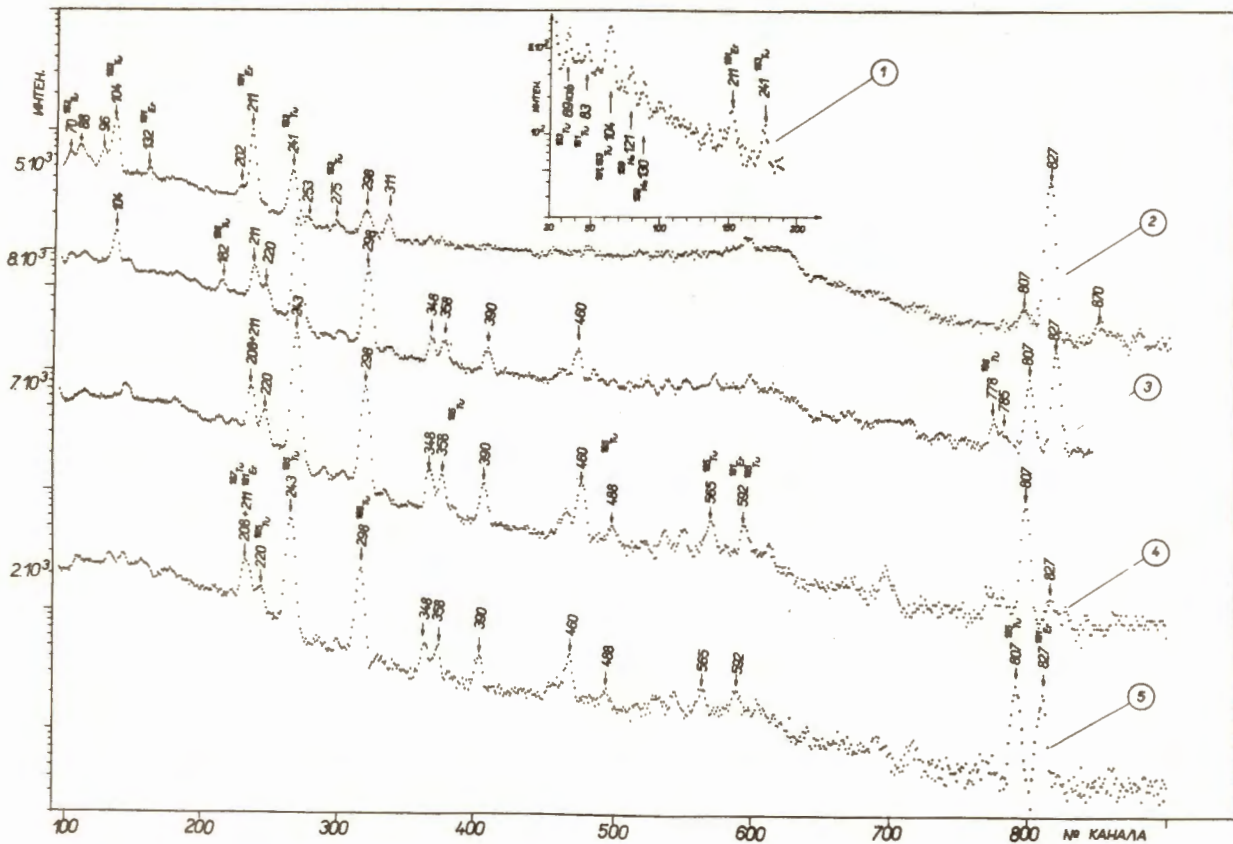


Рис. 3. А. Гамма-спектры одного из дочерних препаратов, выделенных из тулиевой фракции и измеренные после выделения: 1) через 40 мин; 2) через 4 часа; 5) через 28 часов.

