

Объединенный институт ядерных исследований

∞
e-56

P 315

МАТЕРИАЛЫ

совещания по применению радиохимических методов изучения
ядерных реакций и β —, γ — спектроскопии
нейтронодефицитных ядер

Т о м III

Дубна, 1958 г.

90
C-56

МАТЕРИАЛЫ

совещания по применению радиохимических методов изучения
ядерных реакций и β —, γ — спектроскопии
нейтронодефицитных ядер

НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ О НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ
ИЗОТОПАХ РЕДКИХ ЗЕМЕЛЬ

2 . 74

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
1. Спектры конверсионных электронов Gd^{146} и Eu^{146} Н.М.Антоњева, А.А.Башилов, Б.С.Джелепов, Б.К.Преображен- ский	5
2. Совпадения конверсионных электронов при распаде Tu^{166} , Tu^{165} , и Tu^{167} . Б.С.Джелепов, Б.К.Преображенский, В.А.Сергиенко	12
3. Исследование вероятностей распада возбужденных состояний, возникающих при электронном захвате в нейтронодефицитных изотопах. Э.Е.Берлович, К.Гротовский, М.Бониц, В.И.Бреслав, В.Г.Флейшер, Б.К.Преображенский.....	16
4. О γ -спектре Tu^{166} . В.И.Барановский, А.Н.Мурин, В.Н.Пок- ровский	22 ✓
5. Конверсионные электроны Tu^{166} . К.Я.Громов, Б.С.Джелепов, А.Г.Дмитриев, В.А.Морозов, Б.К.Преображенский	26 ✓
6. О конверсионных электронах Tu^{167} . Громов К.Я., Джелепов Б.С. Дмитриев А.Г., Морозов В.А., Калямин А.В.:	32 ✓

СПЕКТРЫ КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ Gd^{146} и Eu^{146}

Н.М. Антоньева, А.А. Башилов, Б.С. Дзелепов,
Б.К. Преображенский

(Физический институт Ленинградского Государственного
Университета)

При исследовании спектра конверсионных электронов нейтронодефицитных изотопов $Gd^{(I)}$, образующихся в реакции глубокого расщепления ядер Ta быстрыми протонами (660 МэВ), мы наблюдали активность с периодом полураспада $T_{1/2} = 45$ дн. Метод выделения гадолиния и приготовления препарата, а также методика изучения спектра конверсионных электронов были такими же, как и при исследовании других изотопов гадолиния⁽¹⁾.

На рис.1 представлен участок спектра конверсионных электронов, содержащий линии, отвечающие γ -лучам 45-ти дневной активности гадолиния с энергиями II4,8; II5,5 и I55 КэВ. На рис.2 представлена кривая распада, построенная по изменению высот пиков K-II4,8 и L-I55.

Идентификация активности с $T = 45$ дн. была произведена в работе А.Н.Мурина с сотрудниками⁽²⁾. В указанной работе приводится ряд аргументов в пользу того, что данная активность принадлежит Gd^{146} .

Наши исследования переходов с энергиями II4,8 и II5,5 КэВ при помощи магнитного спектрометра (кэтрона) были затруднены близостью энергий переходов и тем, что конверсионные линии L II4+II5 не отделялись от конверсионной линии K-I55 КэВ. Поэтому было произведено дополнительное исследование спектра конверсионных электронов Gd^{146} при помощи магнитного спектрографа с высокой разрешающей способностью, выполненное в нашей лаборатории В.М.Лобашевым и одним из авторов настоящей работы (А.Б.)

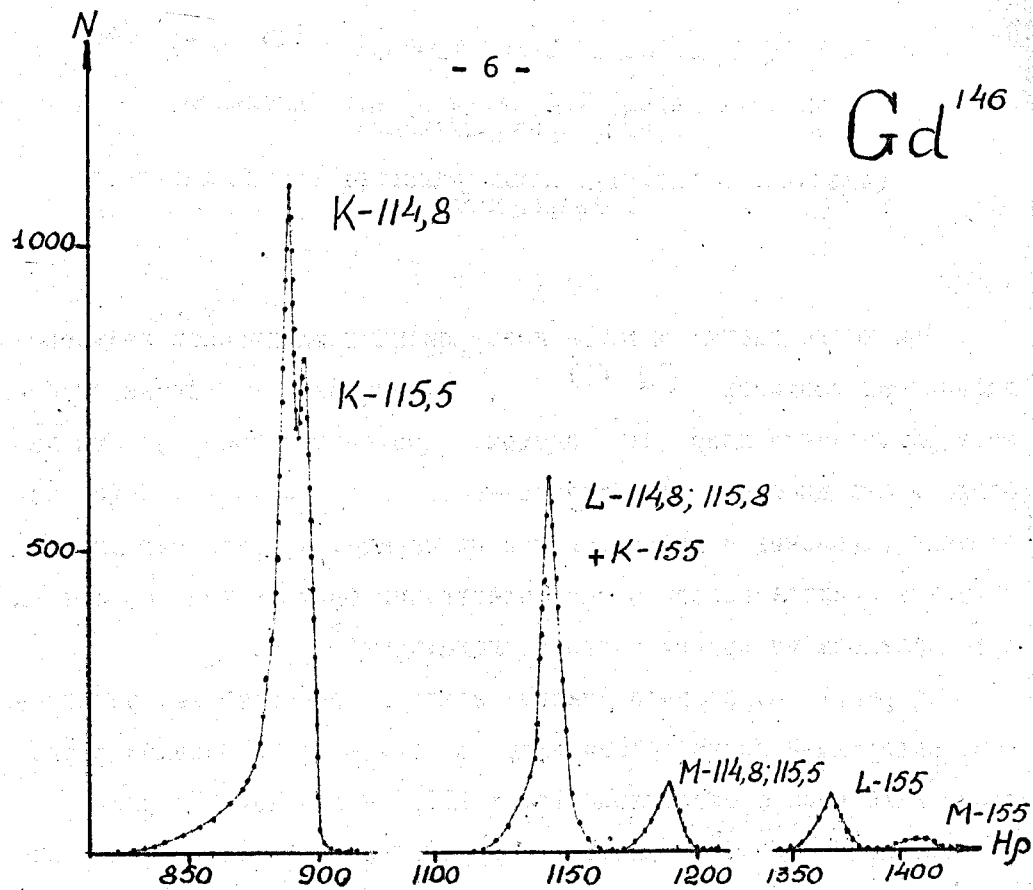


Рис.1. Спектр конверсионных электронов Gd^{146} .

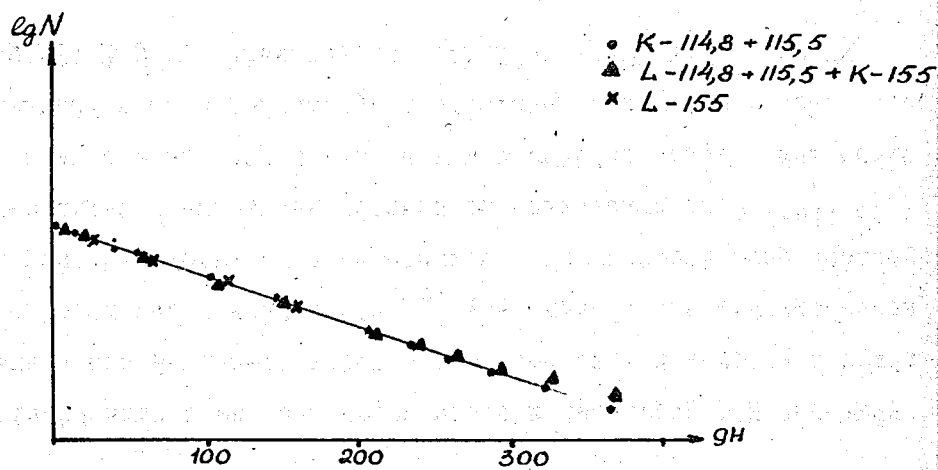


Рис.2. Кривая распада для Gd^{146} .