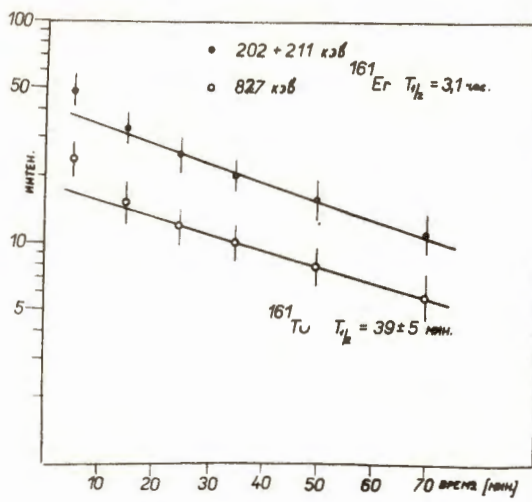
Б. Гамма-спектры материнского препарата (Тл-фракция), измеренные после хроматографического разделения: 3) через 6 часов; 4) через 25 часов.

1. Идентифицированы гамма-линии ^{161}Er с энергиями 211 кэВ и 827 кэВ. Определен период полураспада ^{161}Tm - 39 ± 5 мин (рис. 4а), который в пределах ошибок совпадает с другими измерениями.

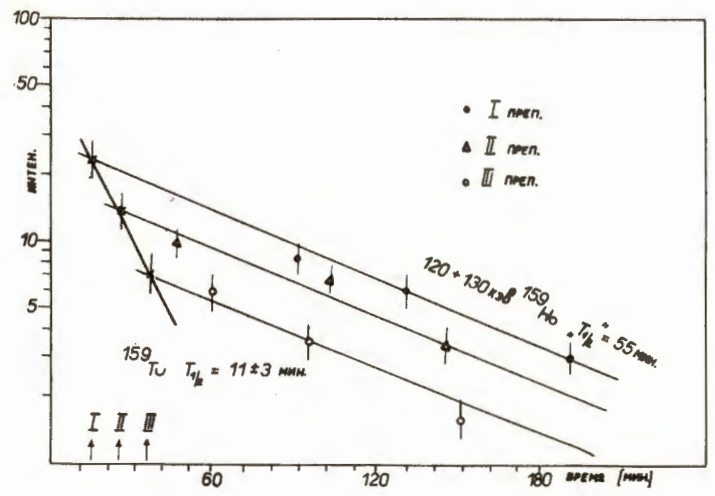
2. Обнаружены гамма-лучи ^{159}Ho с энергией 120 кэВ и 130 кэВ ^{/13/}.
Период полураспада, с которым убывает интенсивность этих гамма-лучей, оказался равным 55 мин.

Период полураспада ^{159}Ho равен 33 мин. Период полураспада ^{159}Er равен 30 мин. В работе ^{/13/} показано, что интенсивность гамма-лучей ^{159}Ho , образующегося при распаде ^{159}Er , убывает с "эффективным" периодом полураспада около 60 мин. Таким образом, можно считать, что гамма-лучи с энергией 120 и 130 кэВ возникают в цепочке распадов $^{159}\text{Er} \rightarrow ^{159}\text{Ho} \rightarrow ^{159}\text{Dy}$. Оценка периода полураспада ^{159}Tm , при распаде которого образуется ^{159}Er , дает значение (11 ± 3 мин) (Рис. *46). В предварительных опытах по измерению гамма-спектра Tm -фракции, выделенной из окиси вольфрама, облученной на внешнем пучке протонов, наблюдались восьмиминутная активность ($E_\gamma = 126$ кэВ и 511 кэВ) и нарастание интенсивности гамма-лучей, связанных с распадом $^{159}\text{Er} + ^{159}\text{Ho}$. Можно предположить, что эта активность идентична активности ($T_{1/2} = 11 \pm 3$ мин), обнаруженной при последовательных выделениях из тулиевой фракции.

3. В спектрах гамма-лучей препаратов, выделенных из тулиевой фракции, мы нашли гамма-лучи, принадлежащие распаду ^{165}Tm , ^{163}Tm и ^{161}Tm (рис. 3). Присутствие этих изотопов в препаратах, выделенных из тулиевой фракции, мы связываем с существованием изомерных состояний в этих ядрах. Периоды полураспада этих изомерных состояний равны: (12 ± 3) мин для $^{165\text{m}}\text{Tm}$, (11 ± 3) мин для $^{163\text{m}}\text{Tm}$ и (7 ± 2) мин для $^{161\text{m}}\text{Tm}$



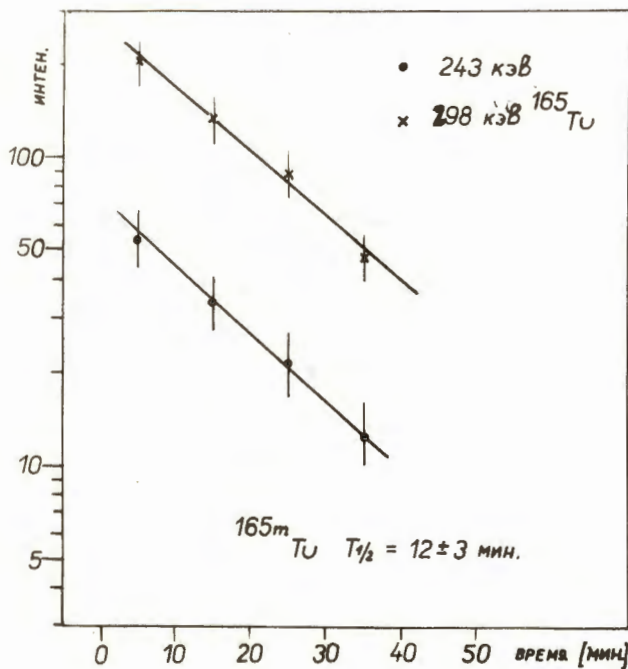
а)



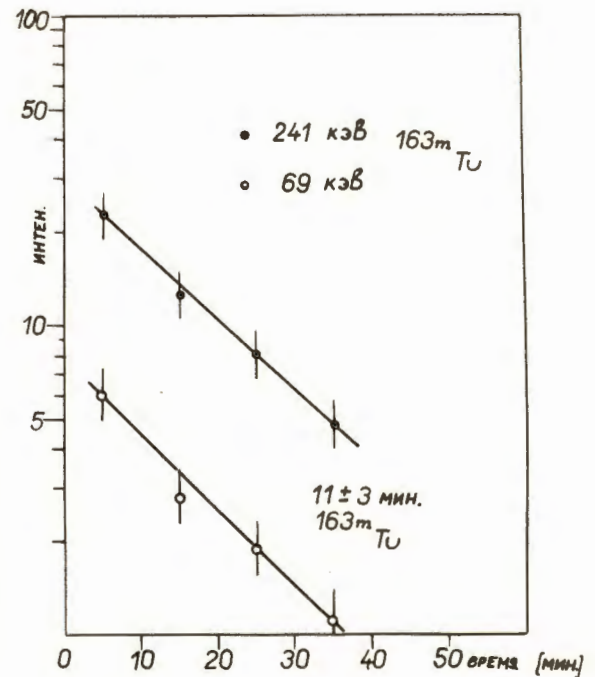
б)

Рис. 4. а) Определение периода полураспада ^{161}Tl по убыванию интенсивности гамма-линии ^{161}Er (202+211 и 827 кэВ) в последовательно выделенных препаратах.

б) Определение периода полураспада ^{159}Tl по убыванию интенсивности гамма-линии 120+130 кэВ, принадлежащей распаду ^{159}Ho в равновесии с ^{159}Er в последовательно выделенных препаратах.



а)



б)

Рис. 5. а) Определение периода полураспада ^{165m}Tl по убыванию интенсивности гамма-линий, принадлежащих распаду ^{165}Tl (243 и 298 кэВ) в последовательно выделенных препаратах.

б) Определение периода полураспада ^{163m}Tl по убыванию интенсивности гамма-линий ^{163}Tl (241 и 69 кэВ) в последовательно выделенных препаратах.