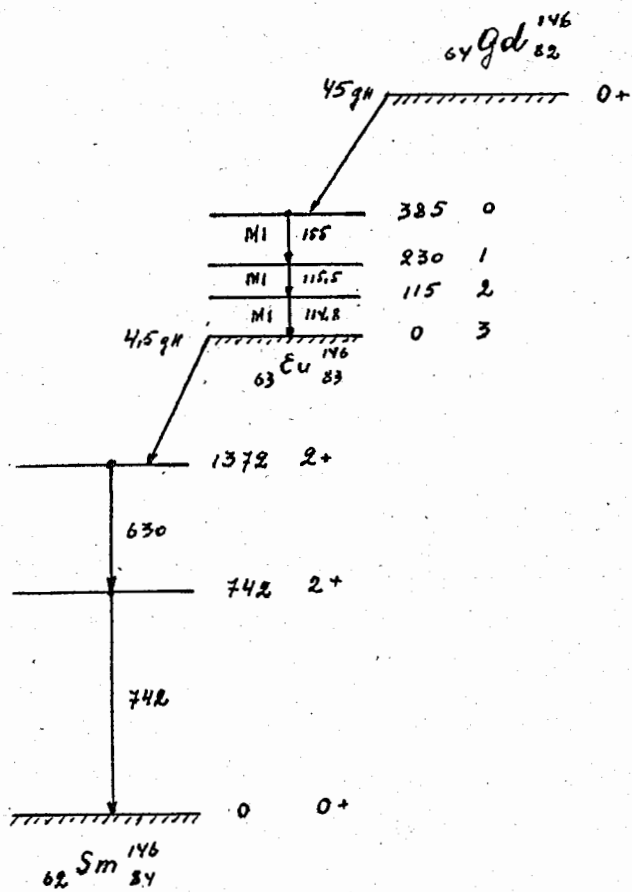


Рис. 3. Схема распада $Gd I_{46} \rightarrow E_{и} I_{46} \rightarrow S_m I_{46}$.

При этом было установлено, что линии К-II4,8 Кэв и К-II5,5 Кэв имеют приблизительно одинаковую интенсивность, и что для обоих переходов отношение $K:L$ велико (~ 7). Кроме того, наблюдались только L_1 - линии, а линии L_2 и L_3 на фотопластинке не проявились. Наиболее естественная интерпретация указанных фактов заключается в предположении, что переходы $E_\gamma = 114,8$ и $115,5$ Кэв являются переходами типа MI и их полные интенсивности приблизительно равны.

В работе Городинского и др.⁽³⁾ было доказано, что данные переходы находятся в каскаде.

Изучение перехода с энергией 155 Кэв было затруднено, во-первых, тем, что конверсионная линия К-155 Кэв не отделялась при спектрометрических измерениях от линий L -II4,8 и L -II5,5 Кэв и, во-вторых, тем, что в нашем спектре присутствовали дополнительные конверсионные электроны от перехода с такой же энергией (155 Кэв), но принадлежащего Gd^{151} .

Отношение $K:L$ для перехода $E_\gamma = 155$ Кэв, определенное при помощи β -спектрографа с фотопластинкой сразу же после изготовления препарата, когда линия К-155 Кэв Gd^{146} была значительно больше линии К-155 Кэв Gd^{151} , оказалось равным ~ 7 . Последнее указывает на то, что переход $E_\gamma = 155$ Кэв Gd^{146} принадлежит скорее всего к типу MI. При помощи метода совпадений⁽⁴⁾ было установлено, что переход $E_\gamma = 155$ Кэв находится в каскаде по крайней мере с одним из переходов с энергией ~ 115 Кэв. Так как переходы $E_\gamma = 114,8$ и $115,5$ Кэв имеют равную интенсивность, то из указанного факта непосредственно следует, что все три перехода идут в каскаде. Более того, интенсивность перехода

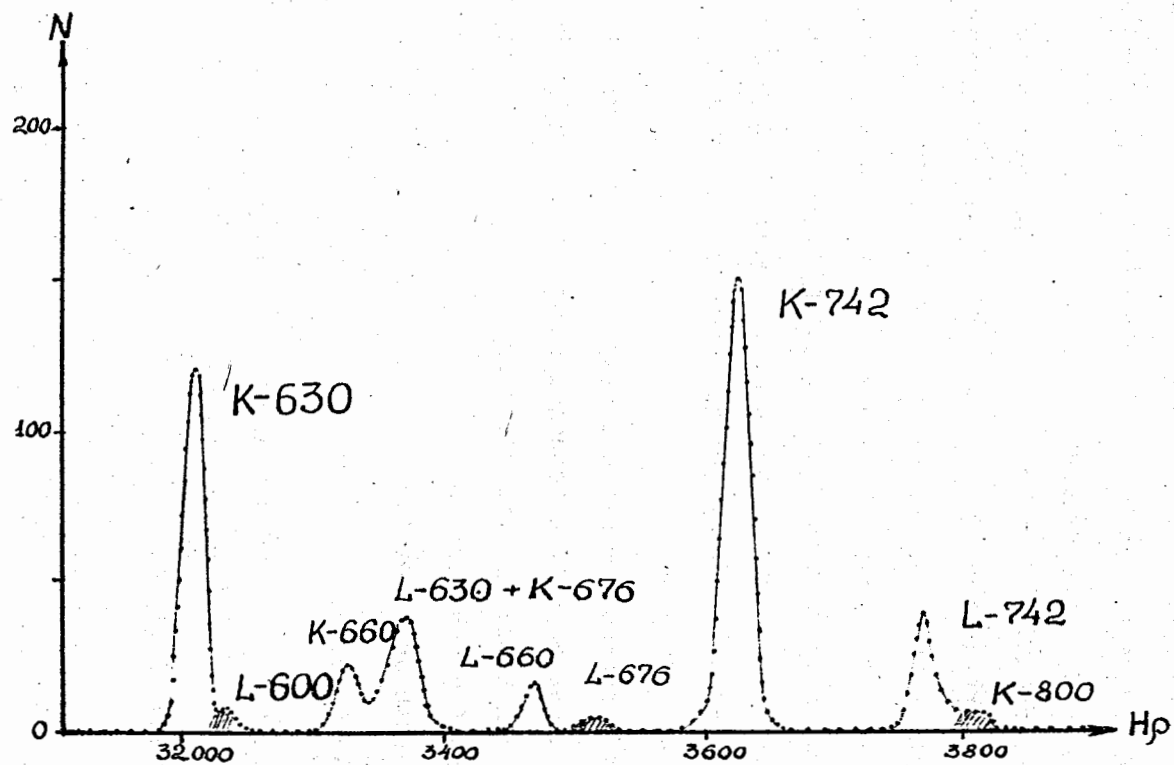
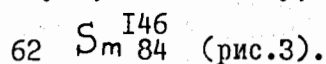


Рис. 4. Спектр конверсионных электронов E_{α} I_{46} .