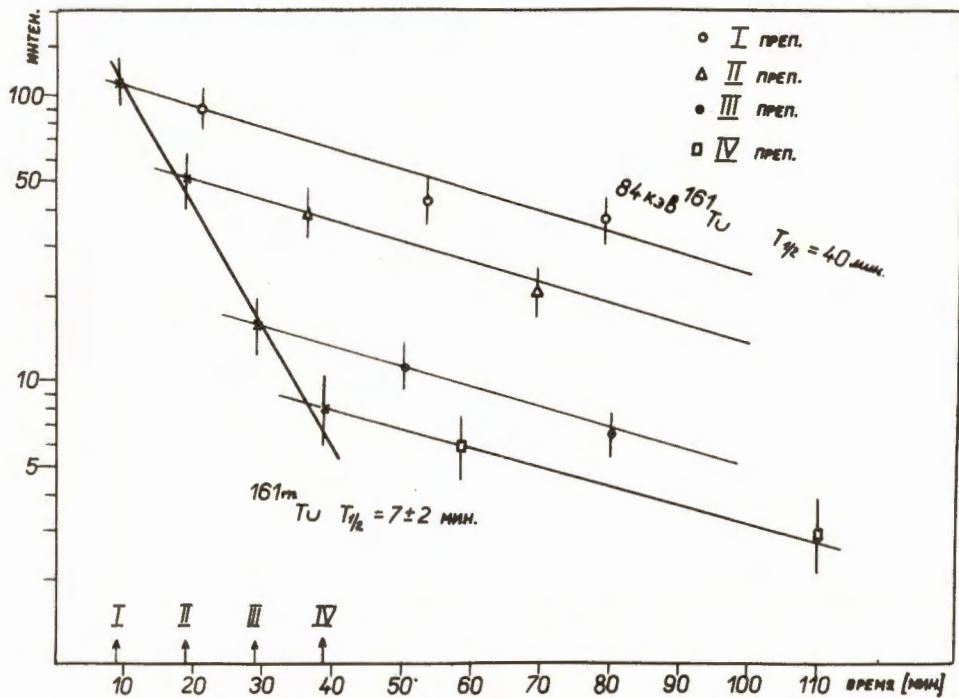


Рис. 8. Определение периода полураспада ^{161m}Tl по убыванию интенсивности гамма-линий 84 кэВ, принадлежащей распаду ^{161}Tl в последовательно выделенных препаратах.

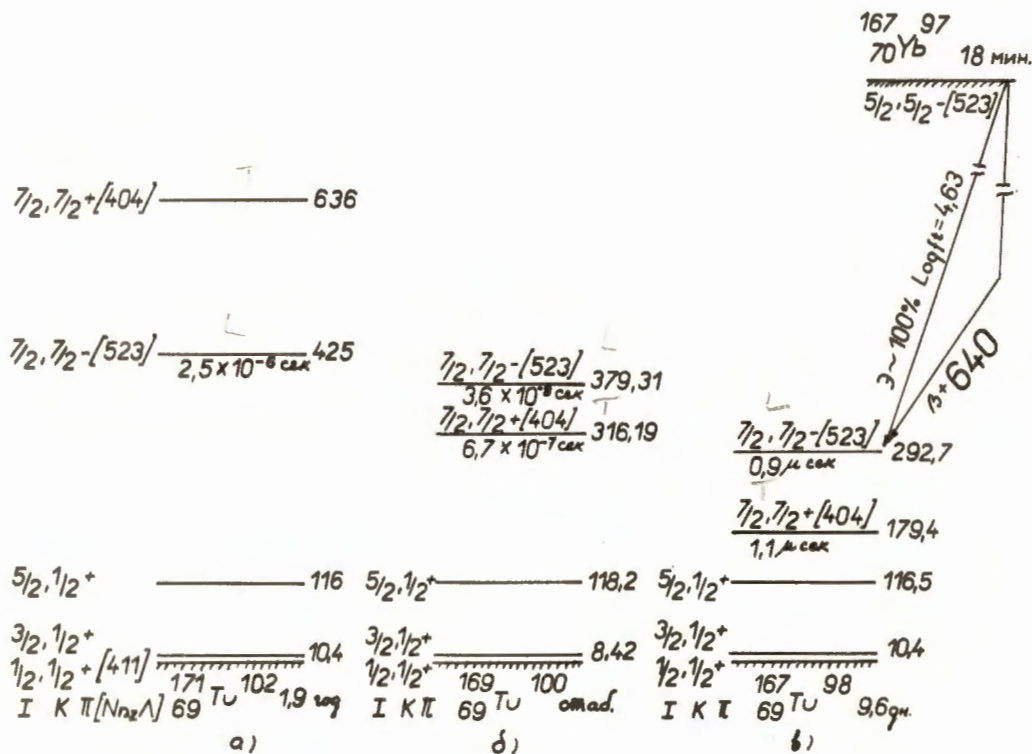
(рис. 5а, 5б и 6). Существование ^{161m}Tl предполагает наблюдение двух компонент ($T_{1/2} = 39$ мин и $T_{1/2} = 7$ мин) в кривой распада, построенной по убыванию интенсивности гамма-лучей, принадлежащих ^{161}Er в последовательно разделенных препаратах. В этом случае семиминутная компонента четко не выделяется, однако, первые точки на рис. 4а указывают также на ее существование.

Оценки, сделанные по чётным изотопам тулия ^{166}Tl (рис. 3) и ^{162}Tl , позволяют нам сделать вывод, что возможные нежелательные загрязнения не превышали пяти процентов и не могли повлиять на сделанные выводы.

3. Обсуждение результатов

В настоящей работе измерены периоды полураспада пяти новых изотопов и изомеров иттербия и тулия. Спектрометрических данных о свойствах излучения, сопровождающего распад этих ядер, пока получить не удалось. Поэтому можно сделать только некоторые общие заключения о свойствах новых изотопов и изомеров.

Известно, что основные состояния нечётных изотопов тулия имеют квантовые характеристики $1/2^+ / 411/$. Спин $1/2$ измерен для основных состояний ^{171}Tl , ^{169}Tl , ^{167}Tl и ^{165}Tl . Исследования схем распада этих ядер (а также ^{163}Tl) приводят к однозначному заключению, что мы имеем дело с нильссоновским состоянием $1/2^+ / 411/$. Результаты исследования распада ^{161}Tl также не противоречат предположению, что основное состояние ^{161}Tl типа $1/2^+ / 411/$. Среди возбужденных состояний $^{167, 169, 171}\text{Tl}$ наблюдаются дырочное состояние типа $7/2^- / 523/$ и частичное состояние типа $7/2^+ / 404/$ (рис. 7). Эти состояния являются изомерными и имеют

Рис. 7. Фрагменты схем уровней в нечётных T_u - ядрах.

периоды полураспада от 10^{-8} до 10^{-6} сек^{/2/}. Их энергия уменьшается при переходе от $A = 171$ к $A = 167$. Можно предположить, что наблюдавшиеся нами изомерные состояния в ^{165}Tm , ^{163}Tm , ^{161}Tm связаны с одним из этих нильссоновских уровней.

Несколько подробнее можно остановиться на анализе данных о схеме уровней ^{165}Tm . Изотоп ^{165}Yb ($T_{1/2} = 10,5$ мин) открыт в работе Шталь и др.^{/4/}. С помощью сцинтилляционного гамма-спектрометра авторы^{/4/} получили некоторые сведения о гамма-спектре этого изотопа ($E_{\gamma} = 80,2$; 95 ; 210 кэв и др).

В работах Париса^{/3,5/} для изучения распада $^{165}\text{Yb} \rightarrow ^{165}\text{Tm}$ была использована более совершенная техника: масс-сепаратор, $\text{Ge}(\text{Li})$ и $\text{Si}(\text{Li})$ - спектрометры и бета-спектрограф. Были получены более полные сведения об излучении ^{165}Yb . Определены мультипольности некоторых переходов. Однако следует заметить, что результаты первой работы Париса^{/5/} в значительной части противоречат результатам второй работы^{/3/}.

Недавно вышла работа Конлона^{/14/}, в которой сообщается об обнаружении изомера ^{165}Tm с периодом полураспада $80,3$ мсек, полученного в реакции $^{166}\text{Er}(p, 2n)$. При распаде этого изомера наблюдался только один гамма-переход с энергией $69,3$ кэв типа $E1$. Конлон и др. предполагают, что этот изомер связан с состоянием типа $7/2^{-}/523/$ и разряжается переходом $69,3$ кэв на уровень $5/2, 1/2^{+}/411/$. Конлон и др. не нашли, однако, удовлетворительного объяснения, почему они не наблюдали гамма-переходы с уровня $5/2, 1/2^{+}/411/$, идущие в каскаде с изомерным переходом $69,3$ кэв.