$E_{\gamma} = 155$ Кэв, как можно оценить, используя теоретическое значение коэффициента внутренней конверсии β , также весьма близка к интенсивности переходов $E_{\gamma} = 114,8$ и $115,5$ Кэв. Предполагаемая схема распада изображена на рис.3.

Дочернее ядро $Gd^{I46} \rightarrow Eu^{I46}$ является радиоактивным и распадается в четно-четное ядро ${}_{62}^{I46}Sm_{84}$ с периодом полураспада $T = 4,5$ дн. В процессе распада в ${}_{62}^{I46}Sm_{84}$ возбуждается два ядерных перехода с энергиями 630 Кэв и 742 Кэв. В спектре конверсионных электронов гадолиниевой фракции соответствующие этим переходам пики (рис.4) сначала возрастают во времени с периодом около 5 дн. Спустя некоторое время их интенсивность начинает убывать с периодом ~ 50 дней.

В спектре европиевой фракции конверсионные линии указанных переходов все время убывают с периодом полураспада 4,5 дн. Перечисленные факты доказывают, что переходы $E_{\gamma} = 630$ и 742 Кэв принадлежат дочерней активности Gd^{I46} . Указанные переходы соответствуют, по-видимому, колебательной системе уровней ядра



Авторы благодарны директору Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ т.Джелепову В.П. и сотрудникам отдела синхроциклотрона за облучение образцов тантала.

Л и т е р а т у р а

1. Антоньева Н.М., Башилов А.А., Желепов Б.С. и Преображенский Б.К. "Конверсионный спектр Gd^{151} и Gd^{153} ", Изв.АН СССР, серия физическая, 22, № 2 (1958).
2. Городинский Г.М., Мурин А.Н., Покровский В.Н. и Преображенский Б.К., Тезисы VIII Ежегодного Совещания по ядерной спектроскопии, Ленинград, январь 1958 г. издат. АН СССР, М-Л, стр.22.
3. Городинский Г.М., Мурин А.Н., Покровский В.Н. и Преображенский Б.К., Изв. АН СССР, серия физическая, 21, 1624 (1957).
4. Желепов Б.С., Преображенский Б.К., Сергиенко В.А. Настоящий сборник стр. 12.

СОВПАДЕНИЯ КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ПРИ РАСПАДЕ

Tu^{166} , Tu^{165} и Tu^{167} .

Б.С.Джелепов, Б.К. Преображенский,
В.А. Сергиенко

(Физический институт Ленинградского Государственного
Университета)

Нами изучались (I) совпадения между конверсионными электронами, образующимися при распаде Tu^{165} , Tu^{166} и Tu^{167} .

Обнаружены связи между конверсионными γ -переходами в Ez^{165} с $h\nu$, равными 54,5 и 243,3 Кэв, 77,3 и 219,3 Кэв.

Схема распада $Tu^{165} \rightarrow Ez^{165}$, построенная с учетом данных работ (2,3) о распаде Tu^{165} представлена на рис. I. При распаде Tu^{166} выделен каскад, состоящий из гамма-линий с энергиями 80,7 и 184,7 Кэв. Между переходами с 208,3 и 57,1 Кэв в Ez^{167} совпадений не было найдено; обнаружены совпадения между Оже-электронами К-серии и электронами L -57,1.

Так как интенсивность перехода 208,3 Кэв больше интенсивности перехода 57,1 Кэв, то переход с $h\nu = 57,1$ Кэв мы располагаем в схеме распада Tu^{167} выше перехода 208,3 Кэв.

Схемы распада Gd^{146} , Gd^{147} , Gd^{149} и Gd^{151}

Нейтрондефицитные изотопы Gd распадаются путем захвата атомных электронов или, возможно, β^+ -распада в изотопы Eu . В Eu^{146} нами обнаружены совпадения между конверсионными переходами II4,5 и II5 Кэв, а также выделены совпадения между электронами К - (II4,5 + II5) и L - I50. Полученные данные позволяют все три гамма-перехода в схеме распада $Gd^{146} \rightarrow Eu^{146}$ расположить последовательно. Схема энергетических уровней Eu^{146} следующая:

0 ; II4,5 ; 229,5 и 379,5 Кэв.

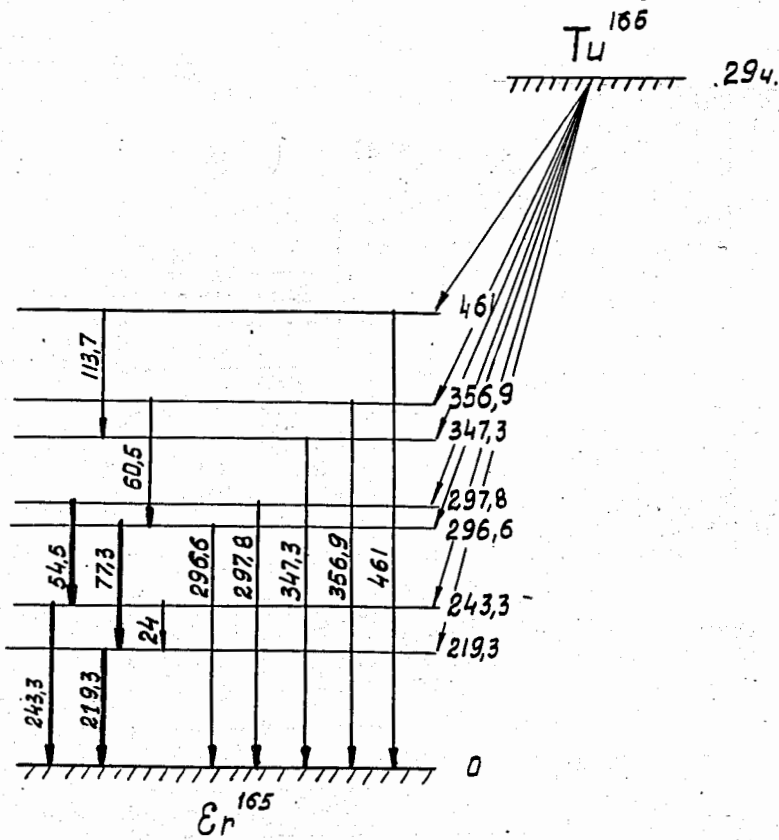


Рис.1: Схема распада $T_u^{165} \rightarrow E_r^{165}$

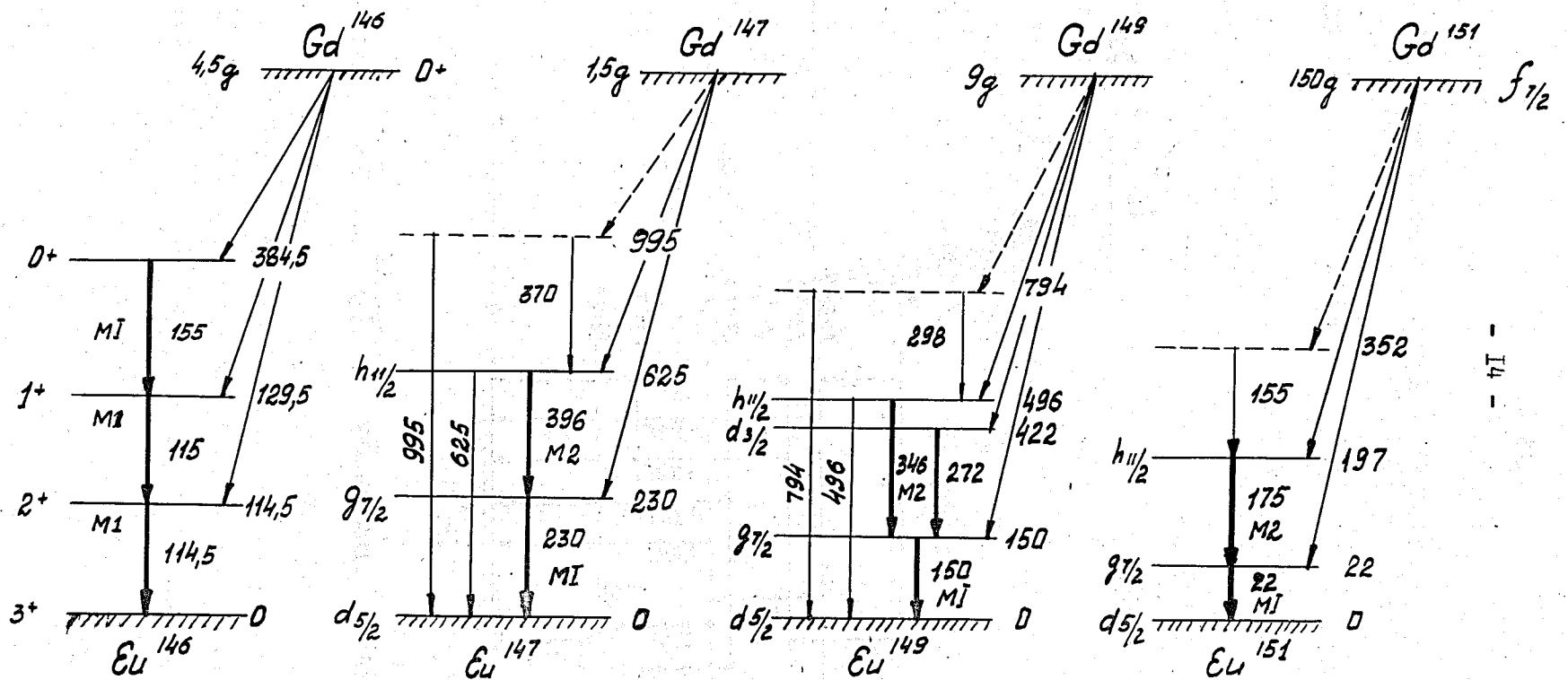


Рис.2 Схемы распада G_d^{146} ; G_d^{147} ; G_d^{149} и G_d^{151}

При распаде $Gd^{147} \rightarrow Eu^{147}$ нами изучались совпадения между конверсионными переходами с $h\nu = 229,5$; 370 и 396 Кэв. Найдены совпадения между конверсионными электронами от переходов 229,5 и 396 Кэв. Энергии возбужденных состояний Eu^{147} равны: 0; 229,5; 625,5 и 995,5 Кэв.

В случае $Gd^{149} \rightarrow Eu^{149}$ изучение совпадений производилось между гамма-переходами с энергией: 150,272,298 и 346 Кэв. Наблюдались совпадения между электронами от перехода 150 Кэв и электронами от переходов 272 и 346 Кэв. Совпадения между электронами переходов 150 и 298 Кэв не были найдены. Энергетические уровни в схеме распада $Gd^{149} \rightarrow Eu^{149}$ имеют энергии: 0; 150; 422; 496 и, по-видимому, 794 Кэв.

Изучение e-e совпадений при распаде $Gd^{151} \rightarrow Eu^{151}$ производилось при весьма малой общей активности источника. Нами выделен каскад, состоящий из двух гамма-переходов с энергиями 21,7 и 175 Кэв. Максимальное число истинных совпадений было 9 имп-час⁻¹. Совпадения между электронами от переходов 175 и 155 Кэв не были замечены. Уровни Eu^{151} , по-видимому, имеют следующие энергии: 0; 22; 195 и 350 Кэв.

Схемы распада нейтронодефицитных изотопов Gd^{146} , Gd^{147} и Gd^{151} представлены на рис.2.

Л и т е р а т у р а

1. В.А.Сергиенко. Изв.АН СССР, серия физ.№ 2, 1958 г.
2. К.Я.Громов, Б.С.Джелепов, Б.К.Преображенский. Изв. АН СССР, серия физич.,21,918,1957 г.
3. J.W.Mihelich, B.Harmatz and T.H.Handles, Phys.Rev. 108, 989(1957)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ РАСПАДА ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ,
ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ЭЛЕКТРОННОМ ЗАХВАТЕ В НЕЙТРОНОДЕФИЦИТНЫХ
ИЗОТОПАХ

Э.Е.Берлович, К.Гротовский, М.Бониц, В.И.Бреслав, В.Г.Флейшер
и Б.К.Преображенский

(Физико-технический институт Академии наук СССР)

Описанная в работах одного из авторов^{/1/} методика задержанных совпадений была применена к исследованию времен жизни нижних уровней ядер возбуждаемых при электронном захвате. Методика позволила регистрировать совпадения электронов внутренней конверсии или γ - лучей с сопровождающими процесс электронного захвата рентгеновскими лучами.

Исследовались изотопы Tu^{167} , Tu^{168} , Eu^{147} , Gd^{146} , Yb^{169} , образующиеся в реакции глубокого отщепления при облучении танталовой мишени протонами с энергией 660 Мэв и изотоп Zr^{190} , полученный при облучении висмутовой мишени.

Получены следующие периоды полураспада возбужденных состояний дочерних ядер:

для уровня 264 кэв ядра Ez^{167}
 $T = (2,0 \pm 0,5) \cdot 10^{-9}$ сек^{/2/}

для уровня 80 кэв ядра Ez^{168}
 $T = (1,4 \pm 0,4) \cdot 10^{-9}$ сек,

для уровня 121 кэв ядра Sm^{147}
 $T \leq 2 \cdot 10^{-10}$ сек^{/2/}

для уровня 186 кэв ядра Os^{190}
 $T = (5 \pm 2) \cdot 10^{-10}$ сек^{/2/}

для каждого из уровней (115 кэв и 230 кэв) ядра Eu^{146}
 $T \approx 2,3 \cdot 10^{-10}$ сек^{/2/}.

Период полураспада уровня 316 кэв ядра Tu^{169} был определен с помощью задержек, составленных из LC - ячеек. Он оказался равным $T=4,4 \cdot 10^{-7}$ сек, что близко к значениям, полученным в работах Фуллера^{/3/}, а также Саньяра и Михелича^{/4/}.

В смешанном переходе в ядре Ez^{167} с энергией 57 кэв (с уровня 264 кэв на уровень 207 кэв) парциальный переход типа $E2$ оказался ускоренным в 300 раз по сравнению с предсказаниями модели одной частицы, что характерно для области сильно деформированных ядер. Переход типа $E2$ с уровня 80 кэв ядра Ez^{168} ускорен в 200 раз.

Фактор ускорения для перехода $E2$ с уровня 186 кэв в ядре Os^{190} составляет всего 50 , что связано с заполнением нейтронной оболочки $82-126$ и приближением к сферической форме ядра.

Парциальный переход типа $M1$ в ядре Ez^{167} замедлен в 160 раз по сравнению с значением, даваемым формулой Вайскопфа; подобное замедление, как известно, наблюдается практически для всех переходов этого типа.