Сопоставляя данные работ Париса, Конлона и др. и настоящей работы мы считаем возможным сделать следующие заключения:

1. Обнаруженный в работе Конлона и др. изомер (80,3 мксек) лежит выше 12-минутного изомера, обнаруженного в настоящей работе. Переход 69,3 кэв, вероятно, происходит между этими двумя изомерными состояниями. В этом случае становится понятным, почему Конлон и др. не наблюдали переходов между уровнями ротационной полосы основного состояния.

2. Уровню с $T_{1/2} = 80$ мксек можно приписать квантовые характеристики $7/2^-/523/$, а уровню с $T_{1/2} = 12$ мин - $7/2^+/404/$. Сравнение с парциальными периодами полураспада изомерных переходов с уровня $7/2^+/404/$ на уровни ротационной полосы основного состояния $1/2^+/411/$ в более тяжелых изотопах тулия ^{12/} указывает на то, что 12-минутный изомерный уровень, по-видимому, лежит ниже, чем первый ротационный уровень $3/2^+$ (13 кэв).

3. ¹⁸⁵Yb, вероятно, имеет в основном состоянии характеристику $5/2^-/523/$. Это подтверждается данными работы Париса ($E_{\gamma\beta} = 1580$ кэв, $\log ft = 4,8$) ^{3,5/}. Значение $\log ft = 4,8$ можно объяснить только α β -переходом типа $5/2^-/523/ \rightarrow 7/2^-/523/$ также, как, например, при распаде ¹⁸⁷Yb. Однако этому заключению противоречат данные об интенсивностях и мультипольностях гамма-переходов, приведенные в этих работах. В связи с тем, что Парис ^{3,5/} не знал о существовании 12-минутного изомера в ¹⁸⁵Tu, мы считаем, что при определении относительных интенсивностей гамма-лучей и конверсионных электронов в этих работах могли быть допущены существенные ошибки. К сожалению, по этой причине не представляется возможным более детально проанализировать схему распада ¹⁸⁵Yb и схему уровней ¹⁸⁵Tu.

Авторы выражают благодарность К.Александреру, Г.Музиолю и И.Звольскому за интерес к работе.

Л и т е р а т у р а

1. К.Я.Громов, А.С.Данагулян, А.Стригачев, В.С.Шпинель. *Ядерная физика*, 1, 389 (1965).
2. T.Tamura. *Nucl. Phys.*, 62, 305 (1965).
3. P.Paris. *J. de Physique* 28 (Mai-Juin) 388 (1967).
4. G.G.Staehle, R.G.Wilson, M.L.Pool. *Bull.Amer.Phys. Soc.*, 6, 238 (1961).
5. P.Paris. *Compt. Rend.*, 262, 304 (24 Jan) (1966).
6. А.Абдумаликов, А.Абдуразаков, К.Громов, Ж.Желев, Н.Лебедев, Б.Джелепов, А.Кудрявцева. *Phys. Lett.*, 5, 359 (1966).
7. Б.С.Джелепов, А.К.Пекер, В.О.Сергеев. *Схемы распада радиоактивных ядер*. Москва 1963. Ленинград.
8. А.А.Абдумаликов, А.А.Абдуразаков, К.Я.Громов. *Изв. АН СССР сер.физ.* 28, (1964) 257.
9. W.Herr. *Z. Naturforschung* 5a, 629 (1950).
10. W.Herr. *Z. Naturforschung* 9a, 180 (1954).
11. Г.И.Забиякин, И.Звольский, В.И.Приходько, И.Томик, В.П.Трубников, В.И.Фоминных, В.М.Цупко-Ситняков. *Изв. АН СССР сер.физ.* 31 (1967) № 10, 1601.
12. Р.Арльт, Ж.Желев, В.Калинников, З.Малек, Г.Музиоль, Н.Ненов, Г.Пфрелпер, З.Усманова, Х.Штрусный. Доклад на XVIII ежегодном совещании по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра, Рига 1968 г.
13. P.Lagarde, J.Treherne, A.Gizon et J.Valentin. *J. de Physique* 27, 116 (1966).
14. T.W.Conlon, R.A.Naumann and A.L.Mc Carthy. *Nucl. Phys.*, A104, 213 (1967).
15. P.Paris, *Compt. Rend.*, 265, 510 (1967).

Рукопись поступила в издательский отдел
27 июня 1968 года.