Если принять даваемое в работе К.Я.Громова, Б.С.Джелепова и Б.К.Преображенского^{/5/} соотношение: 25% $E2$ - переходов и 75% $M1$ - переходов (в рассматриваемом случае ядра Ez^{167}), то предположение о том, что метастабильный уровень 207 кэв представляет собой первый уровень вращательной полосы с проекцией момента количества движения на ось симметрии ядра равной $1/2$, приводит к слишком большому значению внутреннего квадрупольного момента ($Q_0 \sim 17$ барн вместо 8 в этой области ядер).

u-37021

Внутренний квадрупольный момент ядра E_z^{168} , вычисленный из вероятности E2-перехода (80 кэв) равен $Q_0 = 7,6 \pm 0,6$ барна.

Внутренний квадрупольный момент ядра O_s^{190} равен $Q_0 = 4,2 \pm 0,9$ барна. Сопоставление этого числа с квадрупольными моментами других четных изотопов осмия, полученными как в работах одного из авторов^{/6/}, так и в других работах^{/7/}, показывает быстрое убывание квадрупольного момента при увеличении числа нейтронов и скачок при переходе от $N = 114$ до $N = 116$ (O_s^{192}). Ядро O_s^{192} с колебательной структурой уровней является круглым ($Q_0 = 0$).

Значение верхнего предела времени жизни для уровня ядра S_m^{147} противоречит предположению о смеси типа E2 + M1 и скорее говорит о почти чистом переходе типа E1, чем согласуется с данными А.А.Башилова^{/8/} об отношении α_k/α_L которое близко к теоретическому для перехода типа E1.

Согласно данным А.А.Башилова два находящиеся в каскаде перехода с энергиями по 115 кэв в ядре E_u^{146} имеют близкие интенсивности и являются переходами типа M1. Однако, вычисленные факторы задержки оказываются необычно малыми для переходов этого типа, что свидетельствует в пользу наличия примеси типа E2 в каждом из этих переходов.

Известные интенсивности трех переходов, идущих с уровня 316 кэв ядра Tu^{169} ^{/9/}, позволили определить их парциальные периоды полураспада. При этом оказалось, что все три перехода резко заторможены. Для обоих переходов типа M1 с энергиями 178 кэв и 193 кэв фактор замедления составляет $5 \cdot 10^5$,

СВОДНАЯ ТАБЛИЦА

Ядро	E_{γ} кэВ	Тип излучения	τ экспер. сек.	Млн.коэф. конверс.	τ экспер. в сек.	τ теоретич. по Вайскопфу	F	$\frac{\Delta R}{R}$	Q_0 барн
$E_{\alpha} I^{146}$	$\frac{II5}{II4,5}$	$\frac{MI}{MI} + E2$	$3,3 \cdot 10^{-10}$ $3,3 \cdot 10^{-10}$						
$S_{\alpha} I^{147}$	I2I	EI	$2 \cdot 10^{-10}$		$\leq 5 \cdot 10^{-10}$				
$E_{\gamma} I^{167}$	56,7	MI(75%)+E2(25%)	$2,9 \cdot 10^{-9}$	6	MI $2,7 \cdot 10^{-8}$ E2 $8,1 \cdot 10^{-8}$	$1,8 \cdot 10^{-10}$ $2,6 \cdot 10^{-5}$	$6,5 \cdot 10^{-3}$ 320		
$E_{\gamma} I^{168}$	79,8	E2	$2,0(6 \pm 0,4) 10^{-9}$	7,6	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$	200	$0,32 \pm 0,03$	$7,6 \pm 0,6$
$T_{\alpha} I^{169}$	I78(33,1%)	MI(95%)+E2(5%)		0,76	MI $3,2 \cdot 10^{-6}$	$5,9 \cdot 10^{-12}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$		I
	I98(51,5%)	MI(95%)+E2(5%)	$0,64 \cdot 10^{-6}$	0,60	MI $2,0 \cdot 10^{-6}$	$4,1 \cdot 10^{-12}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$		II
	308(15,4%)	E2		0,08	E2 $5,6 \cdot 10^{-6}$	$5,3 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$		I
O_s^{190}	I86	E2	$7,2 \cdot 10^{-10}$	0,71	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$5,6 \cdot 10^{-8}$	47	0,14	4,2

для перехода типа E2 с энергией 308 кэв он равен 10^3 . Резкое замедление связано, главным образом, с сильным запретом по проекции момента количества движения на ось симметрии деформированного ядра $T_{\alpha}^{I69} (\Delta K = 3)$.

Полная сводка результатов, полученных для всех исследованных ядер, приведена в таблице. Во втором столбце таблицы указаны энергии переходов, а в скобках (в случае тулия I69) - их относительные интенсивности; в третьем - тип излучения, причем в случае смеси в скобках показана доля переходов каждого типа; в четвертом - экспериментальное значение среднего времени жизни; в пятом - коэффициент конверсии; в шестом - экспериментальное радиационное время жизни (в случае смеси - парциальное время); в седьмом - время жизни, вычисленное по формуле Вайскопфа для модели одной частицы; в восьмом - фактор ускорения; в девятом - параметр деформации ядра; в десятом - внутренний квадрупольный момент.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Э.Е.Берлович, Изв. АН СССР, серия физич. 19, 343 (1955);
Изв. АН СССР серия физич. 20, 1438 (1956);
Приборы и техника эксперимента, 1 (1958).
2. Э.Е.Берлович, К.М.Гротовский, М.П.Бониц, В.И.Бреслав и
Б.К.Преображенский - Изв. АН СССР серия физич. 21, 1643
(1957).
3. E.W.Fuller, Proc.Phys.Soc., Lond. 63A, 1044(1950)
4. A.W.Sunyar, J.W.Mihelich, Phys.Rev. 81, 300(1951)
5. К.Я.Громов, Б.С.Джелепов, Б.К.Преображенский - Изв. АН
СССР, сер. физ., 21, 918 (1957).
6. Э.Е.Берлович, ЖЭТФ, 33, 1522 (1957).
7. A.W.Sunyar, Phys.Rev. 98, 653(1955°)
8. Н.М.Антоньева, А.А.Башилов, Б.С.Джелепов, Б.К.Преображен-
ский. Доклад на УП Всесоюзном совещании по ядерной спектро-
скопии. Январь - Изд. АН СССР (1957).
9. E.N.Hatch, F.Bohem, P.Marmier, J.W.M.DuMond, Phys. Rev. 104,
745(1956)

0 γ - СПЕКТРЕ Tu^{166}

В.И.Барановский, А.Н.Мурин, В.Н.Покровский
(Радиевый институт Академии наук СССР)

Члены генетической цепочки $U^{166} \xrightarrow[60 \text{ час}]{\kappa} Tu^{166} \xrightarrow[7,7 \text{ час}]{\kappa}$

E_z^{166} изучались нами среди других редкоземельных продуктов реакции глубокого расщепления Tu протонами энергии 660 мэв. Изучение производилось при помощи сцинтилляционной методики, описанной в (1). Измерялись γ - спектры как равновесной смеси $U^{166} + Tu^{166}$, так и чистого Tu^{166} , хроматографически выделенного из равновесной смеси. Производились также наблюдения за накоплением Tu^{166} в препарате U , хроматографически очищенном от дочерних элементов. В первом ($U^{166} + Tu^{166}$) и последнем (U без Tu) случаях в препаратах (т.е. во фракции U) присутствовал еще изотоп U^{169} . Относительная активность U^{169} , как правило, была очень мала во время производства измерений и в случае необходимости могла быть учтена, т.к. γ - спектр U^{169} хорошо известен.

γ - спектры $U^{166} + Tu^{166}$ и чистого Tu^{166} оказались весьма сходными между собой и состоящими из линий с энергией 81, 153 (слабая), 183, 215; плохо различимых линий в области 400-600 кэв, 690, 780, 1180, 1280, 1380, 2050 кэв; а также линий с энергией ~ 1 мэв и $\sim 1,6$ мэв. Из полного сходства γ - спектров указанных препаратов в области $E_\gamma > 100$ кэв, а также из наблюдений за ростом интенсивности γ - линий в

в этой области в препарате $Ув$, очищенном от Tu , можно заключить в согласии с (2), что $Ув^{I66}$ не имеет сколько-нибудь заметных γ -линий с энергией $E_\gamma > 100$ кэв. Это согласуется также с тем, что разность масс $Ув^{I66}$ и Tu^{I66} составляет (436 ± 300) кэв (3).

Иное положение с γ -линией 81 кэв. Сравнительная интенсивность этой линии в γ -спектре $Ув^{I66} + Tu^{I66}$ больше, чем в спектре Tu^{I66} , и отсюда естественно было предположить, что $Ув^{I66}$ имеет γ -линию 81 кэв.

Для проверки этого предположения было тщательно прослежено изменение интенсивности линий 81, 183 и 215 кэв в препарате

$Ув$, очищенном от Tu . Разложение кривых изменения интенсивности этих линий подтверждает, что линии 183 и 215 кэв целиком обусловлены накоплением дочернего Tu^{I66} , тогда как линия 81 кэв присуща и $Ув^{I66}$. Отсутствие измеримого сдвига энергии линии в разных препаратах (в том числе и при накоплении Tu) говорит о близости (в пределах 2 кэв) энергий перехода 81 кэв в ядрах Ez^{I66} и Tu^{I66} . Изменение относительной интенсивности γ -линии 81 кэв в препаратах $Ув^{I66} + Tu^{I66}$ и Tu^{I66} (по отношению к линии 183 кэв) позволяет указать, что интенсивность этой

γ -линии в $Ув^{I66}$ составляет $0,77 \pm 0,1$ от ее интенсивности в Tu^{I66} .

Возвращаясь к γ -спектру Tu^{I66} , заметим, что полученные значения E_γ находятся в превосходном согласии с данными (4) измерений спектра конверсионных электронов Tu^{I66} (учитывая ограниченное разрешение сцинтилляционного спектрометра). По нашим данным энергия наиболее жесткой линии составляет 2050 Кэв, тогда как в (4) приводятся энергии 2060 и 2087 Кэв. Однако учитывая,

что линия 2060 кэв в несколько раз интенсивнее линии 2087 (судя по приводимым в ⁽⁴⁾ интенсивностям К- линий, коэффициенты конверсии в этой области энергий не должны сильно отличаться друг от друга) и что ошибка в определении энергии в столь жесткой области спектра может достигать 15-20 кэв, получаем и здесь хорошее согласие. γ -линии с энергией $\sim 1,0$ мэв и $\sim 1,6$ мэв имеют, очевидно, вторичное происхождение и обусловлены эффектом образования пар γ -квантами энергии 2050 кэв.

Воспользовавшись данными о форме линий и эффективности кристалла к γ -квантам различной энергии, мы провели разложение спектра Tu^{166} на отдельные компоненты и вычислили относительные интенсивности наиболее заметных

γ -переходов. При этом близкие по энергиям группы γ -линий (например, группа 690 кэв, состоящая из линий 674, 693 и 707 ⁽⁴⁾) на составные части не разлагались. Предварительные результаты оценки относительных интенсивностей γ -переходов между уровнями ядра E_{γ}^{166} таковы:

$$\begin{array}{cccccccc} \gamma_{81} & : & \gamma_{153} & : & \gamma_{183} & : & \gamma_{215} & : & \gamma_{690} & : & \gamma_{780} & : & \gamma_{1180} & : \\ \gamma_{1280} & : & \gamma_{1380} & : & \gamma_{2050} & : & = & 1,0 & : & 0,09 & : & 1,3 & : & 0,65 & ; \\ 4,0 & : & 5,0 & : & 1,2 & : & 2,4 & : & 1,3 & : & 4,0 & & & \end{array}$$

Отметим, что при разложении спектра проявляется γ -линия с энергией 190 кэв, соответствующая переходу 193,6 кэв, отмеченному в ⁽⁴⁾. Ошибки разложения здесь велики и мы пока что затрудняемся оценить относительную интенсивность этой γ -линии.

Авторы весьма благодарны Б.К. Преображенскому за выполнение химической части эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Г.М.Городинский, А.Н.Мурин, В.Н. Покровский, Б.Х. Преображенский, Изв. АН СССР, сер. физ., 21, 1004 (1957).
2. Г.М.Городинский , Диссертация, 1957 г.
3. J.Riddel, A Table of Levy's Empirical Atomic Masses, Chalk River, Ontario, 1956.
4. К.Я. Громов, Б.С.Джелепов, А.Г. Дмитриев, О.М. Лилова, В.А.Морозов, / в печати /

КОНВЕРСИОННЫЕ ЭЛЕКТРОНЫ Tu^{166}

К.А.Громов, Б.С.Джелепов, А.Г.Дмитриев, В.А.Морозов,
Б.К.Преображенский

(Радиевый институт Академии наук СССР)

Изотоп тулия, распадающийся с периодом полураспада 7,7 часа, открыт Вилкинсоном и Хиксом в 1949 (1). Массовое число этого изотопа - $I66$ установлено Мичелом и Темплетоном (2) при помощи масс-спектрометра по времени пролета. Излучение, сопровождающее распад Tu^{166} , изучалось в работах (3,4,5,6).

Мы повторили исследование спектра конверсионных электронов Tu^{166} при помощи магнитного γ -спектрометра с улучшенной фокусировкой типа "кэatron". Приборная разрешающая способность в этих опытах была 0,6%, светосила около 0,4%. Изотоп тулия $I66$ получался в реакции глубокого отщепления на тантале. Для этого танталовая мишень облучалась протонами с энергией 660 мэв на синхроциклотроне Объединенного института ядерных исследований. Химические операции: выделение группы редких земель из тантала и хроматографическое разделение их между собой, выполнялись через 10-15 часов в Ленинграде. В связи с тем, что тулий $I66$ является дочерним ядром иттербия $I66$ (период полураспада 60 часов) Tu^{166} обнаруживает себя не только в тулиевой фракции, но также спустя некоторое время и во фракции иттербия. Таким образом при изучении спектра конверсионных электронов Tu^{166} мы имели возможность изучать препараты трех типов:

1. Тулиевая фракция

В этом препарате присутствует Tu^{I66} как образовавшийся непосредственно в реакции глубокого отщепления, так и накопившийся в результате распада $УВ^{I66}$. Время установления равновесия между $УВ^{I66}$ ($T_{1/2} = 60$ часов) и Tu^{I66} ($T_{1/2} = 7,7$ часа) около 20 часов. Таким образом к моменту хроматографического разделения (через 15 часов после конца облучения) равновесие почти достигнуто. Линии конверсионных электронов Tu^{I66} , обнаруженные при изучении этого препарата, легко отличить от линий конверсионных электронов других изотопов тулия, образующихся в реакции глубокого отщепления и присутствующих в тулиевой фракции ($Tu^{I65} - T_{I/2} = 29$ ч.; $Tu^{I67} - T_{I/2} = 9,6$ дн и $Tu^{I66} - T_{I/2} \approx 80$ дн).

2. Иттербиевая фракция

В этом препарате Tu^{I66} накапливается из $УВ^{I66}$. После достижения равновесия (~ 20 часов) интенсивность линий Tu^{I66} спадает с периодом полураспада материнского вещества (60 часов).

3. Препарат тулия выделенный из иттербиевой фракции

Этот препарат содержит чистый Tu^{I66} .

В данной работе изучались препараты этих трех типов. В таблице I представлены результаты изучения конверсионных электронов Tu^{I66} . В столбцах 2 и 3 таблицы приведены данные о линиях конверсионных электронов Tu^{I66} , полученных при изучении фракции тулия. В столбцах 4 и 5 - данные, полученные при изучении фракции иттербия.

Таблица I.

Экспериментальные результаты изучения конверсионных электронов Тл I66

№№ пп	Фракция Тл		Фракция		Чистый Тл I66		Средние		Идентификация
	Энергия эл-нов	Относ. интенс.	Энергия эл-нов	Относ. интенс.	Энергия эл-нов	Относит. интенс.	Энергия эл-нов	Относит. интенс.	
I.	-	-	23,6	29	22,5	I6	22,5	I6	K 80,0
2.	-	-	-	-	36	2,2	36	2,2	K-2L-0же
3.	-	-	-	-	45	I,I	45	I,I	K-LM-0же
4.	-	-	70,9	43	70,4	36	70,4	36	L 80
5.	-	-	78,4	9,3	77,6	9,9	77,6	9,9	M 80
6.	-	-	-	-	79,2	-	79,2	-	N 80
7.	-	-	96,2	0,10	95,6	0,08	95,9	0,09	K I53,4
8.	I26,9	2,2	I26,3	2,15	I26,2	2,26	I26,4	2,2	K I83,9
9.	-	-	-	-	I36, I	0,24	I36, I	0,24	K I93,6
10.	-	-	I57,9	0,10	I56,6	0,18	I57,2	0,14	K 214, I
11.	-	-	I75,4	I,00	I73,8	I,00	I74,6	I,00	L I83,9
12.	-	-	I82,6	0,35	I80,7	0,33	I81,6	0,34	M I83,9
13.	-	-	-	-	I82,2	-	I82,2	-	N I83,9
14.	-	-	205,8	0,025	-	-	205,8	0,025	L 214, I
15.	-	-	214,3	0,012	-	-	214,3	0,012	M 214, I
16.	-	-	224,4	0,019	-	-	224,4	0,019	(K 282)
17.	-	-	241,3	0,017	-	-	241,3	0,017	K 299
18.	-	-	289,2	0,022	-	-	289,2	0,022	L 299K347
19.	-	-	336	0,009	-	-	336	0,009	L 347
20.	-	-	347,5	0,022	-	-	347,5	0,022	K 405
21.	-	-	375	0,010	-	-	375	0,010	(K 433)
22.	403,4	-	401,9	0,060	400,7	0,058	402,0	0,059	K 459,5
23.	-	-	449,7	0,015	-	-	449,7	0,012	L 459,5
24.	-	-	466,5	0,006	-	-	466,5	0,006	(K 524)
25.	535,0	-	540,5	0,033	-	-	537,7	0,033	K 595
26.	538,7	-	544,5	-	-	-	541,6	-	K 599
27.	617,5	-	615,4	0,020	-	-	616,5	0,020	K 674
28.	635,7	0,040	634,6	0,032	-	-	635,1	0,036	K 693
29.	650,5	0,052	646,7	0,046	-	-	649,6	0,049	K 707
30.	-	-	669,7	0,008	-	-	669,7	0,008	-
31.	-	-	688	0,007	-	-	688	0,007	-
32.	705,2	-	701,4	0,027	-	-	701,4	0,027	K 759
33.	-	-	705,2	-	-	-	705,2	-	K 763
34.	725,6	0,08	723,1	0,046	-	-	724,3	0,046	K 782
35.	731,6	-	729,1	0,037	-	-	730,4	0,037	K 788
36.	-	-	764,9	0,008	-	-	764,9	0,008	-
37.	778	-	774,9	0,009	-	-	774,9	0,009	-
38.	-	-	784,8	0,009	-	-	784,8	0,009	-
39.	-	-	790,6	0,005	-	-	790,6	0,005	-
40.	-	-	819,5	0,008	-	-	819,5	0,008	-
41.	II21,2	0,027	II22,6	0,027	-	-	II21,9	0,027	KII79
42.	I218,0	0,036	I219,2	0,028	-	-	I218,6	0,032	KI276
43.	I319,7	0,015	I324	0,011	-	-	I322	0,013	(KI381)
44.	-	-	I366	0,002	-	-	I366	0,002	-
45.	200I,3	0,012	2004	0,019	-	-	2003	0,015	K2060
46.	2029,2	0,005	2032	0,007	-	-	2030	0,006	K2087

В столбцах 6 и 7 - результаты изучения чистого Tm^{166} , выделенного из иттербиевой фракции. Как видно из таблицы наибольшей полнотой обладают результаты изучения фракции иттербия. Это связано с тем, что интенсивность конверсионных линий Tm^{166} спадает с периодом полураспада материнского вещества Yb^{166} (60 часов) и поэтому этот препарат наиболее удобен в работе.

Конверсионные линии, обнаруженные при изучении фракции иттербия, могут принадлежать как Tm^{166} , так и Yb^{166} . Уверенно приписать ту или иную конверсионную линию Tm^{166} можно только в том случае, если эти линии обнаружены при изучении двух других препаратов.

Городинский и др. (4) изучали γ -спектр иттербиевой фракции сразу после выделения из нее дочернего Tm^{166} и установили, что Yb^{166} не имеет γ -лучей с энергией больше 300 кэв. Такое же заключение позволяет сделать значение разности масс $Yb^{166} - Tm^{166}$, эмпирически вычисленное в работе (7) и равное $(0,436 \pm 300)$ кэв. Есть основания полагать, что все линии конверсионных электронов, перечисленные в таблице I, принадлежат Tm^{166} . В восьмом и девятом столбцах таблицы приведены средние значения энергии и относительных интенсивностей конверсионных линий. В последней графе указана идентификация конверсионных линий и энергии γ -переходов. Сомнительные идентификация и энергия γ -перехода взяты в скобки. Обращает на себя внимание существенное различие относительных интенсивностей конверсионных линий γ -перехода 80 кэв, полученных при измерении иттербиевой фракции и чистого Tm^{166} . Этот γ -переход был обнаружен Покровским и др. (8) при изучении спектра

γ -лучей иттербиевой фракции, непосредственно после выделения из нее дочернего Ti^{166} . В связи с этим интенсивности линий γ -перехода 80 кэв, полученные при измерениях фракции иттербия, при вычислениях средних не учитывались.

Таблица II.

Сравнение экспериментальных отношений K/L с теоретическими.

E_{γ}	K/L эксперим.	K/L теоретич.						Возможные мультип.
		E1	E2	E3	M1	M2	M3	
80,0	0,45	5,9	0,70	0,03	6,1	3,2	0,6	E2(M3)
153,4	3	6,5	1,53	0,49	6,5	4,2	2,3	E1, M1, M2
183,9	2,2	5,2	2,3	0,80	5,7	4,1	2,5	E2
214,1	6	7,4	2,9	0,95	6,0	4,8	2,7	E1, M1
459,4	5	8,6	5,4	3,1	7,0	6,1	5,0	Все кроме E3

В таблице II сравниваются экспериментальные и теоретические отношения K/L конверсионных линий. Экспериментальные данные об отношениях K/L для остальных γ -переходов не позволяют высказаться о мультипольности. Из таблицы видно, что отношения K/L для γ -переходов 80,0 и 183,9 кэв близки к теоретическим для E2 переходов. Очевидно - это переходы между уровнями ротационной полосы основного состояния ($4+$, $2+$, $0+$).

Подробное обсуждение полученных результатов будет дано в последующих публикациях.

Л и т е р а т у р а

1. Wilkinson G., Hicks H.G., Phys.Rev. 75, 1370(1949)
2. Michel M.C., Templeton D.H., Phys.Rev. 93, 1422(1954)
3. Nervik W.E., Seaborg C.T., Phys.Rev. 97, 1092(1955)
4. Городинский Г.М., Мурин А.П., Покровский В.Н., Преображенский Б.К.,
Изв.АН СССР серия физич. т.21 стр. 1004, 1957.
5. Громов К.Я., Желепов Б.С., Преображенский Б.К. Изв.АН СССР
Серия физич. т.21 стр. 918 1957 г.
6. Michelich J.W., Harmatz B., Handley T.H., Phys.Rev. 108, 989(1957)
7. A Table of Levy's Empirical Atomic Masses, by J.Riddell, Chalk
River, Ontario, 1956.
8. В.Н.Покровский, А.Н. Мурин, В.И.Барановский
настоящий сборник стр.22

О КОНВЕРСИОННЫХ ЭЛЕКТРОНАХ Tu^{167}

Громов К.Я., Желепов Б.С., Дмитриев А.Г., Морозов В.А.,
Калямин А.В.

(Радиовый институт Академии наук СССР)

Конверсионные электроны Tu^{167} изучались в работах (1,2). Были обнаружены линии конверсионных электронов гамма-переходов 56,7 Кэв и 207,5 Кэв. При повторных исследованиях спектра конверсионных электронов Tu^{167} в тех же условиях, что и в работе (1), были обнаружены еще две слабые линии конверсионных электронов с энергией 165 Кэв и 217 Кэв. Полученные данные представлены в таблице I.

На рис. I представлен участок спектра, где находятся новые линии. Интенсивность новых линий убывала с периодом полураспада $9,5 \pm 1,5$ дней. У нас нет данных для идентификации новых линий, но вероятнее всего, что линия $E_e = 217$ Кэв - это K-линия гамма-перехода с энергией 274,4 Кэв.

Т а б л и ц а I.

Энергия и относительные интенсивности конверсионной линии 164 и 217 Кэв и конверсионных линий гамма-перехода 207,5 Кэв.

Энергия протонов	Относительная интенсивность	Идентификация
149,5	0,70	K 207,5
164,7	0,003	K-221,2
198,5	1,000	L -207,5
204,5	0,34	(M+ N)-207,5
216,9	0,004	K-274,4

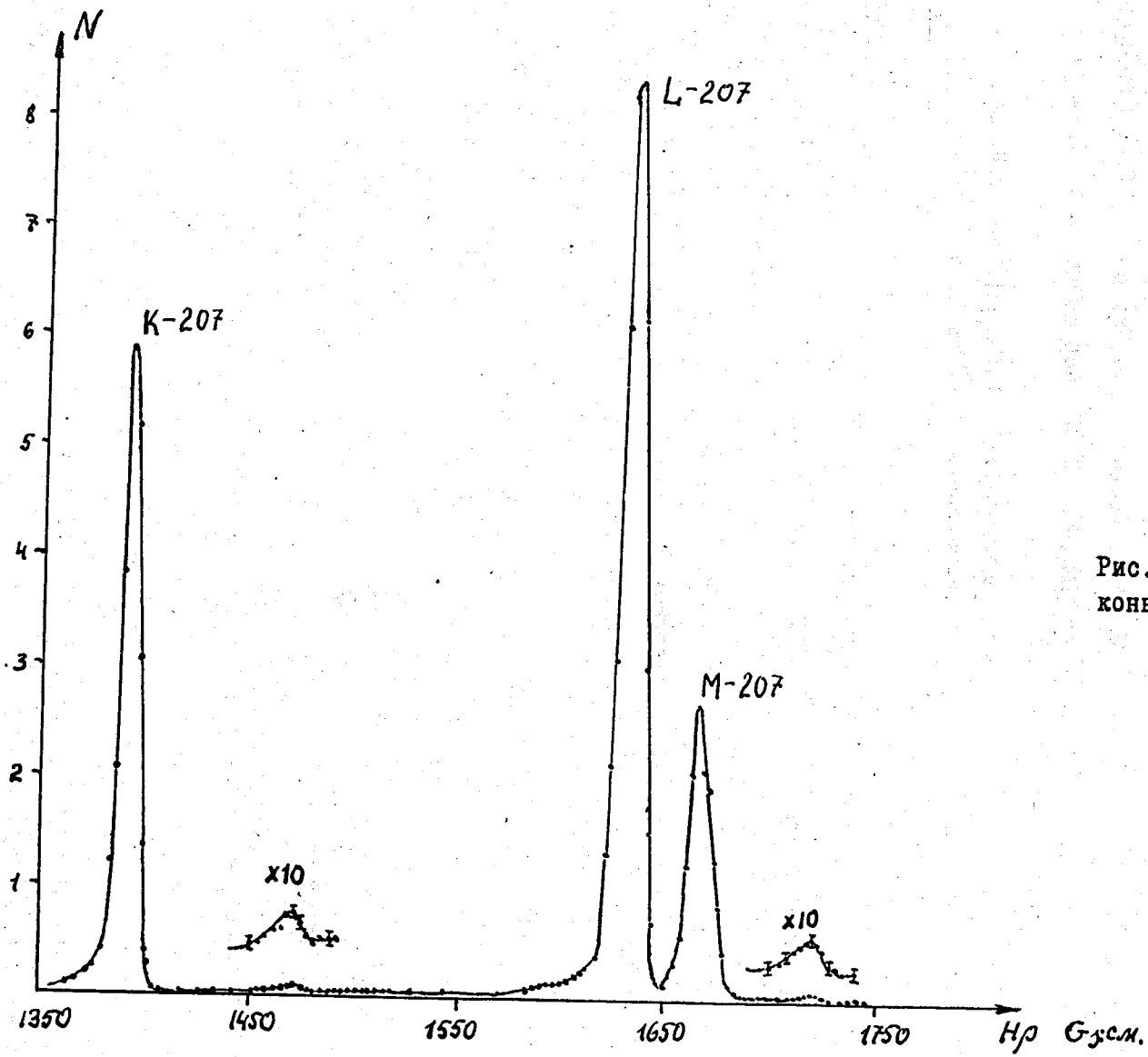


Рис. I. Новые линии
конверсионных электронов
 $Tl\ 167$.

ЛИТЕРАТУРА

1. К.Я. Громов , Б.С.Джелепов , Б.К. Преображенский
Изв.АН СССР, сер.физич, № 7 1957 г.
2. J.W.Mihelich, B.Harmatz and T.H.Handley,
Phys. Rev. v. 108, N 4, 989.